TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS: FORMACIONES NARICUAL Y QUERECUAL, ESTADOS ANZOÁTEGUI Y MONAGAS

TUTOR ACADÉMICO: Dr. Franco Urbani

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo
Por los Brs. Noguera L., Mariela I.,
Yépez F.,Santiago P.

A Mis padres
A Luis

Mariela I. Noguera L.

A Mi Familia

Santiago P. Yépez F.

Noguera L., Mariela I.,
Yépez F., Santiago P.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS: FORMACIONES NARICUAL Y QUERECUAL, ESTADOS ANZOÁTEGUI Y MONAGAS

Tutor Académico: Prof. Franco Urbani. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Geología. Año 2002, 281 p.

Palabras Claves: Elementos traza, quimioestratigrafía, fluorescencia de rayos X, Formación Querecual, Formación Naricual

Resumen. Dos secciones estratigráficas, pertenecientes a los principales sistemas petrolíferos del Oriente de Venezuela, fueron caracterizadas químicamente y comparadas con otras secciones previamente conocidas en las localidades tipo. Para esto se seleccionaron las formaciones Querecual (Albiense Tardío – Santoniense) y Naricual (Oligoceno Tardío – Mioceno Temprano), ubicadas respectivamente en las secciones de superficie de Río de Oro (estado Monagas) y río Orégano (estado Anzoátegui).

Se utilizó la técnica de fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (FRX-DE) en la determinación de 8 componentes mayoritarios (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO y K_2O) y 13 elementos traza (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Rb, Sr, Zr, Mo, Hg y Pb). Se agregó el CO_2 como variable química presente en rocas carbonáticas.

Los análisis estadísticos estuvieron representados por histogramas, diagramas de caja y diagramas de dispersión (estadística univariante), y de análisis de agrupaciones y funciones discriminantes (estadística multivariante), útiles en la comparación de secciones y en la determinación de afinidades de ciertos componentes hacia asociaciones sedimentarias químicas predeterminadas.

La construcción de perfiles de concentración química permitieron la definición de 5 unidades químicas tanto en la sección Río de Oro como en la sección río Orégano. Estas unidades reflejan condiciones físico-químicas de sedimentación propias y diferenciables

entre sí, que además tienden a coincidir con grupos de litofacies previamente establecidos. Los análisis de agrupaciones ratifican los criterios establecidos en la definición de estas unidades.

La Formación Querecual en la sección Río de Oro es más carbonática y con condiciones menos reductoras que en la sección tipo. Adicionalmente, las diferencias químicas registradas en litologías de ambas secciones, reflejan diferencias en el material fuente aportado a la cuenca. Regionalmente representa la sedimentación de una espesa secuencia carbonática en ambientes someros de plataforma bajo condiciones anóxicas generadas por un evento transgresivo de gran magnitud, acompañado por subsidencia termal de la cuenca dentro de un margen pasivo. En la depositación de esta secuencia ocurre un cambio en las condiciones físico-químicas, reflejado en un ligero aumento de la oxigenación de las aguas, el cual comienza a principios del Santoniense, y que marca el límite entre un sistema transgresivo (TST) y un sistema de alto nivel (HST). Además se logró la correlación entre las secciones cretácicas a través de los perfiles de concentración.

Los depósitos de llanura deltaica de la Formación Naricual marcan el inicio del levantamiento de la Serranía del Interior Oriental coincidiendo con un drástico evento regresivo. Éstos se componen de intercalaciones de lutitas, limolitas y areniscas con frecuentes facies carbonáceas, siendo los espesores de carbón mayores en la sección tipo. A nivel regional representan un ambiente de sedimentación masiva sobre una plataforma inestable que esta sumergiéndose rápidamente, con una alta tasa de sedimentación y algunas evidencias de facies turbidíticas. No se pudo lograr realizar una correlación eficaz entre las secciones río Orégano y tipo a través de los perfiles químicos, debido a la poca variabilidad de los componentes químicos. Por otra parte se estableció la existencia de potenciales niveles de paleosuelos dentro de la sección río Orégano, evidenciado por cambios resaltantes en la relación MnO/Fe_2O_3. Igualmente se registraron diferencias en la composición química de las litologías de una sección a otra, reflejando variaciones laterales en el aporte sedimentario a la cuenca.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

1. INTRODUCCIÓN..... 1
1.1. OBJETIVOS..... 1
1.1.1. Objetivo general..... 1
1.1.2. Objetivos específicos..... 1
1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..... 2
1.3. GEOGRAFÍA FÍSICA..... 6
1.4. AGRADECIMIENTOS 9

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS..... 12
2.1. GEOLOGÍA REGIONAL..... 12
2.1.1. Formación Querecual..... 12
2.1.2. Formación Naricual..... 18
2.1.3. Geología estructural regional..... 24
2.1.4. Evolución tectónica de la región..... 27
2.1.4. Evolución estratigráfica de la región..... 31
2.2. GEOLOGÍA LOCAL..... 36
2.2.1. Formación Querecual (sección Río de Oro)..... 36
2.2.1.1. Características litológicas..... 36
2.2.2.2. Características estructurales..... 38
2.2.2. Formación Naricual (sección río Orégano)..... 43
2.2.2.1. Características litológicas..... 43
2.2.2.2. Características estructurales..... 47

3. MARCO TEÓRICO..... 51
3.1. ESPECTROMETRÍA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X POR DISPERSIÓN DE ENERGÍA (FRX-DE)..... 51
3.1.1. FRX-DE con fuente de tubo de Rh..... 51
3.1.2. FRX-DE con fuente radioactiva de ^{109}Cd..... 52
3.2. GEOESTADÍSTICA 55
3.2.1. Métodos estadísticos univariantes y multivariantes..... 55
3.2.1.1. Diagramas de cajas..... 57
3.2.1.2. Histogramas y polígonos de frecuencia..... 58
3.2.1.3. Diagramas de dispersión..... 60
3.2.1.4. Funciones discriminantes..... 61
3.2.1.5. Análisis de agrupaciones..... 63
3.2.2. Series secuenciales o perfiles de distribución..... 64
3.3. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA..... 67
3.3.1. Atributos químicos de las rocas sedimentarias..... 72
3.3.2. La geoquímica como herramienta de correlación de secuencias sedimentarias. 74
3.3.3. Muestreo y análisis..... 75

3.3.4. Unidades químicas..... 75
3.4. CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS TERRÍGENOS DE HERRON (1988)..... 77
3.5. TRABAJOS PREVIOS EN GEOQUÍMICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS..... 80

4. MARCO METODOLÓGICO..... 86
4.1. FASE DE CAMPO..... 87
4.2. FASE DE LABORATORIO..... 88
4.2.1. Preparación de muestras..... 88
4.2.2. Análisis químicos..... 90
4.2.2.1. FRX-DE con fuente de tubo de Rh..... 90
4.2.2.2. FRX-DE con fuente radioactiva de ^{109}Cd..... 95
4.3. FASE DE PROCESAMIENTO DE DATOS..... 98
4.3.1. Geoestadística..... 98
4.3.2. Perfiles de concentración..... 99

5. RESULTADOS E INTERPRETACIONES..... 100
5.1. RESULTADOS ANALÍTICOS..... 100
5.2. FORMACIÓN QUERECUAL..... 100
5.2.1. Estadística univariante..... 100
5.2.1.1. Histogramas de frecuencia químicos..... 100
5.2.1.2. Diagramas de caja químicos..... 112
5.2.1.3. Diagramas de dispersión químicos..... 119
5.2.2. Descripción de unidades químicas..... 127
5.2.3. Estadística multivariante..... 144
5.2.3.1. Análisis de agrupaciones..... 144
5.2.3.2. Funciones discriminantes..... 149
5.2.4. Comparación entre las secciones Río de Oro y tipo..... 159
5.2.5. Interpretaciones generales sobre la Formación Querecual..... 167
5.3. FORMACIÓN NARICUAL..... 175
5.3.1. Aplicación del esquema de clasificación de HERRON (1988)..... 175
5.3.2. Estadística univariante..... 183
5.3.2.1. Histogramas de frecuencia químicos..... 183
5.3.2.2. Diagramas de caja químicos..... 194
5.3.2.3. Diagramas de dispersión químicos..... 201
5.3.3. Descripción de unidades químicas..... 211
5.3.4. Estadística multivariante..... 224
5.3.4.1. Análisis de agrupaciones..... 224
5.3.4.2. Funciones discriminantes..... 229
5.3.5. Comparación entre las secciones río Orégano y tipo..... 238
5.3.6. Interpretaciones generales sobre la Formación Naricual..... 247
5.4. COMPARACIÓN ENTRE LAS FORMACIONES QUERECUAL Y NARICUAL. 253

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 258
6.1. METODOLOGÍA..... 258
6.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA..... 258
6.2.1. Formación Querecual..... 258
6.2.2. Formación Naricual..... 263
6.2.3. Comparación entre formaciones..... 260
6.3. GENERALES..... 265
6.4. RECOMENDACIONES..... 266

7.BIBLIOGRAFÍA..... 267

8.APÉNDICES

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Fig. 1.1	Mapa de ubicación relativa de la sección río Orégano.....	2
Fig. 1.2	Mapa de ubicación relativa de la sección Río de Oro.....	3
Fig. 1.3	Ubicación del área correspondiente a la sección río Orégano.....	4
Fig. 1.4	Ubicación del área correspondiente a la sección Río de Oro.....	5
Fig. 1.5	Vista hacia la Mesa de San Juan desde el Cerro Cambural.....	8
Fig. 2.1	Transecto N-S de la región centro y nor-oriental de Venezuela en el Mioceno inferior.....	29
Fig. 2.2	Mapa estructural de la región nor-oriental de Venezuela.....	30
Fig. 2.3	Distribución de facies sedimentarias dominantes en el Cretácico Tardío.....	32
Fig. 2.4	Marco geológico regional para la sedimentación en el flanco norte de la cuenca oriental durante el Paleoceno-Eoceno.....	33
Fig. 2.5	Marco geológico regional para la sedimentación en el flanco norte de la cuenca oriental de Venezuela durante el Oligoceno.....	33
Fig. 2.6	Cuadro de correlación para las principales unidades formales entre el Cretácico y el Cuaternario de la cuenca oriental de Venezuela.....	35
Fig. 2.7	Laminaciones dentro de una capa de caliza en Río de Oro (afloramiento DO-18).....	36
Fig. 2.8	Concreción dentro de una capa de caliza (afloramiento DO-25).....	37
Fig. 2.9	Moldes de nódulos de composición ferruginosa en Río de Oro (afloramiento DO-14).....	38
Fig. 2.10	Flanco norte del anticlinal de Mundo Nuevo.....	39
Fig. 2.11	Falla inversa que marca el comienzo del intervalo de muestreo DO-51*- DO-59*.....	41
Fig. 2.12	Fin del intervalo de muestreo DO-51*-DO-59*.....	41
Fig. 2.13	Mapa y corte geológicos del área que comprende a la sección Río de Oro.....	42
Fig. 2.14	Vista general del afloramiento de la Formación Naricual en el río Orégano, en el intervalo de muestreo (OR-139 a 141).....	43
Fig. 2.15	Intercalaciones de areniscas y lutitas en el afloramiento OR-200.....	44
Fig. 2.16	Capa de carbón ubicada entre dos capas potentes de arenisca en el río Orégano (afloramiento OR-142).....	45
Fig. 2.17	Calco de un ejemplar de *Thalassinoides* en la base de una capa de arenisca (afloramiento OR-144).....	46
Fig. 2.18	Cuerpo de arena dispuesto de forma discordante con respecto a las otras capas adyacentes en el río Orégano (intervalo de muestreo OR-242 a OR-245).....	46
Fig. 2.19	Niveles ferruginosos dentro de una capa de arenisca en el afloramiento OR-233 de río Orégano.....	47
Fig. 2.20	Mapa tectónico de la región de Bergantín-Santa Inés.....	49
Fig. 2.21	Mapa y corte geológicos del área que comprende a la sección río Orégano.....	50
Fig. 3.1	Instrumento Niton XL-500 desplegando información de concentraciones de elementos traza de una muestra.....	53
Fig. 3.2	Diagrama de caja (box plot) elaborado mediante el programa estadístico NCSS 2000.	57
Fig. 3.3	Histograma de frecuencias y polígono de frecuencia.....	58

Fig. 3.4 Formas características de las curvas de frecuencia..... 59
Fig. 3.5 Diagrama de dispersión % Al_2O_3 vs. % SiO_2..... 61
Fig. 3.6 Representación gráfica de dos distribuciones bivariantes, mostrando el solapamiento entre los grupos A y B a lo largo de las variables X_1 y X_2..... 63
Fig. 3.7 Dendrograma que muestra los dos grupos principales..... 64
Fig. 3.8 Perfil de distribución en donde es posible observar la variación de la concentración de SiO_2 a lo largo de la secuencia estratigráfica perteneciente a la sección río Orégano..... 65
Fig. 3.9 Curva suavizada de promedio móvil (5) del perfil de distribución de la figura anterior. 66
Fig.3.10 Separación geoquímica de algunos elementos importantes de acuerdo a su potencial iónico..... 73
Fig. 3.11 Perfiles generados a partir de la composición de nueve elementos, en donde se puede apreciar la respectivas unidades químicas en que se ha subdividido la secuencia perteneciente a la Formación Green River en Wyoming (USA).... 77
Fig. 3.12 Sistema de clasificación de sedimentos terrígenos (HERRON 1988)..... 79
Fig. 4.1 Equipo de molienda Shatterbox..... 89
Fig. 4.2 Pesado de la muestra pulverizada..... 90
Fig. 4.3 Contenedor de muestras del equipo Minipal..... 91
Fig. 4.4 Equipo Niton conectado a una computadora a través de una interfase..... 94
Fig. 4.5 Envases de plástico utilizados en el análisis de muestras con el Niton XL-722S..... 95
Fig. 4.6 Colocación correcta del equipo sobre la plataforma de análisis en laboratorio.. 98
Fig. 5.1 Histogramas y polígonos de frecuencia químicos de la Formación Querecual en la sección Río de Oro y la sección tipo en el río Querecual..... 105
Fig. 5.2 Diagramas de caja generales de la Formación Querecual en la sección Río de Oro y la sección tipo, ubicada en el río Querecual..... 115
Fig. 5.3 Diagramas de caja químicos de la Formación Querecual en las secciones Río de Oro y tipo..... 116
Fig. 5.4 Perfiles de concentración química vs. muestras de un intervalo de la sección río Orégano (Formación Naricual) mostrando las tendencias (+) y (-)..... 128
Fig. 5.5 Dendrograma generado a partir de las variables químicas de la sección correspondiente a Río de Oro (Formación Querecual)..... 145
Fig. 5.6 Dendrograma de la sección Río de Oro (Formación Querecual) mostrando las distintas litofacies a lo largo de la secuencia..... 147
Fig. 5.7 Representación gráfica de las funciones discriminantes para la separación litológica de la sección Río de Oro..... 151
Fig. 5.8 Representación gráfica de las funciones discriminantes según litofacies inicialmente planteadas para la sección Río de Oro..... 152
Fig. 5.9 Representación gráfica de las funciones discriminantes por nuevas litofacies... 154
Fig. 5.10 Representación gráfica de las funciones discriminantes según paleoambientes de la Formación Querecual..... 155
Fig. 5.11 Representación gráfica de las funciones discriminantes separando unidades químicas en Río de Oro..... 156

Fig. 5.12 Representación gráfica de las funciones discriminantes según las unidades químicas replanteadas en Río de Oro..... 160

Fig. 5.13 Diagrama de las funciones discriminantes por litología de la Formación Querecual, en las secciones de Río de Oro y río Querecual (tipo)..... 160
Fig. 5.14 Diagrama de las funciones discriminantes por unidades químicas de la Formación Querecual en la localidad tipo, según ARREAZA (2002)..... 161
Fig. 5.15 Comparación química entre las dos secciones de la Formación Querecual, siguiendo las funciones discriminantes propuestas por ARREAZA (2002)..... 162
Fig. 5.16 Comparación química de las secciones de la Formación Querecual, según las funciones discriminantes determinadas para la sección Río de Oro..... 163
Fig. 5.17 Correlación química a través de los perfiles de concentración de V de la Formación Querecual..... 165
Fig. 5.18 Correlación cronoestratigráfica con dirección W-E entre las principales rocas Cretácicas de Venezuela Oriental (PAREDES *et al*. 1998)..... 166
Fig. 5.19 Representación gráfica de las funciones discriminantes de la sección Río de Oro, separadas según las litofacies propuestas 172
Fig. 5.20 Representación gráfica de las funciones discriminantes de la sección Río de Oro, separadas según los paleoambientes propuestos por PAREDES *et al.* (1998)..... 172
Fig. 5.21 Esquema de clasificación de sedimentos terrígenos usando las muestras pertenecientes a la Formación Naricual en la sección río Orégano..... 182
Fig. 5.22 Abundancia en % de las distintas litologías reconocidas mediante el esquema de HERRON (1988), para la Formación Naricual, en la sección Río Orégano.... 182
Fig. 5.23 Histogramas y polígonos de frecuencia químicos de la Formación Naricual en las secciones de río Orégano y tipo..... 187
Fig. 5.24 Diagramas de caja químicos generales de la Formación Naricual en las secciones río Orégano y tipo..... 197
Fig. 5.25 Diagramas de caja químicos de la Formación Naricual en las secciones río Orégano y tipo..... 198
Fig. 5.26 Dendrograma generado a partir de las variables químicas de la sección río Orégano (Formación Naricual)..... 225
Fig. 5.27 Dendrograma de la sección río Orégano (Formación Naricual) mostrando las distintas litofacies establecidas por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001)..... 226
Fig. 5.28 Representación gráfica de las funciones discriminantes según litología en la sección río Orégano..... 230
Fig. 5.29 Diagrama de las funciones discriminantes de litología según el sistema de clasificación de HERRON (1988)..... 231
Fig. 5.30 Diagrama de las funciones discriminantes por litofacies de la sección río Orégano (según ARREAZA 2002)..... 233
Fig. 5.31 Diagrama de las funciones discriminantes de las litofacies de la sección río Orégano..... 234
Fig. 5.32 Representación gráfica de las funciones discriminantes de los ambientes planteados para la Formación Naricual en río Orégano (según ANGULO & RODRÍGUEZ 2001)..... 236
Fig. 5.33 Representación gráfica de las funciones discriminantes por unidades químicas de la Formación Naricual en la sección de río Orégano..... 237
Fig. 5.34 Representación gráfica de las funciones discriminantes según litología de la Formación Naricual, en las secciones de río Orégano y tipo..... 239
Fig. 5.35 Representación gráfica de las funciones discriminantes de la Formación 240

Naricual en la sección tipo, según las unidades químicas definidas por ARREAZA (2002).....
Fig. 5.36 Comparación química entre las dos secciones de la Formación Naricual, siguiendo las funciones discriminantes propuestas por ARREAZA (2002)..... 241
Fig. 5.37 Comparación química de las dos secciones de la Formación Naricual, según las funciones discriminantes determinadas para la sección río Orégano..... 242
Fig. 5.38 Representación gráfica de las funciones discriminantes de las formaciones de la sección terciaria en la localidad tipo (ARREAZA 2002)..... 244
Fig. 5.39 Correlación estratigráfica entre la sección tipo de la Formación Naricual y la sección ubicada en río Orégano (según VIVAS 2002)..... 246
Fig. 5.40 Diagrama de las funciones discriminantes de litología según el sistema de clasificación de HERRON (1988)..... 251
Fig. 5.41 Representación gráfica de las funciones discriminantes de los ambientes planteados para la Formación Naricual en río Orégano (según ANGULO & RODRÍGUEZ 2001)..... 252
Fig. 5.42 Mapa de la región oriental de Venezuela actual mostrando las cuencas antepaís y los principales cinturones que dominan la zona..... 255
Fig. 5.43 Representación gráfica de las funciones discriminantes para la separación de las formaciones Querecual y Naricual..... 257
Fig. 6.1 Interpretación estratigráfica secuencial realizada para la Formación Querecual (sección Río de Oro)..... 260
Fig. 6.2 Distribución de las distintas litofacies determinadas en la sección Río de Oro (Formación Querecual) y los ambientes sedimentarios asociados..... 262
Fig. 6.3 Utilidad de las relaciones elementales químicas en las interpretaciones de la sección río Orégano..... 264
Fig. 6.4 Representación gráfica de las funciones discriminantes para la separación de las formaciones Querecual y Naricual..... 265

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 2.1 Cuadro comparativo de autores y sus respectivos aportes al estudio de la Formación Querecual..... 13
Tabla 2.2 Cuadro comparativo de autores y sus respectivos aportes al estudio de la Formación Naricual..... 20
Tabla 3.1 Elementos detectados por el equipo Niton de acuerdo a la fuente radioactiva seleccionada..... 52
Tabla 3.2 Medidas utilizadas en estadística descriptiva para conjuntos de datos..... 56
Tabla 3.3 Promedio de la composición química (porcentaje en peso) de algunas areniscas de formaciones de Norte América..... 69
Tabla 3.4 Promedio de la composición de una selección de lutitas reportadas en la literatura..... 70
Tabla 3.5 Composición química de diversos tipos de rocas..... 71
Tabla 5.1 Tipos de distribución y valores máximos alcanzados por los polígonos de frecuencia en los histogramas de frecuencia de la Formación Querecual, en ambas secciones, usando todas las litologías combinadas..... 101
Tabla 5.2 Cuadro comparativo de las dos secciones estratigráficas de la Formación Querecual, mediante el uso de diagramas de caja..... 112
Tabla 5.3 Porcentajes generales de los coeficientes de correlación de la Formación Querecual..... 120
Tabla 5.4 Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación general para las dos secciones de la Formación Querecual..... 121
Tabla 5.5 Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación para las calizas de las dos secciones de la Formación Querecual..... 122
Tabla 5.6 Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación para las lutitas de las dos secciones de la Formación Querecual..... 123
Tabla 5.7 Cuadro comparativo de los componentes químicos que ayudan a definir las distintas unidades químicas en la sección Río de Oro..... 129
Tabla 5.8 Cuadro comparativo de las relaciones químicas en la sección Río de Oro..... 132
Tabla 5.9 Análisis de agrupaciones de la sección Río de Oro..... 148
Tabla 5.10 Coeficientes de las funciones discriminantes para la separación litológica en la sección Río de Oro..... 149
Tabla 5.11 Tabla de clasificación de las muestras según litología en Río de Oro..... 150
Tabla 5.12 Tabla de clasificación de las muestras de Río de Oro según las litofacies inicialmente planteadas por los suscritos..... 152
Tabla 5.13 Tabla de clasificación de las muestras de la sección Río de Oro según las litofacies replanteadas..... 153
Tabla 5.14 Tabla de clasificación de muestras de la Formación Querecual (sección Río de Oro) según paleoambientes..... 155
Tabla 5.15 Tabla de clasificación de las muestras según unidades químicas en la sección Río de Oro..... 156
Tabla 5.16 Tabla de clasificación de muestras de Río de Oro por unidades químicas (nuevo planteamiento)..... 157
Tabla 5.17 Tabla de clasificación de muestras según litologías de la Formación Querecual..... 159
Tabla 5.18 Tabla de clasificación de muestras por unidades químicas en la localidad tipo de la Formación Querecual (ARREAZA, 2002)..... 160

Tabla 5.19 Tabla resumen de las interpretaciones generales en la Formación Querecual (sección Río de Oro)..... 174
Tabla 5.20 Clasificación de las muestras de la sección Río Orégano según el esquema de sedimentos terrígenos de HERRON (1988)..... 176
Tabla 5.21 Tipos de distribución y valores máximos alcanzados por los polígonos de frecuencia en los histogramas de frecuencia de la Formación Naricual, usando todas las litologías combinadas..... 183
Tabla 5.22 Cuadro comparativo de las dos secciones estratigráficas de la Formación Naricual mediante el uso de diagramas de caja..... 194
Tabla 5.23 Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación general para las dos secciones de la Formación Naricual..... 203
Tabla 5.24 Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación para las areniscas y areniscas/limolitas de las dos secciones de la Formación Naricual..... 204
Tabla 5.25 Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación para las lutitas de las dos secciones de la Formación Naricual..... 205
Tabla 5.26 Cuadro de los coeficientes de correlación para las limolitas de la sección río Orégano. 206
Tabla 5.27 Porcentajes de los coeficientes generales de correlación de la Formación Naricual..... 207
Tabla 5.28 Porcentajes de los coeficientes de correlación por litología de la Formación Naricual. 207
Tabla 5.29 Cuadro comparativo de los componentes químicos que ayudan a definir las distintas unidades químicas en la sección río Orégano..... 212
Tabla 5.30 Cuadro comparativo de las relaciones químicas en la sección río Orégano..... 214
Tabla 5.31 Análisis de agrupaciones de la sección perteneciente a la Formación Naricual..... 228
Tabla 5.32 Tabla de clasificación de las muestras según litología de la sección río Orégano..... 229
Tabla 5.33 Tabla de clasificación según el sistema de HERRON (1988) para rocas de la sección río Orégano..... 231
Tabla 5.34 Tabla de clasificación de las muestras de la sección río Orégano, según litofacies planteadas por ARREAZA (2002)..... 232
Tabla 5.35 Tabla de clasificación de las muestras de la sección de río Orégano por litofacies (según ANGULO & RODRÍGUEZ 2001)..... 234
Tabla 5.36 Clasificación de muestras de la Formación Naricual (sección río Orégano) según los ambientes propuestos por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001)..... 235
Tabla 5.37 Tabla de clasificación de las muestras de la sección río Orégano, según unidades químicas..... 237
Tabla 5.38 Tabla de clasificación de las muestras de la Formación Naricual según litología en ambas secciones..... 238
Tabla 5.39 Tabla de clasificación de muestras de la Formación Naricual en la localidad tipo, según las unidades químicas definidas por ARREAZA (2002)..... 240
Tabla 5.40 Tabla de clasificación de muestras de la sección terciaria (ARREAZA 2002) en la localidad tipo..... 243
Tabla 5.41 Coeficientes y porcentaje de confiabilidad de la Formación Naricual a partir de diagramas de dispersión..... 249
Tabla 5.42 Tabla resumen de las interpretaciones generales de la Formación Naricual (sección río Orégano)..... 254

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL.

El presente Trabajo Especial de Grado tiene como objetivo fundamental la caracterización química, mediante Fluorescencia de Rayos X por dispersión de energía (FRX-DE) de dos secciones estratigráficas, correspondientes a la Formación Naricual en el río Orégano (estado Anzoátegui) y Formación Querecual, ubicada en Río de Oro (estado Monagas).

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- El proyecto CONICIT Agenda Petróleo Nº 97-003547, de título "Caracterización química y radiométrica de secciones estratigráficas como herramienta de correlación geológica", tiene previsto la realización de trabajos especiales de grado con el fin de caracterizar químicamente y por espectrometría gamma, diversas secciones estratigráficas de formaciones del Oriente y Occidente de Venezuela. Por tal razón, éste representa uno de una serie de trabajos que se han realizado como un aporte dentro del tema general de obtener el perfil químico de las principales formaciones involucradas en los sistemas petroleros del país.
- Las unidades seleccionadas para este Trabajo Especial de Grado fueron las formaciones Naricual y Querecual, conocidas por su gran importancia para la industria petrolera nacional en el Oriente de Venezuela. Las dos secciones corresponden con los ríos Orégano y Río de Oro, ubicados respectivamente en los estados Anzoátegui y Monagas, y su elección dependió principalmente de sus excelentes características de acceso y exposición.
- Aprendizaje y dominio de las técnicas de Fluorescencia de Rayos X en la determinación de componentes mayoritarios y elementos traza.

En este trabajo no se emplearon las técnicas de espectrometría gamma como se hizo en algunos trabajos anteriores, por no disponer del equipo para hacer los análisis. Por lo tanto, en

su lugar se tomó la decisión de realizar la determinación de concentraciones de elementos traza.

- Ensayo de correlación geológica de las dos secciones estratigráficas con las secciones tipo, a través de los métodos químicos previamente mencionados.

1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Ambas secciones se encuentran ubicadas en el Oriente de Venezuela, en los estados Anzoátegui (Formación Naricual) y Monagas (Formación Querecual) (Figuras 1.1 y 1.2).

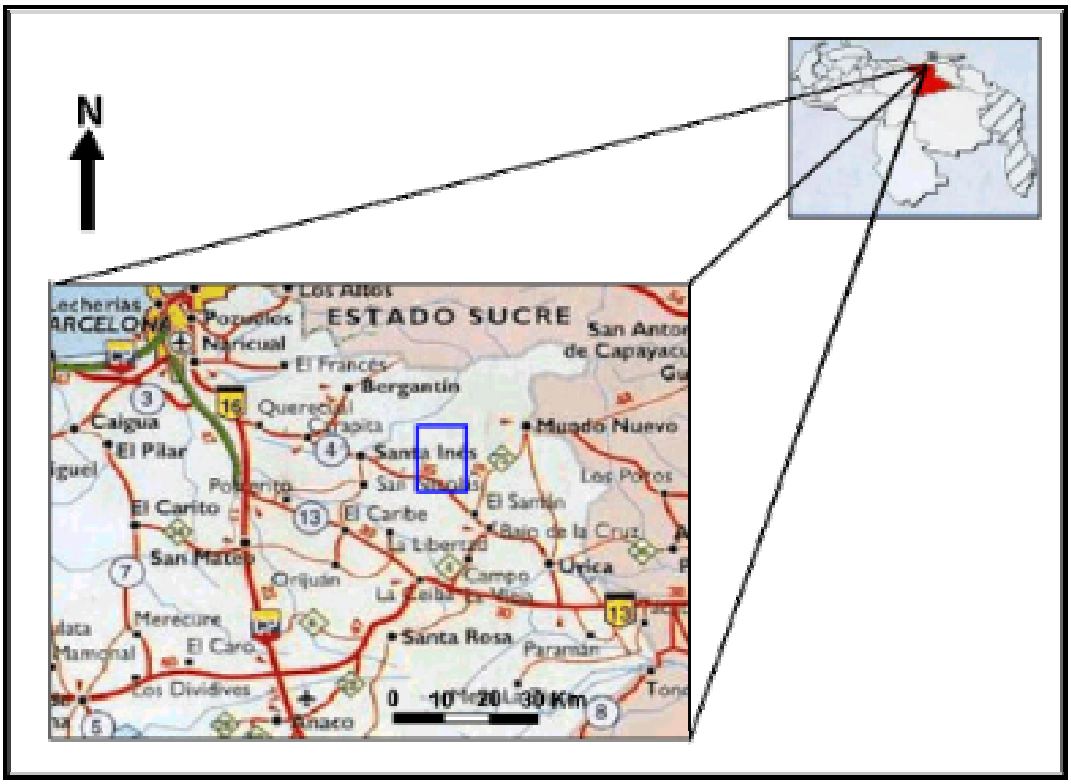


Figura 1.1. Mapa de ubicación relativa de la sección río Orégano. El recuadro azul corresponde con la zona de estudio (Tomado de MIRO POPIC 1997).

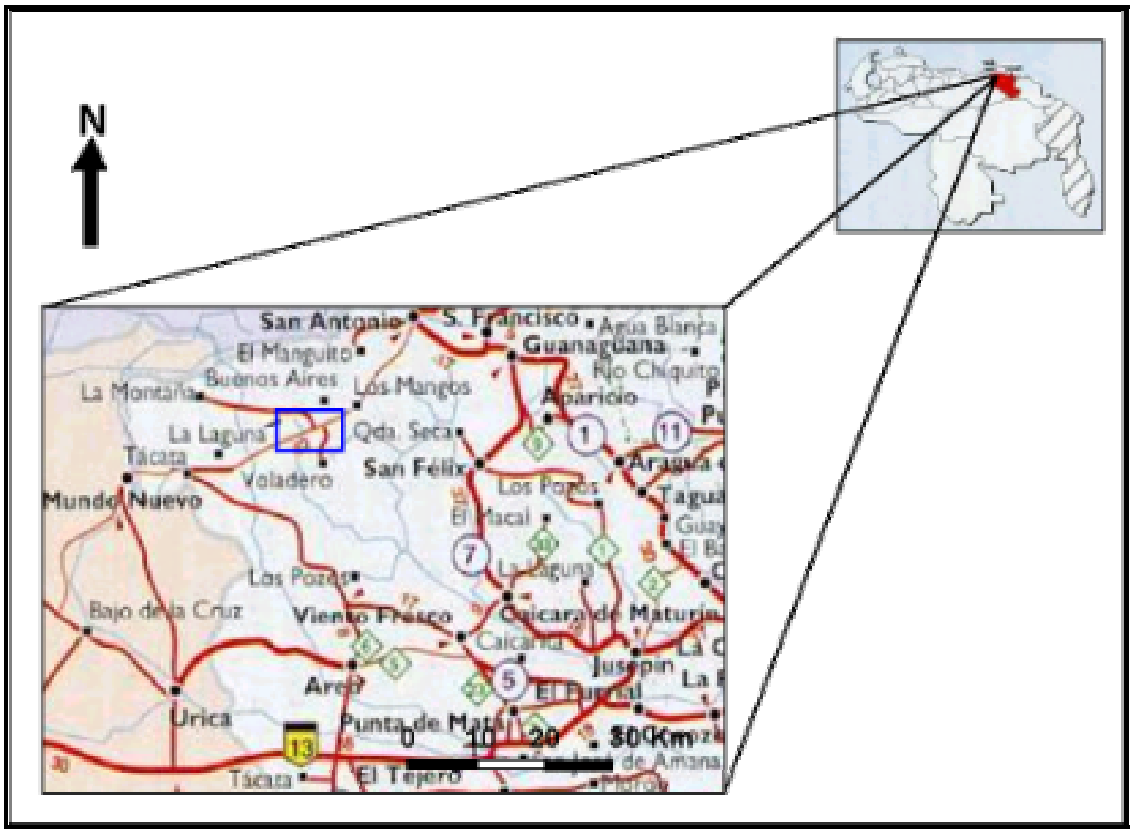


Figura 1.2. Mapa de ubicación relativa de la sección Río de Oro. El recuadro azul corresponde con la zona de estudio (Tomado de MIRO POPIC 1997).

La sección correspondiente a la Formación Naricual se localiza en el río Orégano, 14 Km al noreste de Santa Inés (Municipio Freites), y específicamente entre las coordenadas geográficas: 9º 54'2" – 9º 55'16"de latitud norte, y 64º 12'1"- 64º 13' 6" de longitud oeste. Las coordenadas UTM son: N: 1.095.000 – 1.097.000 y E: 365.000 – 367.000 (Figura 1.3).

La Formación Querecual aflora en Río de Oro, y se encuentra unos 50 Km al noreste de Mundo Nuevo (población perteneciente al Municipio Cedeño). Sus coordenadas geográficas son: 9º 59' 58"- 10º 0' 49" de latitud norte, y 63º 50' 57" – 63º 51' 00" de longitud oeste; las coordenadas UTM son E: 406.286 – 406.365 y N: 1.105.486 – 1.106.313 (Figura 1.4).

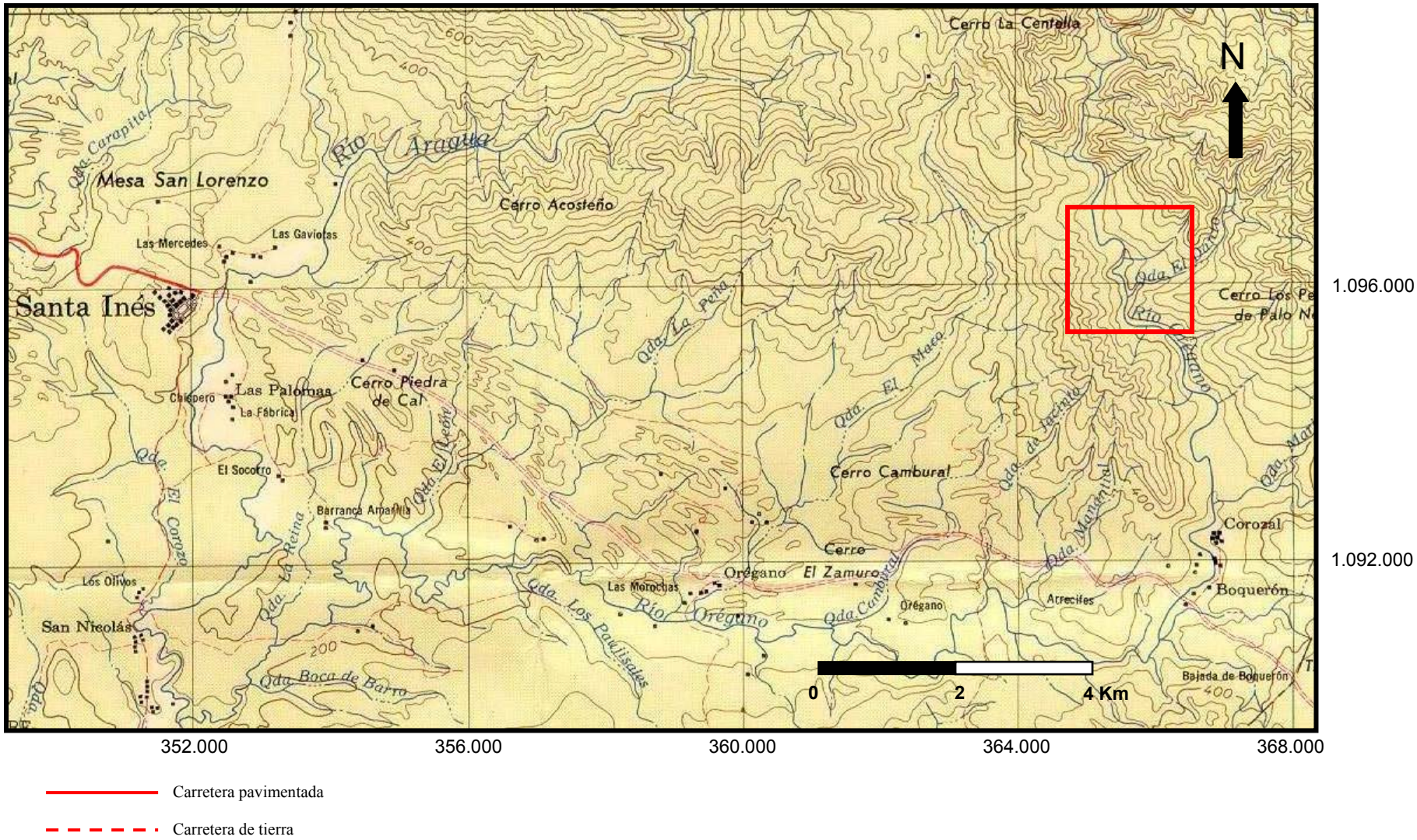


Figura 1.3. Ubicación del área correspondiente a la sección río Orégano. (Tomado de la hoja 7345 a escala 1:100.000 de la Dirección de Cartografía Nacional).

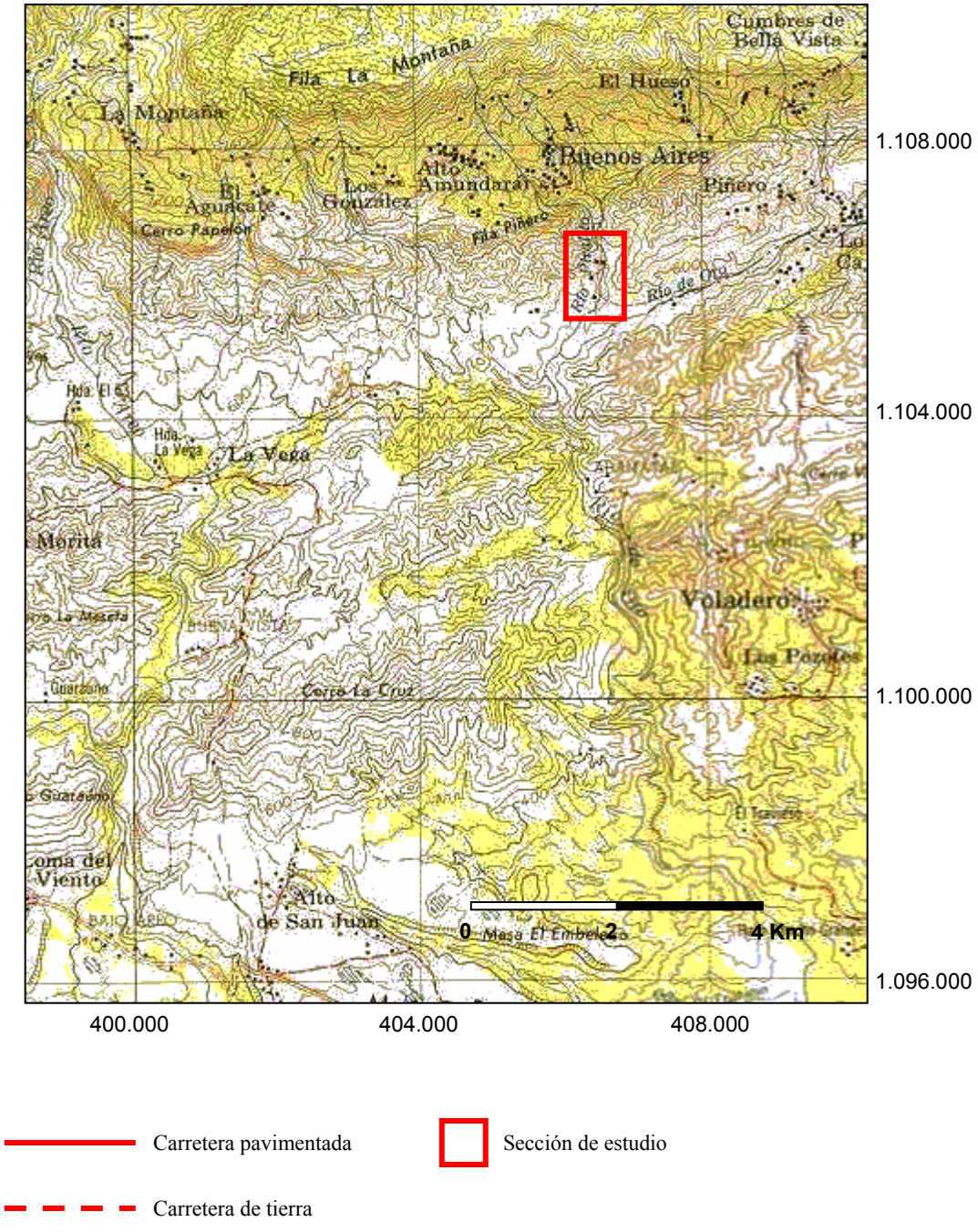


Figura 1.4. Ubicación del área correspondiente a la sección Río de Oro. (Tomado de las hojas 7446-III-SE y 7445-IV-NE a escala 1:25.000 de la Dirección de Cartografía Nacional).

Nota: Los nombres de río Piralito y río de Oro están intercambiados.

Vías de Acceso

El acceso a las secciones es relativamente fácil, pudiéndose realizar a través de carreteras de tierra y asfaltadas, siendo necesario el uso de vehículos de doble tracción.

A la sección río Orégano se le puede acceder siguiendo la carretera Barcelona-Naricual-Km 52, recorriendo unos 26 Km al sur. Después se toma una carretera que conduce a Querecual (hacia el este) y Santa Inés. Unos 53 Km al este de esta intersección se encuentra el caserío de Boquerón, donde la carretera cruza con el río Orégano.

Una vez en este punto se deberá cruzar hacia el norte y seguir unos 3 Km hasta llegar a una finca. Desde este punto en adelante el recorrido se efectúa a pie, caminando por picas y a lo largo del cauce del río.

El acceso a la sección Río de Oro se realiza a través de la carretera Punta de Mata – Viento Fresco. En el recorrido hacia el nor-oeste por esta carretera y después de Viento Fresco, se pasa por los poblados de Los Pozos, San Juan, Tácata, La Morita y La Vega. A partir de Tácata la carretera es de tierra y el recorrido cambia hacia el este, pero el acceso sigue siendo fácil aunque hay frecuentes pasos de ríos. El cruce de esta carretera con Río de Oro se encuentra aproximadamente a 6 Km al este de La Vega. En conclusión, se recorre un total aproximado de 60 Km desde Viento Fresco.

1.3. GEOGRAFÍA FÍSICA

Relieve.

Fisiográficamente la zona corresponde a la provincia de la Serranía del Interior Oriental. Este sector montañoso se extiende por todo el norte del estado Monagas y noreste del estado Anzoátegui. Como una franja de filas montañosas en sentido este-oeste. En esta serranía destaca el macizo de Turimiquire (2.595 m s.n.m) y otras montañas que no alcanzan los 1.500 m de altura.

GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) mencionan cuatro intervalos litológicos que controlan el relieve de la zona:

1) Un intervalo de calizas correspondientes al Cretácico medio, el cual soporta elevaciones indistintamente en formas anticlinales y sinclinales.

2) Dos intervalos arenosos correspondientes al Cretácico Tardío – Paleoceno y Oligoceno respectivamente, que suelen soportar mayores alturas cuando se conjugan con formas sinclinales.

3) Intervalos de lutitas que generalmente ocupan depresiones y valles, pertenecientes al Cretácico medio – superior, Paleoceno y Oligoceno.

Las mesas (Figura 1.5) ocupan la franja central de la zona limítrofe entre los dos estados, y constituyen el paisaje más extenso, cubriendo el centro de estas entidades. Son de origen sedimentario con estratos del Plioceno, las gravas y guijarros en forma de conglomerados forman parte de la litología del lugar. Entre las más importantes figuran: Guanipa, Urica, Moriche, El Merey, La Tigra, Morichal Largo, etc. (PDVSA 1992).

Un fenómeno fisiográfico interesante es la presencia de cavernas generalmente situadas en calizas del Cretácico Temprano, como la Cueva del Guácharo, cerca de Caripe (ROD 1959, en GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. 1980).

Clima.

El clima de la región se ve influenciado por factores continentales y altitudinales con variados tipos. Así, al norte del estado Monagas aparece una zona de bosque húmedo tropical, mientras que la serranía de Bergantín (estado Anzoátegui) presenta un clima lluvioso con un período corto de sequía.

Las precipitaciones varían de 600 a 1.600 mm de promedio anual según el lugar, con un régimen bimodal con pico principal en agosto-septiembre y secundario en noviembre-diciembre. La temperatura varía con el piso altitudinal y los valores medios para las diferentes subzonas van de 12 a 26º C (PDVSA 1992).

Fig. 1.5. Vista hacia la mesa de San Juan desde el Cerro Cambural (flanco sur del anticlinal de Mundo Nuevo). Orientación: S25ºW

Vegetación.

La variada fisiografía de las montañas del nororiente se refleja directamente en un no menos multifacético mosaico de tipos de vegetación. Se observa entonces una clara zonación altitudinal de la vegetación a lo largo de las vertientes de los diferentes macizos montañosos de la cordillera Oriental. El Turimiquire presenta bosques deciduos y semideciduos en sus laderas inferiores, seguidos por una amplia faja de frondosos y densos bosques nublados, en los cuales abundan las palmeras y las epifitas. Por último, en las filas más altas y expuestas de las cumbres, crece un arbustal denso, con grandes bromelias terrestres y bambusillos (PDVSA 1992) .

1.4. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela, por acogernos en sus instalaciones y permitir nuestra formación académica a través de estos años.

A los profesores de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, por formarnos en el campo de la geología.

A Franco Urbani, padrino de este trabajo, su constante vigilancia y paciencia fueron vitales para la finalización de este trabajo.

A Ricardo Alezones y Carolina Machillanda, por ayudarnos en la fase de campo y en especial a Ricardo por sus oportunas respuestas a nuestras dudas.

A los Talivanes (Arias y Barito) por su invaluable ayuda y compañía tanto en la etapa de laboratorio como en las etapas posteriores.

A Luis Camposano, pieza clave para el desarrollo de cualquier trabajo de quimioestratigrafía.

A Victor Vivas, por guiarnos en la etapa de campo y por ayudarnos con nuestras dudas sobre la región.

A nuestra compañera de tesis Carmen Arreaza, gracias por su apoyo e incentivarnos a culminar exitosamente este Trabajo Especial de Grado.

A todos aquellos que también colaboraron de forma espontánea, y que no pueden ser descartados: Pervert Fournier, Gilberto Sánchez, Max Furrer, Humberto Sánchez, Sra. Juana Azócar, Marina Peña (excelente dibujante), Juan Carlos Suárez, Argenis Bravo, Reinaldo Ollarves (gracias por la brújula, Christian), Aried Lozano, Luis Melo y Víctor Cano.

Santiago "*Nube Negra*" quiere agradecer a:

A "Chucho" ante todo.....

A mis padres quienes siempre confiaron en mi y me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi vida.....

A Aried "*La nene*" quien siempre esta a mi lado dándome animo y brindándome toda su alegría y su amor incondicional.....

A mi hermanos y familia por creer en mi.....

A la Sra. Daisy, Amedi y la Abuela por su cariño y apoyo.....

A mis amigos de la escuela, Reinaldo "*Cristian*", Ebelio "*Bebelio*", Noraima, a mi compañera de tesis Mariela, Woody "*sampateste*" , William "*El Kuquis*", Adriana "*La Cotufa*", Orleth "*Sadiwomen*", Nina, Hernán "*Garganta P...*", Moncho "*Manaza*", Marisela "*Mafalda*", Mónica "*la mujer policia*" , Diego "*Sadiman*" , Jesús Delgado "*el paramédico*" , Maria Carolina "*Odaaaa*" , Katerina "*la vecina*", Los Ivanes "*Los Talibanes*", Joseph "*Para de sufrir*" , Giovanny "*Kimberly*", José Rondón "*El Flacus Bigotis*", Nancy "*Nancy-Nancy*", Lisely "*la catirita*", al Profe. Ricardo Alezones "quien siempre encuentra tiempo para ayudarnos a todos", Francisco "*el Chinesse*", Jesús "*Mireya*", Juan Carlos Suárez "*el panita*", Argenis Bravo "*Guy*", Brian "*Weiss*", Corina, Oswaldo, Saileth, Bárbara, Alejandro Ledo, Juan Carlos, Matías "*Amenin*", Pedro "*Otto*", Alberto San Martiiiiiin "*Lalalalalalalala..lala.....lalala.....*", a todos gracias por convertir mi paso por la UCV en la mejor experiencia de mi vida ....

La "mamanatas" (*Mariela Noguera*) agradece a:

A mis padres, por su paciencia y apoyo a lo largo de toda mi carrera. A ti papá, te dedico esta tesis.

Al Profesor Franco Urbani, por brindarme esta gran oportunidad, gracias a usted conocí lo interesante de la geoquímica.

A Luis, cuyo apoyo, ayuda y comprensión fueron vitales para el desarrollo de este trabajo. Gracias por darle un nuevo norte a mi vida y por darme fuerzas para culminar esta etapa e iniciar la siguiente.

A Víctor Cano, por su ayuda en la etapa de campo y por enseñarme a utilizar los programas de dibujo. Víctor, estos mapas y columnas son tuyos.

A Luis Camposano (Urbanito), cuyos consejos y constante vigilancia (sin mencionar los regaños) fueron necesarios. Gracias por guiarnos a lo largo de este proyecto.

A los profesores Alfredo Mederos, María Eugenia Sandoval y a la gente de ICT (en especial a William Meléndez, Henry Briceño, José Méndez, Ramón Sifontes, Alejandro Martínez, Katia Reategui, Eduardo Carrillo, Salvador Lo Mónaco y Santiago Marrero) por apoyarme en la preparaduría y por estar pendientes del avance de este trabajo.

A Santiago Yépez (Santy), mi compañero de tesis.

A todos aquellos que estuvieron o no pendientes y que queriendo o no también aportaron una parte importante en este trabajo: José Antonio Rodríguez, Ricardo Alezones, Carolina Machillanda, Franck Audemard, Pervert Fournier, Pablo Ghinaglia, El Conde del Guácharo, Gilberto Sánchez y Lenin González, Rómulo (bibliotecario de FUNVISIS), Eduardo (Flaco), Marien Parra, Raymi Castilla, Jesús Padilla, Gilberto Sánchez, Juan Carlos Suárez, Arianna Lambertini (gracias por cuidar mi salud dental), Rosa "Daria" Polanco, Pedro Ottoero, Alberto "Pistillo" San Martín, William Olaya, Joseph Cedillo.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

2.1. GEOLOGÍA REGIONAL

2.1.1. FORMACIÓN QUERECUAL

Antecedentes: Son numerosos los trabajos que se han realizado sobre la Formación Querecual debido a la gran importancia de dicha unidad para la industria petrolera. Estos trabajos se representan de manera sintetizada en la tabla 2.1.

Localidad tipo: Según CIEN (2001), la localidad tipo se encuentra en el río Querecual, en el noreste del estado Anzoátegui, entre los puntos a 250 m de distancia aguas arriba, y 600 m aguas abajo, desde Paso Hediondo, estado Anzoátegui.

Descripción litológica: La litología de la Formación Querecual se caracteriza por una intercalación monótona de calizas arcillosas y lutitas calcáreas (GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. 1980). El color de las calizas y lutitas es típicamente negro, aunque también pueden encontrarse colores más claros (según reportes de subsuelo).

Las calizas generalmente son laminadas, carbonáceo-bituminosas y fétidas, y al igual que las lutitas suelen estar acompañadas por numerosas concreciones. Estas formas (de diversos tamaños) son abundantes en toda la sección; la laminación las bordea tanto en el tope como en la base y se observa que algunas laminaciones se desvanecen dentro de ellas (GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. 1980). Las concreciones han sido reportadas como de almohadilla y bola por estiramiento de capas por MACSOTAY *et al*. (1985, en CIEN 2001).

El contenido de pirita también es característico de la unidad y es el responsable de fuentes sulfurosas que frecuentemente se presentan en sus afloramientos (GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. 1980). En la parte superior de la formación es frecuente la presencia de ftanitas o calizas silíceas negras (CIEN 2001).

Tabla 2.1. Cuadro comparativo de autores y sus respectivos aportes al estudio de la Formación Querecual.

AÑO	AUTOR	APORTE FUNDAMENTAL
1928	LIDDLE	Primero en dar nombre a la secuencia, incluyéndola dentro de la Formación Guayuta
1937	HEDBERG	Eleva el término Guayuta a rango de Grupo y emplea el término Formación Querecual para designar la mitad inferior del mismo intervalo.
1956	LEV (1era edición)	Se acepta formalmente la Formación Querecual, definición que se ha mantenido casi inalterable hasta la actualidad
1967	ROSALES H.	Establece que los nombres Querecual y San Antonio sólo tienen valor local y que sólo se pueden utilizar donde aparezcan intervalos de areniscas que puedan asegurar un nivel de separación entre las dos unidades
1980	MEDINA P.	Designa un ambiente marino de aguas relativamente profundas, tranquilas y bajo condiciones euxínicas
1986	CISNEROS O. & LÓPEZ D.	Asignan una paleofuente de sedimento como de origen ígneo ubicada al sur de la cuenca y de rocas sedimentarias retrabajadas en menor proporción
1989	YORIS F.	Reúne datos obtenidos de trabajos del Departamento de Geología de la UCV entre 1978 y 1984, como aporte al conocimiento de la geología de la Serranía del Interior
1997	GARBÁN et. al.	Determinación de las condiciones paleoambientales de sedimentación en la Formación Querecual, mediante geoquímica orgánica
1997	PEREZ INFANTE J. & PACHECO M.	Aplicación de los análisis geoquímicos en el análisis secuencial de la Formación Querecual
1998	PAREDES *et al*.	Determinación de las facies de roca madre en Formaciones Cretácicas de la Cuenca Oriental, mediante el uso de la geoquímica orgánica e inorgánica, petrografía y bioestratigrafía.
2001-2002	PDVSA	Estudio de las principales Formaciones petrolíferas del Oriente de Venezuela. Proyecto Urica-Mundo Nuevo
2002	ARREAZA C.	Caracterización química de la Formación Querecual en su Sección Tipo, mediante la determinación de componentes mayoritarios y traza

YORIS (1989) establece que la parte inferior de la formación se presenta con un mayor contenido orgánico que la parte superior. Opina además que "este intervalo, de apariencia más lutítica lo constituyen calizas muy arcillosas y ricas en materia orgánica, más que lutitas con fracción terrígena fina predominante sobre calcita y materia orgánica, lo cual ciertamente ocurre en la sección tipo en el río Querecual". Este mismo autor determina que las calizas laminadas de la Formación Querecual deben haber sufrido un proceso de "estratificación acrecentada diagenéticamente" (BATHURST 1987) que les otorgara una secuencialidad de caliza dura – caliza fisil. Igualmente menciona que la parte superior de la Formación Querecual es más rica en sílice que la parte inferior, y que es difícil colocar el contacto entre esta unidad y la Formación San Antonio, suprayacente. También observó que la ftanita pura se encuentra en la zona de transición (Formación Querecual) como lentejones a escala decimétrica y no como verdaderas capas, como ocurre en la Formación San Antonio. Por otro lado, el grado de sinuosidad de las capas de ftanitas calcáreas – calizas ftaníticas es mayor en la Formación San Antonio que en la Formación Querecual. Todos estos criterios pueden ser de utilidad para la separación de estas dos unidades cuando no existen areniscas en la secuencia de la unidad superior del Grupo.

Espesor: En su sección tipo, se mencionan 700 m (GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. 1980), 750 m (CVET, 1970), 50 m fallados hacia su base (MACSOTAY *et al*., 1985) y 600 a 650 m (VIVAS 1986). YORIS (1989) reporta los siguientes espesores: 420 m al oeste de Caripito; 430 m en el río Guayuta, al oeste de Punceres; 300 m en la secuencia incompleta en la región de Pico García; 800 m al norte de Boca de Río Chiquito, al suroeste de Caripe; 740 m en la quebrada El Añil, en el flanco norte del anticlinal de río Grande, región de San Francisco; 600 m al este del río Guarapiche (todas las localidades anteriores pertenecen al estado Monagas). Según CIEN (2001) en el subsuelo de la cuenca oriental se han reportado 590 m en el área de Guanaco (CHIOCK 1985); en las áreas mayores de Anaco y Santa Bárbara, presenta un promedio de 550 m con disminución hacia el oeste, alcanzando en el campo La Vieja 305 m (HAY & AYMARD 1977).

En el sector Caripe, río Caripe, quebrada El Danto (estado Monagas), presenta un espesor de 380 m. La Formación Querecual fue encontrada en el río Malvascual, en un afloramiento

de unos 120 m. En río Carinicuao, estado Sucre, el espesor total medido es de 160 metros (FURRER & CASTRO 1997, en comentarios al CIEN 2001).

Extensión geográfica: Según CIEN (2001), los afloramientos de la Formación Querecual abarcan toda la Serranía del Interior en Venezuela nororiental, así como en las islas frente a Puerto La Cruz. En el subsuelo se la ha reconocido en la región de Guanoco (CHIOCK 1985) y al norte de Anaco (HAY & AYMARD 1977). También se la ha extendido a la región piemontina de la Cordillera de la Costa (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

Contactos: En su sección tipo, el contacto inferior se encuentra fallado (MACSOTAY *et al*. 1985, en CIEN 2001); y ha sido descrito hacia la base como concordante con las formaciones Chimana o El Cantil (HEDBERG 1950).

HEDBERG (1950) y ROD & MAYNC (1954), sugieren en base a paleontología, un hiato local entre las formaciones Querecual y Chimana; GUILLAUME *et al*. (1972) proponen una discordancia basal para la Formación Querecual. Al sur y este de la Serranía del Interior, la unidad descansa casi invariablemente sobre la Formación Chimana, de manera concordante y con una transición corta, donde la glauconita parece ser un marcador importante (YORIS 1985, 1989); el mismo autor descarta la presencia de una discordancia pre-Querecual, en base al tipo de relaciones litológicas y sucesión de ambientes de sedimentación entre las formaciones Chimana y Querecual en esta región.

En la isla Puinare, frente a Puerto La Cruz, MACSOTAY *et al*. (1985) colocan a la Formación Querecual en forma concordante y abrupta a la Formación Boquerón de ROD & MAYNC (1954).

El contacto superior de la Formación Querecual es concordante y transicional con la Formación San Antonio, especialmente cuando ésta última es predominantemente ftanítica. En su sección tipo, este contacto se coloca por debajo de la primera capa de arenisca continua de la Formación San Antonio suprayacente; la característica principal de diferenciación entre ambas formaciones es el aumento en la proporción de areniscas y capas de ftanita negra,

característicos de la Formación San Antonio (HEDBERG, 1950); sin embargo, en numerosos sitios de la Serranía del Interior, no es posible establecer una clara distinción entre ambas unidades. CHIOCK (1985) establece criterios paleontológicos para la determinación de los contactos superior e inferior de la Formación Querecual en el subsuelo de Monagas, cuando no es posible establecerlo mediante los registros petrofísicos.

La Formación Querecual pasa lateralmente (hacia el sur), en el subsuelo de la cuenca oriental, a la Formación Tigre del Grupo Temblador. YORIS (1989) menciona que hacia el noreste de la Serranía del Interior, la Formación Querecual pasa lateralmente a la parte superior de la Formación Chimana, y es posible que en otras regiones de la misma, ambas unidades se interdigiten en el tope de ésta última.

Fósiles: HEDBERG & PYRE (1944), reportan *Inoceramus labiatus* Schlotheim (cerca de la base de la formación), *Inoceramus* sp., *Inoceramus* cf., *Inoceramus peruanus* Bruggen, amonites desmocerátidos y acantocerátidos, *Turrilites* sp. y *Prionotropis* sp. La unidad es especialmente rica en microfauna, con abundancia de los géneros *Hedbergella, Bulimina, Heterohelix* y *Globotruncana*. GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. (1980) reportan amonites y ejemplares de *Inoceramus* dentro de las concreciones de Querecual. YORIS (1985, 1989) reporta la frecuente presencia de *Ticinella* sp. en la parte inferior de la Formación Querecual, al sur de la Serranía del Interior. En YORIS (1989) se dan listas de fósiles identificados en trabajos de tesistas del Departamento de Geología de la UCV y en las que aparecen además de las taxas anteriormente mencionadas: *Rotalipora, Bolivina, Neobulimina, Clavihedbergella, Rugoglobigerina,* abundantes radiolarios y ocasionales espinas de esponjas. CHIOCK (1985) indica como característico de la Formación Querecual en el subsuelo el foraminífero *Globigerina cretacea* d'Orbigny. En un sentido más amplio, la unidad ha sido caracterizada por medio de la "Zona de *Globigerinidae*".

Edad: Cretácico (Albiense Tardío – Santoniense)

Correlación: Según CIEN (2001) la Formación Querecual se continúa lateralmente con la parte superior del Grupo Temblador: la Formación Tigre, en base al aumento progresivo del

contenido de areniscas hacia el sur. Hacia el oeste se la ha correlacionado litológicamente y por edad, con la Formación Mapuey, estado Cojedes y la Formación La Luna de Venezuela occidental. Hacia el este, se la considera equivalente lateral de la Formación Naparima Hill, de Trinidad.

Paleoambientes: GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. (1980) incluyen a las formaciones que integran al Grupo Guayuta dentro de su Provincia Pelágica, donde el ambiente es de aguas moderadamente profundas con buena circulación superficial, indicado por la presencia de radiolarios y foraminíferos, aunque prevalecieron condiciones euxínicas en el fondo.

YORIS (1989) restringe el ambiente al talud medio e inferior (margen pasivo) y postula la presencia de circulación por corrientes de borde, que permitió la reclasificación y laminación del material rico en materia orgánica, y que además existen evidencias de flujo ligeramente turbulento y bioturbación en algunas localidades. El mismo autor agrega que el rango de profundidades alcanzadas se estima entre la parte media e inferior de un talud de pendiente muy suave.

FURRER & CASTRO (1997, comentarios al CIEN) consideran que el inicio de la deposición de la Formación Querecual se caracterizó por la aparición de las facies carbonatadas negras y laminadas, asociadas al enrarecimiento de las facies bioturbadas y a la desaparición de los foraminíferos bentónicos; la parte final por la reaparición de foraminíferos bénticos, de facies bioturbadas y la presencia frecuente de aportes detríticos de cuarzo. Indican además que la Formación Querecual no representa una anoxia continua, sino un ambiente pobre en oxígeno, a menudo interrumpido por breves episodios de oxigenación que permiten la instalación de organismos bénticos excavadores.

Importancia económica: Los estudios geoquímicos realizados en muestras de esta formación, demuestran que la Formación Querecual es la roca madre por excelencia de los hidrocarburos de la Cuenca Oriental de Venezuela (CIEN, 2001).

2.1.2. FORMACIÓN NARICUAL

Antecedentes: Al igual que la Formación Querecual, la Formación Naricual ha sido objeto de numerosos estudios motivados por su calidad de roca reservorio. En la Tabla 2.2 se enumeran los trabajos más importantes realizados sobre esta formación.

Localidad tipo: Se designa como localidad tipo a las cercanías del pueblo minero de Naricual; la sección tipo aflora en el valle del río Naricual, en las minas y en las carreteras del área (HEDBERG & PYRE 1944).

Descripción litológica: Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. (1980), "los 400 m inferiores de la formación consisten en lutitas carbonosas, lutitas arenosas y areniscas, seguidas por unos 1.000 m de areniscas y lutitas con importantes desarrollos de carbón; la parte superior de la formación tiene unos 400 m y se compone principalmente de areniscas topográficamente prominentes separadas por lutitas grises estériles y algunos carbones".

GONZÁLEZ DE JUANA & AGUERREVERE (1938) definen un "tramo carbonífero" en la parte media de la formación, compuesto por tres paquetes informales: Santa María, Mallorquín y Aragüita.

Las areniscas meteorizan a amarillento, marrón y, localmente, rojizo o rosado. Son compactas, estratificadas, duras a muy duras, cuarcíticas y de grano fino a grueso, aunque pueden presentar ocasionalmente guijarros redondeados. Presentan gradación inversa y buen escogimiento; raramente calcáreas, con cemento de sílice o material arcilloso. Son comunes las estructuras sedimentarias como estratificación cruzada y rizaduras.

Las lutitas y limolitas son de color gris a negro, blandas, físiles o pizarrosas. Pueden ser arenáceas, micáceas, carbonáceas, jarosíticas y meteorizan a amarillento, rojizo, marrón. Son prácticamente estériles de microfósiles (CIEN 2001).

SOCAS (1991) resalta el carácter arcósico y lítico de las arenas, y el mal escogimiento y subangularidad de sus granos. En su estudio además, divide la formación en dos miembros

informales, de acuerdo a su contenido carbonoso: miembro basal no carbonoso y miembro medio-superior carbonoso.

Espesor: Han sido reportados espesores de 1.860 a 2.012 m en la localidad tipo (HEDBERG & PYRE 1944). En la quebrada Teresén, PEIRSON (1965) citó 1.250 m, aproximadamente 1.450 m en la quebrada Carapita, 1.992 m en el río Capiricual y un estimado de 1.753 m en la localidad tipo.

La Formación, en su región tipo se adelgaza hacia el este y pasa transicionalmente a las lutitas de las formaciones Areo (infrayacente) y Carapita (suprayacente). Al norte de Quiriquire, la Formación Naricual desaparece casi por completo (GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. 1980).

Extensión geográfica: PEIRSON (1965) describe su extensión de la siguiente forma: "la parte más meridional del flanco sur de la Serranía del Interior, desde su localidad tipo en el río Naricual, al este-sureste 41 Km hasta el río Aragua, en una faja de afloramientos entre 1 y 3 Km de ancho; de allí al Anticlinal de Cumuñucual y el río Orégano y, al oeste de la depresión de Barcelona, a lo largo del piedemonte de Guárico, desde 3 Km al oeste de Píritu hasta Altagracia del Orituco". La Formación también está presente en el subsuelo de los campos petroleros del norte de Anzoátegui-Monagas. En el Campo La Vieja, DE SISTO (1972) designa a Naricual 610 m dentro del Grupo Merecure (CIEN 2001).

Expresión topográfica: Según CIEN (2001) la parte inferior de la Formación forma el valle del río Naricual, ubicado entre las filas de areniscas resistentes de la Formación Los Jabillos y las filas de las areniscas superiores de Naricual. En Guárico, la Formación se identifica en las filas prominentes del afloramiento.

Tabla 2.2. Cuadro comparativo de autores y sus respectivos aportes al estudio de la Formación Naricual.

AÑO	AUTOR	APORTE FUNDAMENTAL
1913	RALPH ARNOLD	Autor del nombre "miembro" Naricual
1926	GARNER	Utiliza el nombre "serie Naricual de carbón" (Naricual coal measures)
1928	LIDDLE	Describe la secuencia de carbones como Formación Aragua
1938	GONZÁLEZ DE JUANA & AGUERREVERE	Descripción de la secuencia carbonífera del río Naricual, subdividida en los paquetes carboníferos de Santa María, Mallorquín y Aragüita
1942	KAMEN - KAYE	Incluye la secuencia Naricual en su "grupo Guarumen"
1944	HEDBERG & PYRE	Formalizan el nombre como miembro Naricual
1946	LIDDLE	Describe la secuencia como miembro Naricual de la Formación Merecure
1950	HEDBERG	Eleva el miembro Naricual a rango de formación, que junto con las formaciones Tinajitas, Los Jabillos, Areo, "Periquito" y "Caño Dulce", formaban el Grupo Merecure
1951	EVANOFF	Usa el nombre "Formación Batatal" en el piedemonte de Guárico para la secuencia con carbón incluida actualmente en Naricual
1959	BELLIZZIA A. & BELLIZZIA C.	Estudio de la geología y reservas de la cuenca carbonífera de Naricual
1963	LAMB & DE SISTO	Realizaron trabajos de correlación en el frente de montañas con el subsuelo de Santa Bárbara y Jusepín
1964	SALVADOR	Redefine al Grupo Merecure con tres formaciones: Los Jabillos, Areo y Naricual, nomenclatura utilizada actualmente
1965	PEIRSON	Mencionó los diversos nombres aplicados anteriormente a lo que actualmente es Naricual
1978	MACSOTAY, O.	Uno de los primeros trabajos de carácter sedimentológico y bioestratigráfico

Tabla 2.2. Continuación

1988	YORIS F. & NAVARRO E.	Reinterpretación estratigráfica y esructural de una sección donde afloran las formaciones Caratas, Los Jabillos, Naricual, Uchirito, Carapita y Capaya
1989	YORIS F. & NAVARRO E.	Establecen ciclos de sedimentación para la cuenca nororiental de Venezuela y los comparan con los ciclos eustáticos globales
1991	SOCAS M.	Estudió exhaustivamente a la formación en su localidad tipo y en el subsuelo de Monagas
1992	MARQUEZ P.	Identificación de ambientes sedimentarios en el miembro Naricual inferior de la Formación Naricual por medio de núcleos
2001	ANGULO S. & RODRÍGUEZ J.	Estudio sedimentológico a través de núcleos, análisis secuencial y difracción de rayos X.
2002	ARREAZA C.	Caracterización química de la Formación Naricual

Contactos: Naricual es bruscamente transicional (vertical y lateralmente) con las formaciones Areo, Carapita y Capiricual (PEIRSON 1965). El contacto superior con la Formación Capaya es transicional, donde las areniscas limpias de Naricual pasan a las areniscas ftaníticas de Capaya.

En Guárico, la formación pasa lateralmente y de forma transicional a la Formación Quebradón. Hacia el este, el contacto con la formación suprayacente, Roblecito, es también transicional (CIEN 2001).

SOCAS (1991) describe en la localidad tipo dos tipos de contacto en la base de la formación: uno transicional con la Formación Areo y otro discordante erosivo con la Formación Los Jabillos. El contacto superior lo define como de falla, con la Formación Capiricual sobrecorrida sobre la Formación Naricual.

Fósiles: LIDDLE (1946) mencionó a los microfósiles *Acila, Pecten* y *Turritella* en la base de Naricual. Los fósiles son muy escasos, con la excepción de impresiones de plantas. PEIRSON (1965) reporta las especies bentónicas *Cassidulina, Psammosihonella, Textularia, Ammomarginulina, Trochammina, Streblus, Cyclammina* y probablemente *Milammina fusca.*

Los bentónicos *Haplophragmoides, Textularia, Ammomarginulina, Ammobaculites, Eggerella,Cyclammina, Ammodicus* y los conjuntos de S*treblus catesbyanus* var. *tepida* y *Miliammina* sp. cf. *Mliammina fusca,* además de los planctónicos *Globigerina* sp. y *Globigerinella* sp., fueron reportados por PEIRSON (1965) en Guárico. En la misma región, EVANOFF (1951) identificó a *Milliammina fusca, Ammobaculites* cf. *nummus* y microgasterópodos.

SOCAS (1991) realizó un reporte detallado sobre los fósiles de la localidad tipo:
Planctónicos: *Globigerina* sp.
Bentónicos: *Globobulimina pacifica, Cyclammina cancellata, Nonionoides grateloupi, Nonionella* cf. *atlantica* y los géneros *Spiroplectammina, Cyclammina, Ammobaculites,*

Bolivina, Ammodiscus, Spiroloculina, Elphidium, Trochammina, Miliammina, Bathysiphon, Martinittiella, Rosalina y Haplophragmoides.

Microfósiles: *Donax (Donax)* cf. *couvana, Chione (Chamelea)* cf. *nuciformis, Mactra (Macromactra)* cf. *quirosana, Erycina indecisa, Bathyarca* cf. *charanensis,* lectopecten cf. *cercadita* y *Lyrotarte* cf. *paphgia,* microgasterópodos y moldes de ostrácodos.

Palinomorfos: *Retitricolporites irregularis, R. amapaensis, R. Guianensis, R.* cf. *lewisii, R.* sp*., Psilatricolporites triangularis, Mauritiidites* sp., *Inaperturopollenites* sp., *Tricolporites* sp., *Tricolpites* sp., *Microthallitres* sp., *Zonocostites* sp*., Psilatricolporites pachydermatus, Deltoidospora* sp., *Botryoccocus* sp*., Bombacacidites* cf. *bellus, Verrucososporites* sp., *Jaundufouria seamrogiformis, Plypodiisporites usmensis, Striatricolporites* sp., *Monosulcites* sp. y esporas de hongos.

Plantas: *Inga* sp. y *Cassia* sp.

Icnofósiles: *Thallassinoides, Monocraterion, Diplocraterion, Planolites, Skolithos, Saportia, Cochlichus, Ophimorpha nodosa* y *Arenicolites.*

Edad: Oligoceno Tardío – Mioceno Temprano.

Correlación: Según CIEN (2001), Naricual se correlaciona lateralmente con las formaciones Capiricual, Areo y Carapita en el norte de Anzoátegui-Monagas y con la Formación Merecure en las áreas mayores de Anaco y Oficina. En Guárico es lateralmente correlativa (en parte) con las formaciones Quebradón y Roblecito. En el subsuelo es equivalente a la parte basal de la Formación Chaguaramas.

Paleoambientes: SOCAS (1991) determinó que las paleocorrientes se orientaban hacia el SE, con una proveniencia de sedimentos desde el noroeste. En base a los fragmentos encontrados (metamórficos, volcánicos, sedimentarios e ígneo-plutónicos) estableció que la fuente sedimentaria de la Formación Naricual es principalmente de carácter metamórfico e ígneo extrusivo, acompañado de rocas sedimentarias preexistentes. La fuente metamórfica corresponde a un alóctono metamórfico (Cordillera del Caribe) y la sedimentaria a un orógeno reciclado (orogénesis de la Serranía del Interior). La fuente en subsuelo es proveniente del Cratón de Guayana.

La misma autora indicó un ambiente regresivo de talud a plataforma externa en la base, que varía hacia arriba a marino abierto – marino restringido diferenciando a la Formación del supuesto Naricual encontrado en el subsuelo de campos como El Carito y Furrial, entre otros.

2.1.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

La cuenca oriental de Venezuela ha sido dividida por CHEVALIER (1993) en tres zonas: la Faja Petrolífera del Orinoco, la Subcuenca de Maturín y la Serranía del Interior.

Las secciones de interés en este trabajo están ubicadas en el flanco sur de la Serranía del Interior (bloques de Bergantín y Santa Rosa), razón por la cual se hará más hincapié en la tercera de las zonas planteadas por CHEVALIER (1993).

La Serranía del Interior está limitada al Norte por el sistema de fallas transcurrentes de El Pilar, y se extiende desde la zona de fallas de Urica en el oeste, hacia el Golfo de Paria en el este. Este flanco sur está cubierto por sedimentos de la Subcuenca de Maturín (CHEVALIER 1993).

MURANY 1972 (en VIVAS *et al*. 1985), subdividió la Serranía del Interior Oriental en bloques, que de este a oeste son: Caripe, Bergantín y Santa Rosa, separados por las fallas de San Francisco y Urica.

Según VIVAS *et al*. (1985), el bloque Bergantín se caracteriza por pliegues asimétricos de ejes decakilométricos de rumbo N 70º E. Hacia el norte su frente está representado por un corrimiento asociado a pliegues volcados con vergencia hacia el sur. La tectónica de esta región es de carácter transpresivo y está asociada genéticamente a la falla de El Pilar.

El bloque cortical Santa Rosa comprende a la depresión de Unare, y se caracteriza por molasas del Neógeno. En este bloque la tectónica es esencialmente distensiva, y se caracteriza por fallas normales verticales o muy inclinadas, además de unos pocos pliegues abiertos.

Estos mismos autores mencionan la presencia de una depresión ubicada entre los bloques Bergantín y Santa Rosa. Dicha depresión la denominaron Deflexión de Barcelona, y ésta se halla limitada por las fallas de Urica-Cerro Grande y Santa Inés (Figura 2.20). La Deflexión de Barcelona representa un cinturón tectónico con pliegues de estilos distintos a los de los bloques adyacentes y con fallas inversas de ángulo alto que afectan al Neógeno.

YSACCIS (1997) propone que el basamento pre-Neógeno de la Deflexión de Barcelona consiste en la continuación del klippe de Villa de Cura, el cual probablemente yace directamente sobre los pliegues frontales e imbricados de la Faja Piemontina y la Serranía del Interior. El mismo autor, en su trabajo sobre la evolución tectónica del oriente de Venezuela, realizó una sección transversal de esta región con orientación N-S (Figura 2.1).

Fallamiento

VIVAS *et al*. (1985) agruparon las fallas de la Serranía del Interior en tres categorías:

- fallas longitudinales, paralelas al rumbo de la cordillera
- sistema de fallas con orientación NW-SE, donde figuran las fallas de San Francisco y Urica
- grupo de fallas de orientación NE

Los dos últimos grupos forman un sistema conjugado, sintético y antitético respectivamente, asociado a la falla de El Pilar.

Las fallas más importantes en la zona son las fallas de El Pilar, San Francisco, Urica, Caripe y Santa Inés (Figura 2.2).

La falla de El Pilar presenta una orientación E-W y una extensión de más de 200 Km SUBIETA *et al*. (1988) describen esta falla como vertical, con un desplazamiento de 20 a 70 Km. Sin embargo VIVAS *et al*. (1985) le asignan un carácter transcurrente dextral a esta falla cuya génesis está asociada al desplazamiento relativo entre las placas Caribe y Sur-América.

La falla de San Francisco (Figura 2.1) separa el bloque Caripe (al noreste) del bloque de Bergantín (al suroeste). Su dirección es NW-SE, pasando progresivamente a E-W. Esta falla

es vertical en la parte norte y se horizontaliza hacia el sur, cerca del campo Quiriquire donde se une al cabalgamiento de Pirital. Presenta además un movimiento dextral y su desplazamiento se ha estimado en 25 a 30 Km (SUBIETA *et al*. 1988). ROSALES (en CHEVALIER 1993) sugiere que el desplazamiento y plegamiento a lo largo de la falla son contemporáneos.

La falla de Urica es vertical y su movimiento es dextral transcurrente. Su desplazamiento horizontal oscila entre 8 y 10 km, y la edad de dicho movimiento es Plioceno Temprano (SALVADOR & STAINFORTH 1968, en CHEVALIER 1993). Esta falla se originó posterior a los grandes pliegues y corrimientos distintivos de la zona. ROURE *et al*. (1994) y PARNAUD *et al*. (1995) (en YSACCIS 1997) interpretan esta falla como una rampa lateral compresional.

La falla de Caripe, al igual que otras fallas normales, corta la Serranía del Interior en forma perpendicular a las estructuras. El graben de San Juan está relacionado con la actividad de estas fallas, mostrando una distensión tardía posterior a la compresión (SUBIETA *et al.* 1988).

VIVAS *et al.* (1985) definen como falla de Santa Inés a un accidente tectónico con rumbo general noroeste-sureste que pasa por el extremo meridional del pueblo de Santa Inés, estado Anzoátegui (Figura 2.20). A esta falla se le atribuye un movimiento original transcurrente dextral, que posteriormente evolucionó a una falla inversa de ángulo alto con buzamiento del plano hacia el noreste.

Plegamiento

La Serranía del Interior puede considerarse como un gran anticlinorio con un eje orientado N80ºE y con una inclinación axial hacia el suroeste. Como consecuencia de la erosión, las rocas terciarias afloran en la zona occidental mientras que el núcleo (más antiguo) aflora hacia el este (CHEVALIER 1993).

El plegamiento se presenta con la forma de pliegues elongados, que a veces alcanzan una longitud de 50 Km. con una longitud de onda oscilando entre 5 y 7 Km, mostrando un acortamiento frontal de las estructuras (SUBIETA *et al*. 1988).

El patrón estructural se caracteriza por grandes anticlinales (como el de Mundo Nuevo) y pequeños sinclinales cortados. VIVAS (1985, en CHEVALIER 1993) propuso un nivel de corrimiento basal comparando el estilo de deformación de la Serranía del Interior con la cadena Franco-Sueca del Jura. POTIE (1989, en CHEVALIER 1993) continuó desarrollando esta misma hipótesis haciendo énfasis en la cubierta tectónica de la cadena sin incluir al basamento ígneo-metamórfico en la deformación.

De esta forma se pueden apreciar en la zona diferentes pliegues con orientación general N 70º - 80º E como los anticlinales de Irital, Río Chiquito, San Francisco, La Elvira, Periquito, Cerro Grande, etc. Se pueden observar también cabalgamientos con igual rumbo, como los de Las Misiones, Tierra Blanca, El Cantón, Clavellino, Río Grande y La Blascoa.

3.1.4. EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA REGIÓN

Un modelo para la evolución geodinámica de la cuenca oriental de Venezuela (comprendida por la Serranía del Interior, subcuenca de Maturín y la Faja Petrolífera del Orinoco), ha sido planteado por PARNAUD *et al*. (1995) quienes la dividen en 4 grandes episodios:

1. Una fase pre-extensional (pre-rift) en el Paleozoico, la cual está asociada con las Formaciones Hato Viejo y Carrizal, depositadas en ambientes costeros a neríticos.
2. Una fase extensional (rift) y de deriva (drifting) en el Jurásico y Cretáceo Tardío, caracterizada por grabens, la creación de corteza oceánica en el dominio Tethys-Caribe, y una discontinuidad (unconformity) de rompimiento regional. Esta fase fue descrita como Formación La Quinta, en el graben de Espino.
3. Un período de margen pasivo en el Cretácico-Paleógeno, caracterizado por 3 fases transgresivas, desarrolladas de norte a sur, y que culminaron respectivamente en el

Turoniense (Formaciones Barranquín, El Cantil, Querecual y San Antonio), Paleoceno-Eoceno Temprano (Formación San Juan) y Oligoceno (Formaciones Merecure, Areo y Carapita).

4. Una fase final durante la colisión oblicua en el Neógeno y Cuaternario, que resultaron en la formación de la Serranía del Interior y transformación de una cuenca de margen pasivo dentro de una cuenca antepaís (foreland). Esta colisión de la placa Caribe con la placa Suramericana fue diacrónica con un desplazamiento progresivo de dirección oeste-este.

Como se ha visto a través de este modelo regional, tanto la Serranía del Interior como la subcuenca de Maturín han sido formadas como resultado de una colisión oblicua entre las placas Caribe y América del Sur. En su modelo SUBIETA *et al*. (1988), plantean que la evolución tectonoestratigráfica de estas provincias ocurrió en cinco etapas:

1. **Mesozoico Temprano:** Un período de tectónica extensional a lo largo del borde norte del continente americano, que produjo fosas y pilares con fallas normales que afectan al basamento y parte de los sedimentos de la cobertura.
2. **Cretácico Tardío a Eoceno Medio:** Donde ocurre un episodio pasivo durante el cual el borde norte de América del Sur proporcionó una plataforma relativamente estable que dio lugar a una sedimentación ininterrumpida.
3. **Eoceno Tardío a Mioceno Temprano:** Etapa en la cual el ambiente tectónico pasivo del Terciario Temprano es interrumpido en el Eoceno Tardío por la aproximación de las placas de Sur América y Caribe, produciendo el levantamiento inicial en la región de la Serranía del Interior y una depresión al sur que marca el comienzo de la formación de la subcuenca de Maturín (Figura 2.2).
4. **Mioceno Medio a Tardío:** En esta etapa la colisión oblicua entre las placas Caribe y América del Sur produjo una cadena asimétrica de cinturones de corrimientos (Fold-thrust-belt), volcada hacia el sur y una cuenca antepaís (foreland) elongada y profunda, paralela al borde sur de la cadena. La sedimentación de esta cuenca fue controlada por su evolución tectónica; sus sedimentos estuvieron sujetos a plegamientos, cabalgamientos y deformación diapírica.

5. **Plio-Pleistoceno:** Durante este período se intensifica el levantamiento de la cadena y la subcuenca de Maturín se rellena con aportes continentales. El diapirismo alcanza la superficie en algunos casos y finalmente los sedimentos del Pleistoceno son afectados por fallas normales. El régimen de colisión se desplaza hacia el este a las áreas de Trinidad y el arco de islas de las Antillas Menores.

YSACCIS (1995) reconstruyó la evolución tectónica de Venezuela Oriental de la forma siguiente:

1. **Paleógeno**: El sistema extensional estuvo localizado al norte de la actual cuenca de Maracaibo. Esta fue emplazada en el tope peneplanado de un prisma de acreción, el cual se mantuvo activo en el área de las napas de Lara, y es el responsable del depocentro de la cuenca antepaís (foredeep) del flysh de Guárico y del depocentro de la cuenca antepaís de Misoa/Trujillo de la Cuenca de Maracaibo.

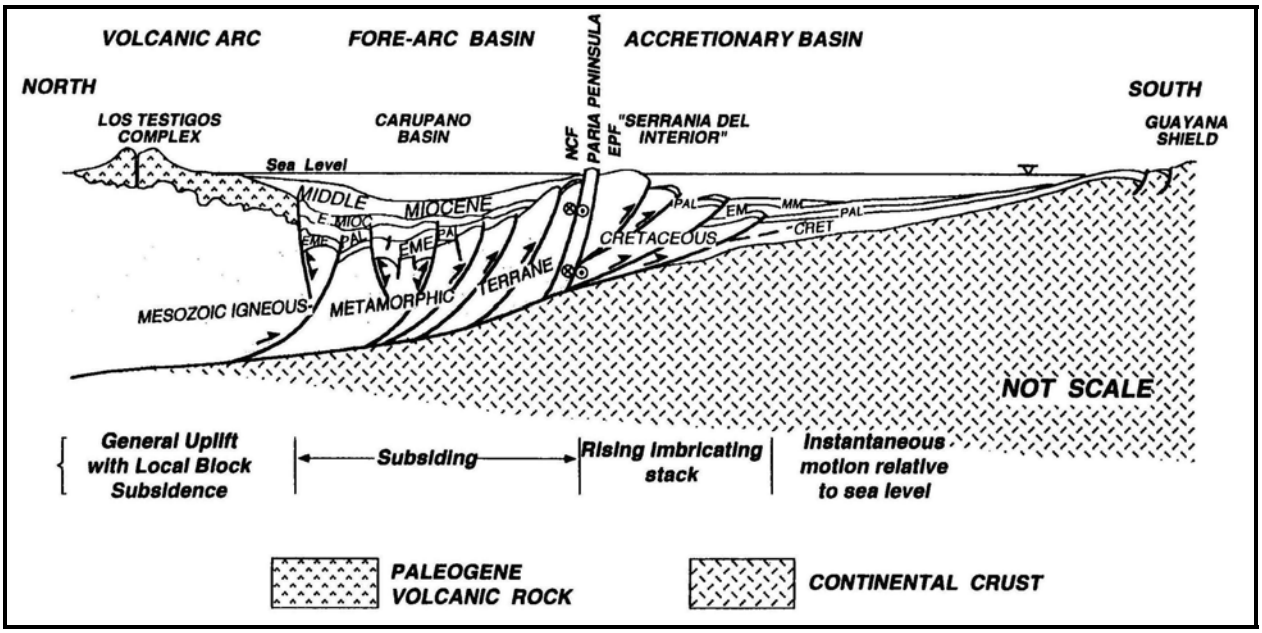


Figura 2.1. Transecto N-S de la región centro y nor-oriental de Venezuela en el Mioceno inferior. (Tomado de YSACCIS 1995).

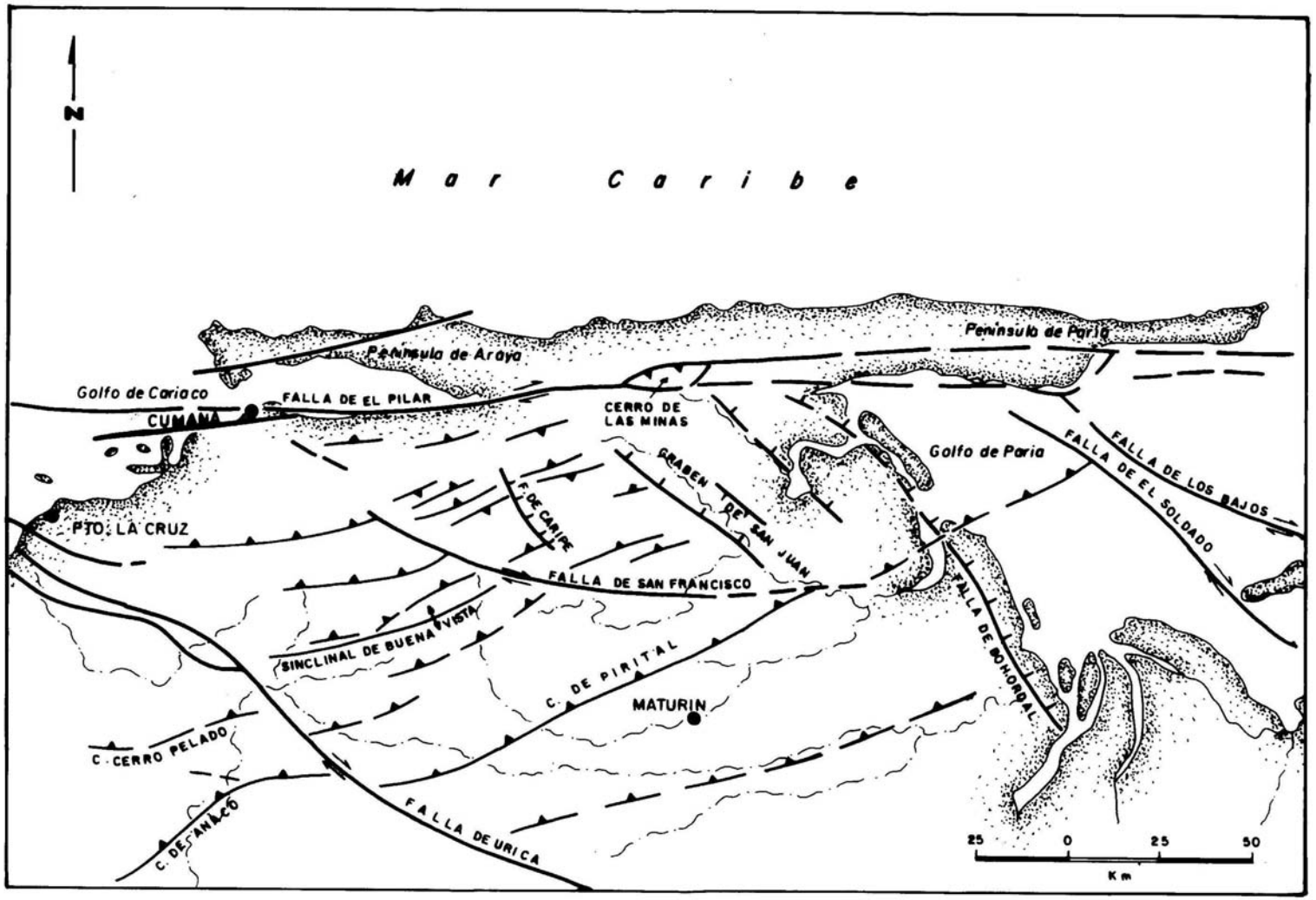


Figura 2.2. Mapa estructural de la región nor-oriental de Venezuela. (Modificado de SUBIETA *et al*. 1988). Dib. Marina Peña.

2. **Eoceno Temprano:** La cuña del sistema transpresional migró a la posición norte de la Deflexión de Barcelona. Este hecho relativo a la migración hacia el este de Sur-América es el responsable de las mayores inversiones que comenzaron en el Oligoceno y que duraron en el Mioceno Medio.

3. **Mioceno Medio a Reciente:** Se formó el sistema transtensional Boconó-El Pilar-Casanay- Aguas Calientes y actuó independientemente del sistema extensional Paleógeno. Este es el responsable de las cuencas transtensionales neógenas del área: la Fosa de Cariaco, las subcuencas de Tuy-Cariaco y Paria, y la cuenca transtensional del Golfo de Paria. El dominio transpresional ocurrido al sur de la falla del Pilar es el responsable de la tectónica de inversión de la Serranía del Interior, y está asociado a las estructuras foreland de Monagas.

2.1.5. EVOLUCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA REGIÓN

Cretácico Tardío.

Según WEC VENEZUELA (1997), esta etapa se inicia a finales del Albiense, donde en el oriente y occidente de Venezuela ocurre una invasión marina que llega a cubrir extensas zonas al sur del país, las cuales anteriormente estuvieron expuestas a la erosión desde finales del Jurásico o incluso desde finales del Paleozoico (Figura 2.3). Esta invasión marina coincide con el pulso mundial transgresivo del Cretácico Tardío, responsable de la sedimentación de calizas, lutitas y ftanitas ricas en materia orgánica tanto en América como en Europa. En Venezuela estas rocas se conocen como las formaciones Querecual-San Antonio (Grupo Guayuta), Mucaria, Navay y La Luna. Se estima que el máximo de transgresión y anoxia ocurrió entre el Turoniense y el Campaniense (72-91 Ma).

El Grupo Guayuta alcanza su máximo desarrollo en Venezuela Nororiental, llegando a tener más de 1 Km. de espesor en su región tipo en el estado Anzoátegui. En la Cuenca Oriental, esta unidad cambia lateralmente hacia el sur, perdiendo su carácter de roca madre y pasando a las rocas de ambiente plataformal, hasta costero y continental, del Grupo Temblador.

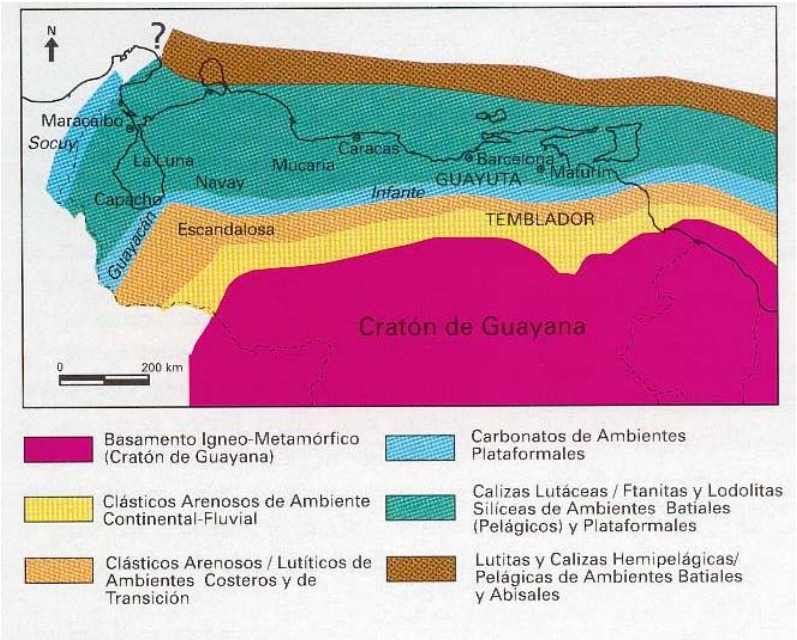


Figura 2.3. Distribución de facies sedimentarias dominantes en el Cretácico Tardío (Tomado de WEC Venezuela 1997).

El Cretácico Tardío en Venezuela finaliza durante el Maastrichtiense con unidades regresivas respecto a los ambientes más profundos de la roca madre.

Paleoceno – Eoceno.

En el oriente, durante el Paleoceno y Eoceno Temprano la sedimentación no estuvo influenciada por los frentes de deformación del Caribe (Figura 2.4), acumulándose los sedimentos finos de talud continental (hemipelágicos) de la Formación Vidoño y los más arenosos de la Formación Caratas.

Es posible que la influencia de la colisión oblicua Placa Caribe - Sur América ya ocurriese en el Eoceno Medio: Los ambientes de carbonatos arenosos, glauconíticos y, en parte muy ricos en macroforaminíferos se desarrollaron en los márgenes de los surcos ubicados en el norte de Venezuela (formaciones Peñas Blancas, Punta Carnero y el Miembro Tinajitas de la Formación Caratas).

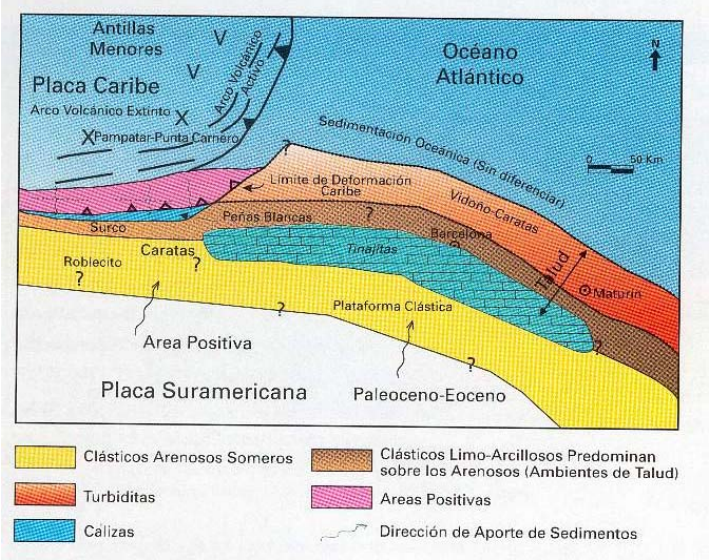


Figura 2.4. Marco geológico regional para la sedimentación en el flanco norte de la Cuenca Oriental durante el Paleoceno-Eoceno. (Tomado de WEC Venezuela 1997).

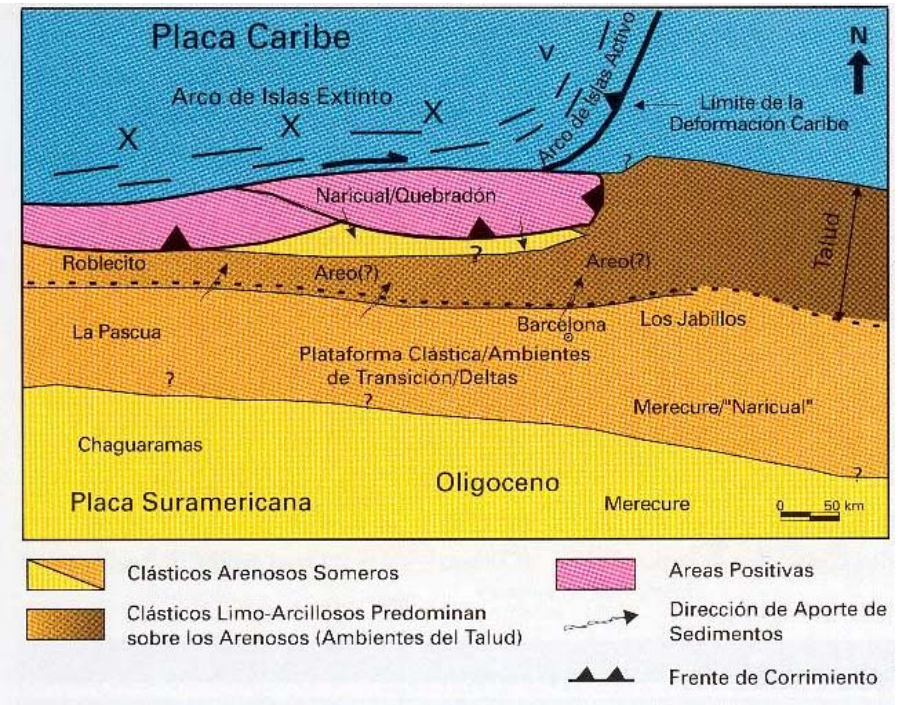


Figura 2.5. Marco geológico regional para la sedimentación en el flanco norte de la Cuenca Oriental de Venezuela durante el Oligoceno. (Tomado de WEC Venezuela 1997).

Oligoceno.

La sedimentación durante el final del Eoceno y Oligoceno en la Serranía del Interior se encuentra representada por las formaciones Los Jabillos (clásticos arenosos de ambientes diversos), Areo (clásticos finos y glauconíticos marinos) y parte (?) de Naricual (clásticos arenosos y pelíticos de ambientes fluvio-costeros y marinos someros). En la figura 2.5 se representa de forma esquemática la relación espacial entre estas unidades y la evolución de los frentes de deformación; en esta figura se plantea la doble fuente de sedimentos para la Formación Naricual y equivalentes (Formación Quebradón, por ejemplo), la cual se ubica en sus facies del norte, como bordeando un frente de corrimientos, bordeando un frente de corrimientos, mientras que al sur tendría una fuente de interior de cratón; algo análogo ocurriría con los equivalentes de las formaciones La Pascua y Roblecito, los cuales han sido llamados "Formación Merecure" en el subsuelo del flanco sur de la sub-cuenca de Maturín, donde, siguiendo el principio de diacronismo, se le asignó una edad más joven (Mioceno).

En la figura 2.6 se resume la correlación entre las unidades del Cretácico y Cuaternario del Oriente de Venezuela con las del Occidente.

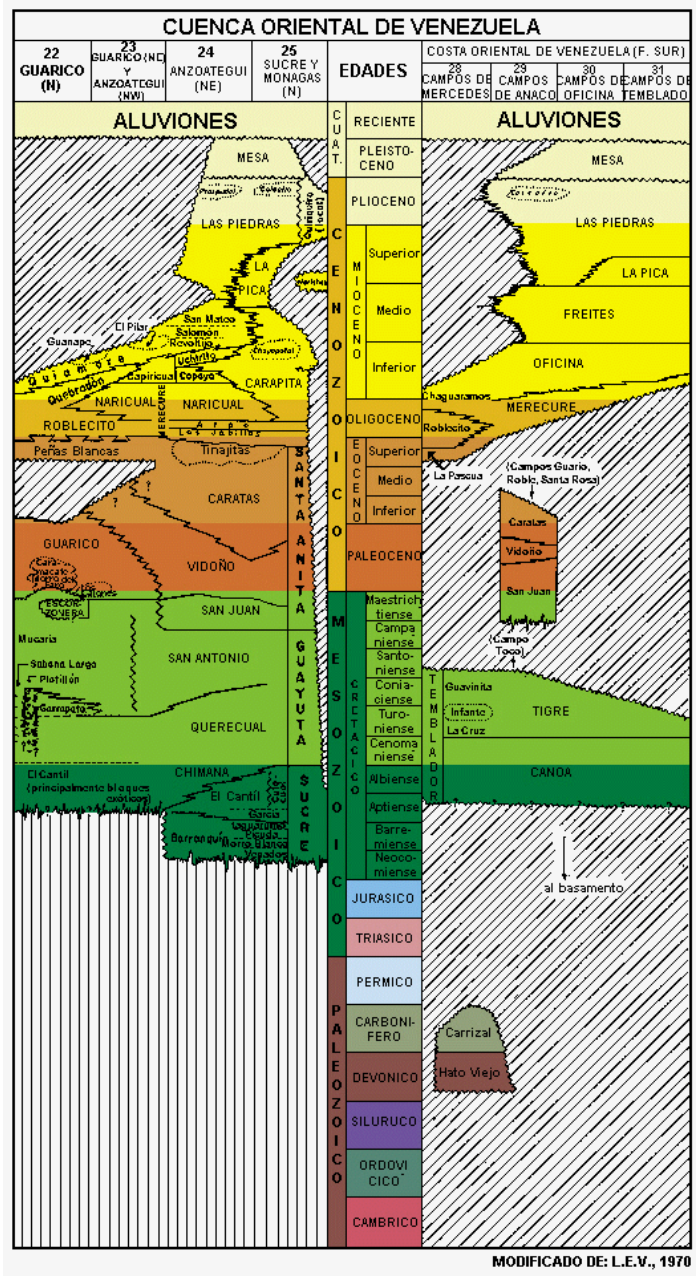


Figura 2.6. Cuadro de correlación para las principales unidades formales entre el Cretácico y el Cuaternario de la Cuenca Oriental de Venezuela. (Tomado de CIEN 2001).

2.2. GEOLOGÍA LOCAL

2.2.1. FORMACIÓN QUERECUAL (SECCIÓN RÍO DE ORO)

La sección levantada en campo, y que corresponde a la Formación Querecual, se encuentra ubicada en el Río de Oro, aproximadamente a 50 Km al noreste de Mundo Nuevo y al sur del pueblo de Buenos Aires (Figuras 1.1 y 1.3), estado Monagas. Los detalles de acceso al área se describen en el capítulo de introducción del presente trabajo.

2.2.1.1. Características litológicas

La Formación en esta localidad presenta una secuencia monótona de calizas y calizas arcillosas laminadas intercaladas con lutitas carbonáticas (Figura 2.7). El color predominante es el negro en superficie fresca y gris oscuro a negro en superficie meteorizada, también se observan algunas lutitas con colores pardos hacia la base de la secuencia (Apéndice I.1.1). Tanto las lutitas como las calizas presentan un olor fétido en fracturas frescas y al contacto con el ácido, además de un alto contenido carbonáceo.

Figura 2.7. Laminaciones dentro de una capa de caliza en Río de Oro (Afloramiento DO-18)

Las lutitas son las más abundantes de la secuencia (44%), y les siguen en abundancia las calizas (36%) y calizas arcillosas (29%).

Es común observar nódulos y concreciones en los distintos tipos litológicos de toda la secuencia, y su abundancia se hace más notoria hacia la base de la misma. Estas estructuras sedimentarias por lo general son de composición carbonática, silícea y ferruginosa (en orden de abundancia) (Figura 2.9). Sus formas son elipsoidales, aunque se pueden observar escasas formas casi esféricas (Figura 2.8). El eje mayor de la elipse descrita por estas estructuras es paralelo a la laminación. En las calizas son frecuentes las vetillas rellenas de carbonato, y en menor proporción, de cuarzo. Estas vetillas son oblicuas y a veces perpendiculares a los planos de laminación, reflejando un origen posterior al proceso diagenético que afectó a esta litología.

Figura 2.8. Concreción dentro de una capa de caliza (Afloramiento DO-25)

La sección en Río de Oro mide unos 256 m (108 m observados, descartando los cubiertos). El contacto inferior de la unidad no se determinó, debido a que no afloran otras unidades

infrayacentes. La sección aflora en el núcleo del anticlinal de Mundo Nuevo, y está mejor expuesta en el flanco norte del mismo. El contacto superior con la Formación San Antonio es transicional, y en este trabajo se ubicó el límite justo en la base de la primera capa de arenisca.

Figura 2.9. Moldes de nódulos de composición ferruginosa en Río de Oro. (Afloramiento DO-14)

Debido a que no se encontraba en los objetivos del trabajo la realización de estudios petrográficos, no se determinó la presencia de microfósiles. Por otro lado, en la observación visual y con lupa, tampoco se visualizó la presencia de macrofósiles.

2.2.1.2. Características Estructurales

Como se mencionó anteriormente, la sección perteneciente a la Formación Querecual aflora justo en el núcleo del anticlinal de Mundo Nuevo (Figura 2.10), y más aún en su flanco norte. Esto da como resultado una orientación preferencial de las capas de rumbo N74ºE y un buzamiento que de sur a norte varía de 26º N a 44º N.

CISNEROS & LÓPEZ (1986) describen al anticlinal de Mundo Nuevo como una estructura erosionada que forma un relieve inverso, mostrando un amplio valle con pequeñas lomas.

Figura 2.10. Flanco norte del Anticlinal de Mundo Nuevo (Orientación: N 5º E a E-W).

Esta estructura de carácter regional presenta una orientación de N80º E, y buzamientos de 20º a 30º en el flanco norte.

Justo en el intervalo de espesor (137-152 m) de la secuencia (Apéndice I.1.1) se observó un cambio brusco de buzamiento de las capas. La tendencia general del buzamiento de las mismas es hacia el norte, pero en este punto esta tendencia cambia hacia el sur. En el mismo punto, y marcando el comienzo de este cambio se observa una falla inversa de orientación N69ºW85ºS, que corta sedimentos clásticos (arenas y lutitas) de edad posterior a la de la sección (Figura 2.11). Este comportamiento anómalo en la secuencia sigue por unos 15 m, al final de los cuales se vuelve a adoptar el buzamiento hacia el norte. Estos cambios pueden ser interpretados como dos pequeños pliegues ubicados dentro del flanco de una macroestructura (Anticlinal de Mundo Nuevo), donde el comportamiento frágil-dúctil de la secuencia generó esta pequeña falla de carácter exclusivamente local como respuesta al dominio compresivo de la región.

En este intervalo las estructuras antes mencionadas repiten parte de la secuencia, y dicho intervalo corresponde con la secuencia de muestreo DO-51* a la DO-59* (Figura 2.12). Sin embargo, se decidió no descartar el análisis de dichas muestras debido a que pocos metros por debajo del afloramiento DO-50 existe un cubierto (Apéndice I.1.1), que esconde información referente a la sección y que a su vez corresponde con parte del intervalo de muestreo anteriormente mencionado. Otro factor es que en el intervalo se observa un aumento notorio en la cantidad de vetillas de carbonato y una disminución en el número de nódulos con respecto al resto de la secuencia.

En la figura 2.13 se muestra el mapa geológico de la sección, junto con el corte geológico correspondiente.

Figura 2.11. Falla inversa que marca el comienzo del intervalo de muestreo DO-51* - DO-59*. En este punto las capas empiezan a buzar hacia el sur. Este cambio es interpretado como un pliegue sinclinal de carácter local (Orientación: N 81º W).

Figura 2.12. Fin del intervalo de muestreo DO-51* - DO-59*. La capa de la derecha buza hacia el sur, mientras que la de la izquierda lo hace hacia el norte, como reflejo de un pliegue anticlinal de carácter exclusivamente local. Nótese el cambio en la cantidad de vetillas y nódulos (Orientación: N 60º E).

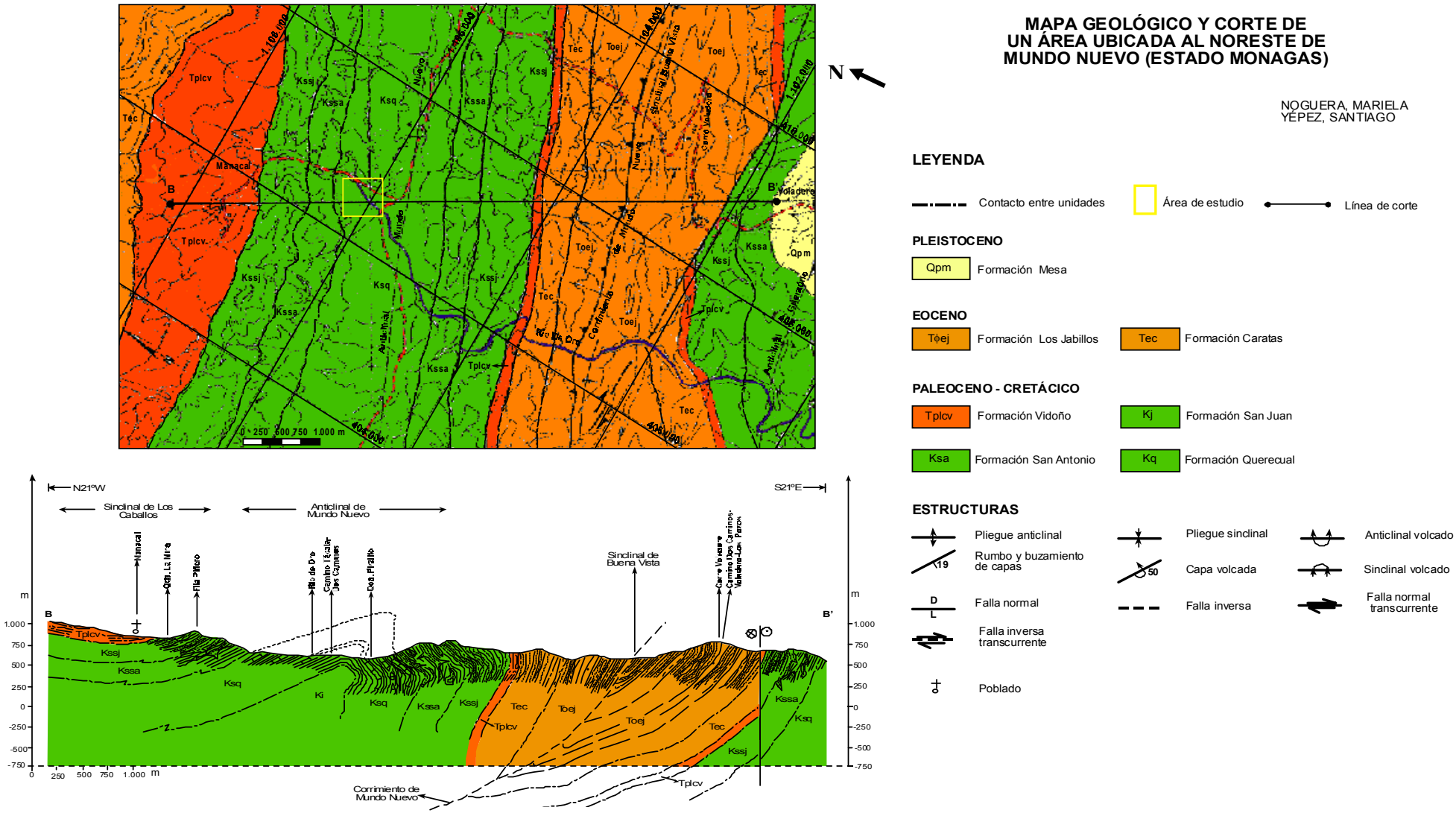


Figura 2.13. Mapa y corte geológicos del área que comprende a la sección Río de Oro (Formación Querecual). Modificado del mapa y corte geológico de CORPOVEN – AGUASUELOS (1991).

2.2.2. FORMACIÓN NARICUAL (SECCIÓN RÍO ORÉGANO)

La sección correspondiente a la Formación Naricual se localiza en el río Orégano, 14 km al noreste de Santa Inés (Figuras 1.1 y 1.3), estado Anzoátegui. Al igual que con la sección de la Formación Querecual, los detalles acerca del acceso y ubicación de la sección se explican en el primer capítulo de este trabajo.

2.2.2.1. Características litológicas

La Formación Naricual, en sus afloramientos del río Orégano, está constituida principalmente por areniscas y secuencias de areniscas intercaladas con lutitas y limolitas, además de numerosas capas de carbón (Figura 2.14).

Figura 2.14. Vista general del afloramiento de la Formación Naricual en el río Orégano, en el intervalo de muestreo OR-139 a 141 (Orientación: S 50º W).

Las areniscas son generalmente de color gris claro a rosado, y meteorizan a colores rojizos; presentan grano fino a medio, aunque pueden encontrarse intervalos de mayor granulometría

en la parte central de la sección (Apéndice I.2.1). El escogimiento varía de bueno a medio, y su composición mineralógica (a nivel de muestra de mano) es principalmente cuarzo y muscovita, aunque son frecuentes los fragmentos de carbón y la presencia de niveles de materia orgánica. No hay información a nivel petrográfico de la sección completa, por no ser éste un objetivo de este trabajo, sin embargo, existen muy buenos trabajos como el de SOCAS (1991), donde se muestra la sedimentología detallada de la sección en su localidad tipo.

Las lutitas y limolitas están comúnmente intercaladas con capas de areniscas, y a veces muestran pequeños niveles arenosos (Figura 2.15). Los colores de las lutitas varían de marrón a rojizo, mientras que los de las limolitas varían en varios tonos de marrón. Se pueden observar en algunas muestras de lutita la presencia de jarosita, yeso y escasa muscovita.

Figura 2.15. Intercalaciones de areniscas y lutitas en el afloramiento OR-200 (Orientación: S 40º E).

El carbón (Figura 2.16) se presenta en 11 capas cuyo espesor oscila entre 15 cm y 60 cm, con un promedio de 30 cm. Estas capas se localizan en la parte central de la sección y son encontradas sin ninguna asociación particular a cualquiera de los tipos litológicos presentes. A través de la columna estratigráfica levantada por VIVAS & ALARCÓN (2001) en esta sección, se determinó un intervalo carbonoso ubicado entre los 1.257 y 1.490 m de espesor acumulado,

donde se presentan siete de las once capas más espesas de carbón. El mayor espesor de lignito determinado en este intervalo (y en toda la sección) es de 60 cm.

Figura 2.16. Capa de carbón ubicada entre dos capas potentes de arenisca en el río Orégano. Afloramiento OR-142 (Orientación: E-W).

Como estructuras sedimentarias son frecuentes los calcos de bioturbaciones en capas de areniscas, algunas de ellas clasificadas como *Thalassinoides* (Figura 2.17) y *Ophiomorpha*, además de otras sin diferenciar. Como estructuras de tipo depositacional se encuentran laminaciones y estratificaciones, presentes en toda la variedad litológica y de los tipos paralela, cruzada y gradada (inversa o normal). Se observan también rizaduras en los topes de capas de arenisca y canales de arena (Figura 2.18). Hacia el tope de la sección se observaron ocasionales capas de arenisca con concreciones e intraclastos de óxido de hierro (Figura 2.19).

Figura 2.17. Calco de un ejemplar de *Thalassinoides* en la base de una capa de arenisca (Afloramiento OR-144).

La Formación Naricual que aflora en río Orégano tiene un espesor aproximado de 1.965 m (1.004,5 m sin cubiertos). Los contactos de la unidad con las formaciones Areo (infrayacente) y Capaya (suprayacente) son de falla, debido al corrimiento de Mundo Nuevo en el contacto inferior, y a una falla normal en el contacto superior.

Figura 2.18. Cuerpo de arena dispuesto de forma discordante con respecto a las otras capas adyacentes en el río Orégano. Intervalo de muestreo OR-242 a OR-245 (Orientación: N 25º E).

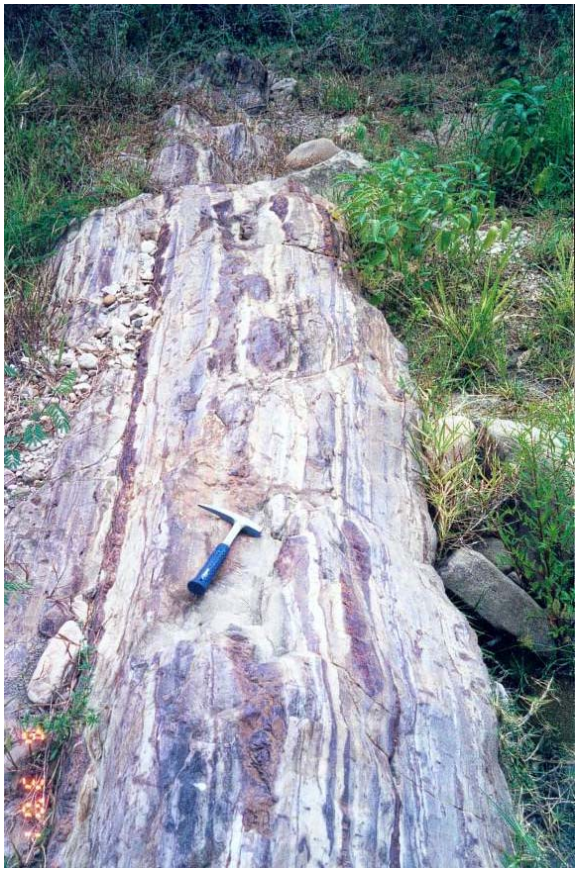


Figura 2.19. Niveles ferruginosos dentro de una capa de arenisca en el afloramiento OR-233 de río Orégano (Orientación: N 65 – 70º E)

En análisis de micropaleontología realizados por Max Furrer en lutitas extraídas de los extremos de la formación, no se registró contenido de foraminíferos en las mismas. Sin embargo, en estudios petrográficos realizados por este especialista y los suscritos sobre estos sedimentos, las muestras presentan abundantes fragmentos de rocas sedimentarias (areniscas arcósicas y carbón), granos de cuarzo y escasos restos leñosos. Algunos fragmentos de roca mostraron estriaciones y superficies pulidas, con recristalizaciones de sílice, reflejados por la ubicación cercana de las lutitas a los contactos de falla de la formación.

2.2.2.2. Características Estructurales

El área donde se encuentra la sección corresponde con la Deflexión de Barcelona (según VIVAS *et al*., 1985). La sección está cortada por tres fallas (Figura 2.20).

- La más septentrional, y que determina el contacto basal de la Formación Naricual con la Formación Areo, correspondiente con el corrimiento de Mundo Nuevo.
- Una central y de carácter normal transcurrente, conocida como la falla de Urica.
- Otra más meridional, que determina el contacto superior de la Formación Naricual con la Formación Capaya, de carácter normal y cuyo rumbo es casi paralelo al de la falla de Urica.

En la zona se observan las siguientes características que reflejan el efecto que trajo consigo el movimiento de la falla de Urica (Tomado de VIVAS *et al*., 1985):

- Pliegues cónicos, como el que se observa en el río Orégano y que afectan la sedimentación original de la Formación Naricual en su nivel volcado. Este pliegue presenta un eje con orientación N 60º E y un declive de 45º NE, constituye además una estructura parásita asociada a una falla transcurrente mayor (falla de Urica).
- Rasgos geomorfológicos como la orientación del río Orégano a lo largo de las trazas de las fallas.

En la sección las capas son subverticales e incluso alcanzan el volcamiento. Es raro encontrar capas en posición normal. El rumbo de estas capas es muy variable, y los buzamientos tienden hacia el norte y hacia el sur en capas no volcadas.

En la figura 2.21 se presenta un mapa geológico del área de Boquerón y sus zonas adyacentes y el respectivo corte geológico de orientación N15ºW del río Orégano.

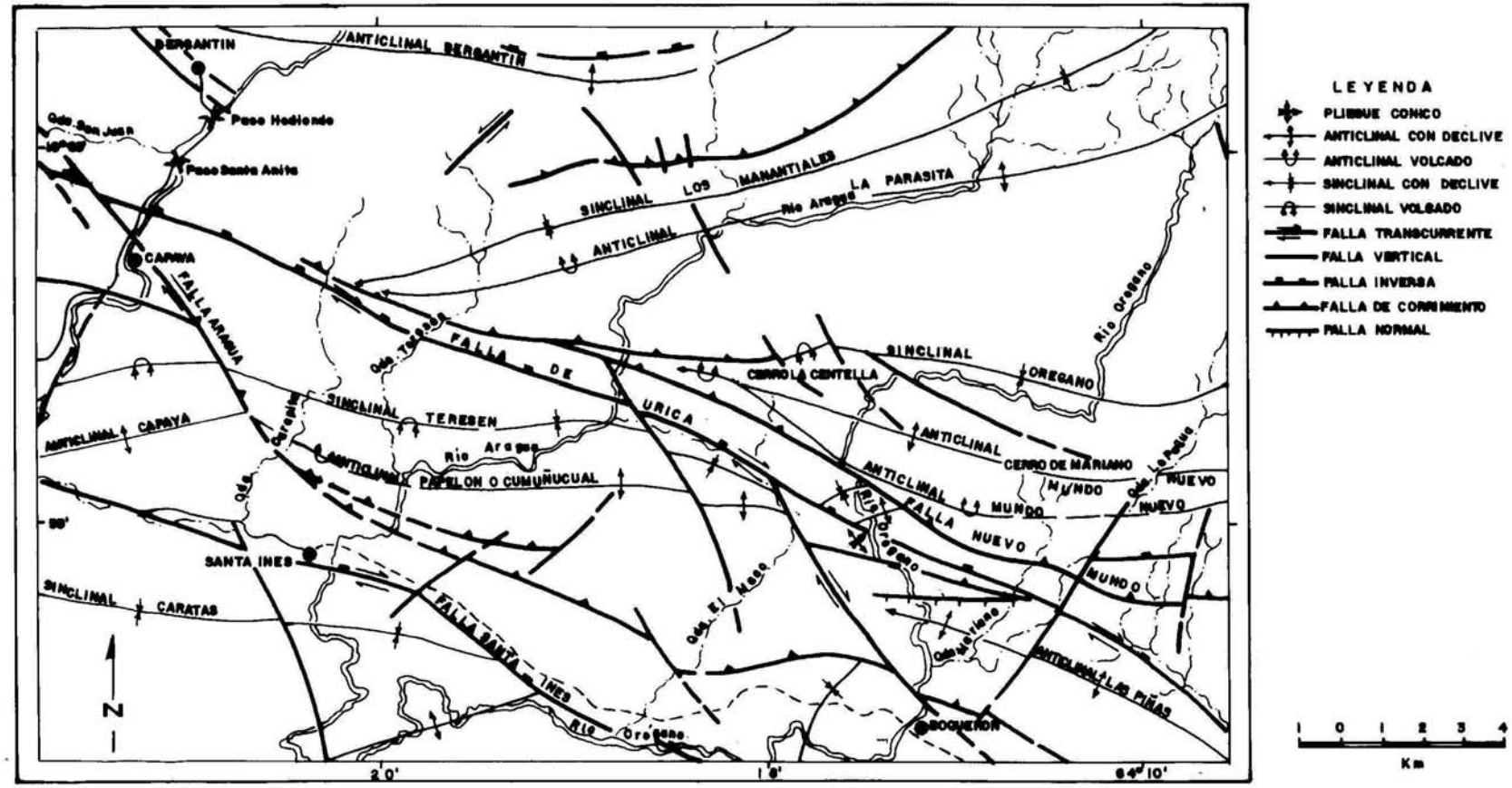


Figura 2.20. Mapa tectónico de la región de Bergantín-Santa Inés (Modificado de VIVAS *et al*. 1985). Dib. Marina Peña.

NOTA: El nombre Falla Nuevo Mundo está errado, se sustituye por el de Falla de Mundo Nuevo.

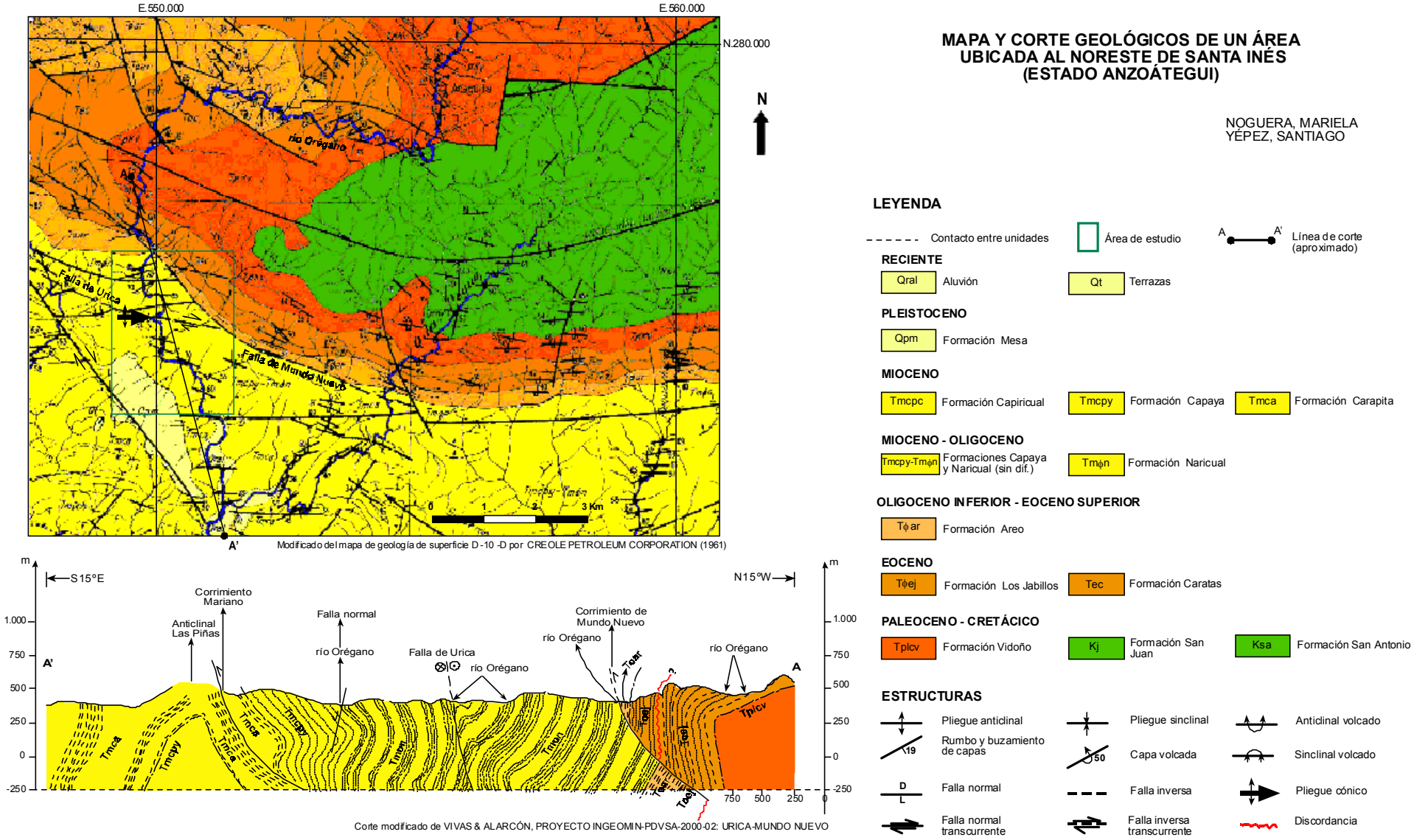


Figura 2.21. Mapa y corte geológicos del área que comprende a la sección río Orégano.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ESPECTROMETRÍA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X POR DISPERSIÓN DE ENERGÍA (FRX-DE)

El método se basa en irradiar la muestra con rayos x o γ, la cual produce la excitación de los elementos presentes en ella, de manera que estos emiten radiación x característica. La radiación característica se identifica separándola según su longitud de onda a través de cristales analizadores por detectores (de dispersión de energía). Para cuantificar los elementos químicos presentes se hace mediante la comparación de la intensidad de su radiación con estándares de composición similar. Los límites de detección varían según la matriz (adaptado de SKOOG *et al*. 1992).

Propósito:

- Identificación de elementos químicos presentes en una muestra
- Cuantificación de elementos según los patrones disponibles
- Apoyo a la identificación de fases por difracción de rayos-x
- Apoyo a estudios petrogenéticos

3.1.1. FRX-DE CON FUENTE DE TUBO DE Rh

El equipo de espectrometría marca Phillips Minipal PW4025, es el instrumento utilizado para la determinación de componentes mayoritarios con número atómico menor al Fe. En esta investigación no se hará énfasis en la explicación de los métodos analíticos referentes a la fluorescencia de rayos x mediante la utilización de este equipo, ya que ha sido tratado a fondo en trabajos anteriores del Proyecto Agenda Petróleo, ya referido en capítulos anteriores (RODRÍGUEZ *et al*. 2000, CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000, GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001). Sin embargo, las características elementales de este instrumento, así como la metodología básica para el análisis se presenta en capítulos subsecuentes.

3.1.2. FRX-DE CON FUENTE RADIOACTIVA DE ^{109}Cd

El espectrómetro de fluorescencia de rayos x por energía dispersiva Niton XL-722S es un equipo portátil con el cual es posible determinar la concentración de elementos con pesos atómicos mayores al Fe. En el Niton, los fotones de energía que causan la fluorescencia de los elementos presentes son producto de la radiación gamma de dos fuentes radioactivas el ^{109}Cd y ^{241}Am que según el tipo de muestras permiten determinar las concentraciones de los elementos Fe, Co, Cr, Zr, Zn, Ni, Rb, Sr, Cu, Pb, As, Se, Hg, Mo, Mn, Ba, Ag, La, Te, Cd, Sn, Sb, y Pd (Figura 3.1). La elección de la fuente radioactiva depende del elemento que se esta tratando de medir (Tabla 3.1). NITON CORPORATION (2002).

Tabla 3.1. Elementos detectados por el equipo Niton de acuerdo a la fuente radioactiva seleccionada. (Tomado de NITON CORPORATION 2002).

Elementos	Fuente requerida
Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Pb, Hg, Rb, Zr, Mo, Sr, Nb, Bi, W, Hf, Ta.	^{109}Cd
Cd, Ba, Ag, Sn, Sb, Pd y otros	^{241}Am

Las aplicaciones de dicho equipo tienen un campo muy amplio permitiendo de esta manera realizar análisis en suelos, rocas y cualquier otro tipo de formas físicas tanto en campo como en laboratorio (CAMPOSANO 2002).

Los espectros obtenidos por este método son un ejemplo del *análisis cualitativo,* donde los elementos en una muestra han sido detectados mediante el reconocimiento de los rangos de energía emitidos. La conversión de las intensidades mostradas por cada elemento, a alguna medida de concentración, es la base de los *análisis cuantitativos* para los que son necesarios la calibración o comparación de las intensidades de las muestras a ser analizadas, con intensidades de muestras patrones o estándar, siendo necesario que ambos tipos muestren composición química y física similar (MARTÍNEZ & CAMPOSANO 2000).

Figura 3.1. Instrumento Niton XL-500 desplegando información de concentraciones de elementos traza de una muestra (Tomado y modificado de SACKETT & MARTÍN 1998).

El Niton XL-722S tiene la capacidad de realizar mediciones de manera simultánea y determinar los valores cuantitativos de las concentraciones gracias a un sistema de autocalibración, particular para cada uno de los elementos que este puede detectar, por lo que no es necesario elaborar reiteradamente curvas de calibración basadas en patrones estándar para poder adquirir los datos. Adicionalmente, dichas calibraciones cuentan con procedimientos estadísticos que corrigen de manera automática los efectos producidos por las diferencias de matriz (CAMPOSANO 2002).

Efectos de la matriz

Los rayos x producidos en un proceso de fluorescencia se generan no solamente en los átomos de la superficie sino también en aquellos que se encuentran debajo de la superficie. Así, una parte del haz incidente y del haz fluorescente resultante atraviesan un espesor significativo de la muestra, en el que puede tener lugar la absorción y dispersión. El grado de atenuación de ambos haces depende del coeficiente de absorción másico del medio, el cual a su vez se determina a partir de coeficientes de todos los elementos de la muestra. Por tanto, aunque la intensidad neta de una línea que llega al detector en una medida de fluorescencia de rayos x depende de la concentración del elemento que produce la línea, también está afectada por la concentración y por los coeficientes de absorción másicos de los elementos de

la matriz provocando que los resultados calculados sean más altos o más bajos (SKOOG *et al*. 2001).

Calidad de los resultados

CAMPOSANO (2002) recoge algunos de los aspectos a tomar en cuenta para garantizar la calidad de las mediciones son los siguientes:

- Variaciones en las características físicas de las muestras, las cuales pueden incluir parámetros como tamaño de las partículas, uniformidad y homogeneidad de la muestra y condiciones de la superficie. Esto puede resolverse al pulverizar las muestras uniformizando de esta manera el tamaño de las partículas y la homogeneidad de la muestra.

- El contenido de humedad en las muestras puede afectar la exactitud de las mediciones. La humedad puede ser una gran fuente de error cuando la muestra está saturada con agua, esto puede ser minimizado mediante el secado de las muestras usando una plancha tostadora o manteniéndolas en exposición al sol por un largo período. El contenido de agua no deberá ser más de 2 a 3% la masa de la muestra.

- Los cambios de la temperatura ambiental puede afectar la ganancia o la amplificación produciendo deriva en el instrumento. Estas son funciones electrónicas primarias del equipo (amplificación o preamplificación) y no del detector, además el detector del instrumento es constantemente enfriado a temperatura constante. De tal manera que los cambios de temperatura son constantemente compensados.

- La incorrecta ubicación o disposición de la muestra enfrente (o debajo) de la ventana del espectrómetro. Esto se corrige manteniendo la misma distancia entre la ventana del espectrómetro y cada una de las muestras.

- Efectos producidos por la matriz resultantes de las diferencias en las concentraciones por interferencia de los elementos. Puede ocurrir un solapamiento espectral de líneas de rayos

x de distintos elementos por estar cercanas a niveles de energía (keV) que pueden causar interferencia.

Una manera de corregir estos efectos se realiza mediante el uso de calibraciones adicionales con muestras representativas del sitio de muestreo, analizando estas previamente por algún método de plasma de acoplamiento inducido (ICP) o absorción atómica (AA) y posteriormente comparando los resultados obtenidos con ambos métodos en un diagrama de regresión.

3.2. GEOESTADÍSTICA

Estudia las variables distribuidas espacialmente, partiendo de una muestra representativa del fenómeno en estudio, utilizando como elemento fundamental el análisis de la distribución espacial de información disponible, proponiendo minimizar la varianza del error de estimación, obteniéndose el mejor estimador lineal insesgado (Adaptado de PEINADO 2001).

La geoestadística es una rama de la matemática aplicada por los profesionales de las ciencias de la tierra para el modelado de distribuciones espaciales (2D y 3D) de variables regionalizadas. Estas variables tienen propiedades intermedias entre lo puramente aleatorio y lo absolutamente determinista y por lo consiguiente están caracterizadas por la presencia de incertidumbre (PEINADO 2001).

3.2.1. MÉTODOS ESTADÍSTICOS UNIVARIANTES Y MULTIVARIANTES

En esta investigación solo se tratarán algunos tópicos de los métodos estadísticos univariantes y multivariantes, sin embargo si se desea obtener un conocimiento en profundo de este tema, se puede recurrir a los trabajos anteriores de este proyecto.

En la estadística descriptiva existen dos tipos de medidas que son de interés para cualquier conjunto de datos, la ubicación de su centro y su variabilidad (Tabla 3.2).

Análisis Exploratorio de los datos

Lo que conlleva a explorar los datos de las muestras esencialmente se traduce en la presentación, ilustración y cuantificación de las características esenciales presentes en los datos de las muestras, su tendencia central, su dispersión, su correlación interna y en el caso particular del análisis geoestadístico su distribución espacial. Esta información puede ser representada en una gran variedad de formas:

Tabla 3.2. Medidas utilizadas en estadística descriptiva para conjuntos de datos.

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Muestra la disposición de un conjunto de datos a agruparse ya sea alrededor de un centro o de ciertos valores numéricos.	**MEDIDAS DE VARIABILIDAD** Muestra la dispersión de los datos en un conjunto de observaciones.
Media $\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} xi / n$	**Varianza** $S^2 = \sum_{i=1}^{n} (xi - \bar{x})^2 / (n-1)$
Mediana Es el valor de la variable tal que el número de observaciones menores que él es igual al número de observaciones mayores que él . Si el número de datos es par , se puede tomar la media aritmética de los dos valores centrales .	**Desviación estándar** $S = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (xi - \bar{x})^2 / (n-1)}$ A menudo se prefiere la desviación estándar en relación con la varianza, porque se expresa en las unidades físicas de las observaciones.
Moda Es el valor de la variable que presenta mayor frecuencia absoluta. Puede haber más de una.	**Covarianza** Es la media aritmética de las desviaciones de cada una de las variables respecto a sus medias respectivas. $Sxy = \frac{\sum fi(xi - \bar{x})(yi - \bar{y})}{N} = \frac{\sum fixiyi}{N} - \bar{x} * \bar{y}$

3.2.1.1. Diagramas de cajas

Son representaciones gráficas que permiten presentar los datos contenidos en los cuartiles de una manera resumida. Estos diagramas de caja son eficaces en la descripción de comparaciones entre conjuntos de observaciones (Figura 3.2). Son fáciles de entender y ejercen un poderoso impacto visual. La mitad central de los datos, que va del primero al tercer cuartiles, se representa con un rectángulo. La mediana se identifica con una barra dentro de esta caja. Una línea se extiende del tercer cuartil al máximo y otra del primer cuartil al mínimo. (En el caso de grandes conjuntos de datos, las líneas quizá sólo se extiendan hasta los 95vo. Y 5to. percentiles).

Estos diagramas son empleados para examinar la distribución de una variable. Desde el fondo de la caja surgen líneas (bigotes) que van hasta los valores más extremos que no se consideren valores atípicos (outliers): los puntos que se encuentran a más de 1,5 veces la amplitud semi-intercuartil desde el final de la caja se designan como atípicos (O); los que se encuentran a más de 3 veces la amplitud semi-intercuartil se designan como extremos (E o *) (JOHNSON 1994).

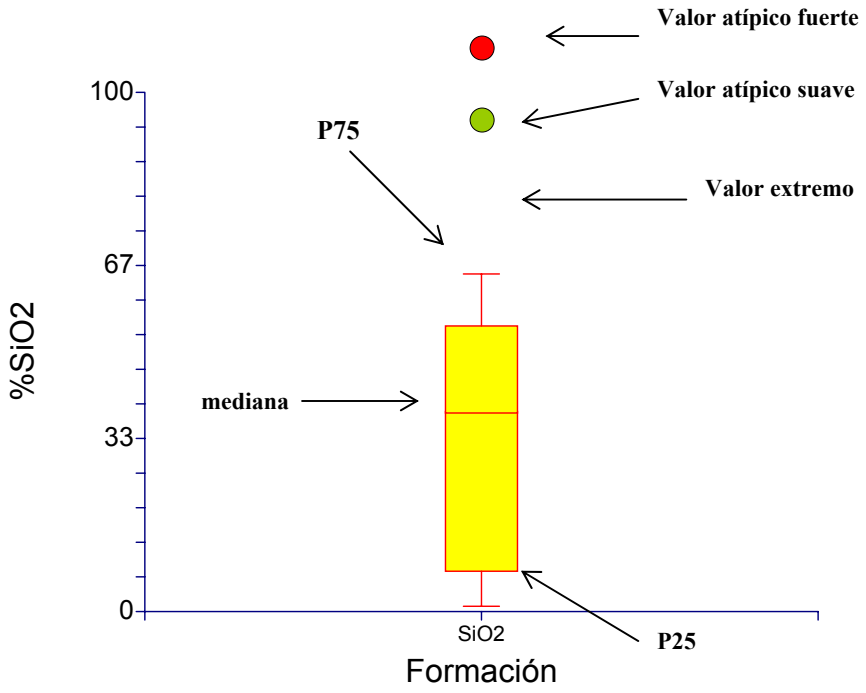


Figura. 3.2. Diagrama de caja (box plot) elaborado mediante el programa estadístico NCSS 2000.

El valor atípico (outlier) es la observación que, en un diagrama de cajas (box plot), se encuentra a una distancia de 1,5 a 3 amplitudes de caja del lado correspondiente de la misma. (La amplitud de la caja es la amplitud intercuartil). Cada valor atípico se representa en dicho diagrama por un círculo. En casos cuyos valores están muy alejados de los del resto, se debe comprobar si los casos de valores extremos se deben a errores de medida, grabación o introducción (JOHNSON 1994).

3.2.1.2. Histogramas y polígonos de frecuencia

Un histograma o histograma de frecuencias, se refiere a un conjunto de rectángulos adyacentes con: (a) bases en el eje X horizontal, centros en las marcas de clase y longitudinales iguales a los tamaños de los intervalos de clase y (b) áreas proporcionales a las frecuencias de clase. Es un gráfico en forma de barras de una variable continua que se ha discretizado en intervalos, de forma que la altura de las barras en cada intervalo indica la frecuencia relativa en éste (Figura 3.3).

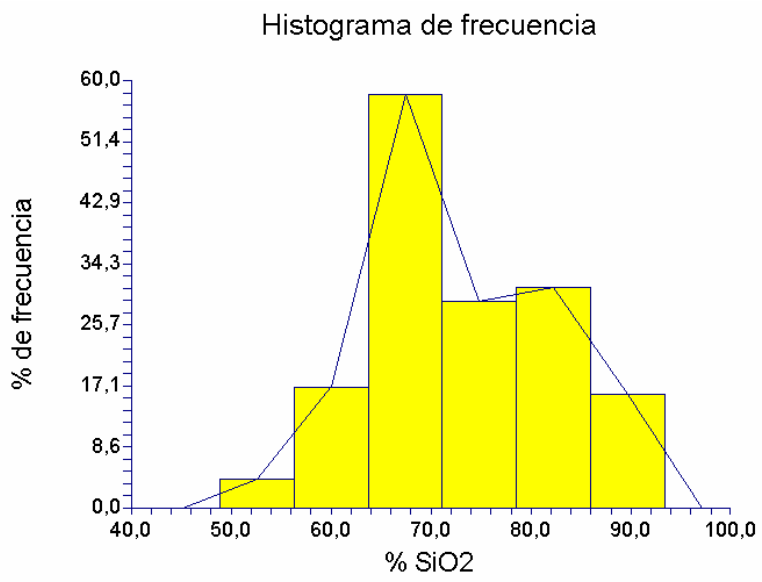


Figura 3.3. Histograma de frecuencias y polígono de frecuencia (elaborado mediante el programa estadístico NCSS 2000).

Es comúnmente empleado como herramienta para familiarizarse con un conjunto de datos. Su utilidad radica en que resalta y aclara patrones o tendencias o puntos anómalos así como también sirve como control de calidad.

Un polígono de frecuencia es un gráfico donde la frecuencia de clase se traza con relación a la marca de clase. Puede obtenerse conectando los puntos medios de las partes superiores de los rectángulos del histograma (se puede añadir las clases con cero frecuencias a ambos extremos de la distribución) (SPIEGEL 1991).

Tipos de curvas de frecuencia

Las curvas de frecuencia que aparecen, en la práctica adoptan ciertas formas características como se observa en la Figura 3.4.

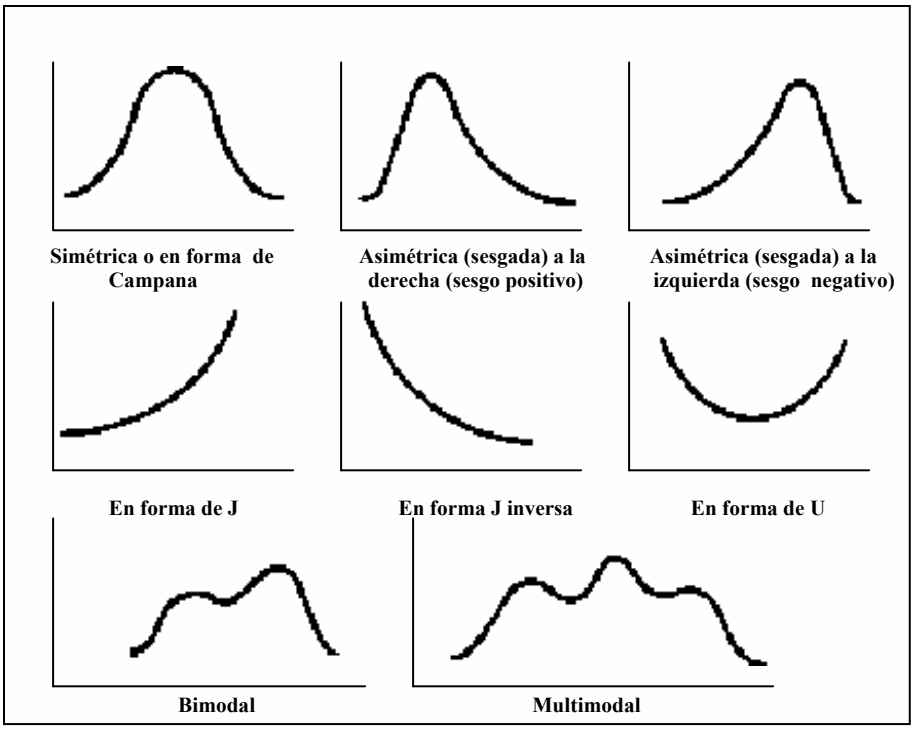


Figura 3.4. Formas características de las curvas de frecuencia (Tomado de SPIEGEL 1991).

- Las curvas de frecuencias simétricas o en forma de campana, se caracterizan porque las observaciones equidistantes del máximo central tienen la misma frecuencia. Ejemplo importante es la curva normal.

- En las curvas de frecuencia poco asimétricas o sesgadas, la cola de la curva a un lado del máximo central es más larga que al otro lado. Si la cola mayor está a la derecha, la curva se dice asimétrica a la derecha o asimetría positiva. En caso, se habla de asimetría a la izquierda o de asimetría negativa.

- En una curva en forma de J o de J invertida, hay un máximo en un extremo.

- Una curva de frecuencia en forma de U tiene máximos en ambos extremos.

- Una curva de frecuencia bimodal tiene dos máximos.

- Una curva de frecuencia multimodal tiene más de dos máximos.

3.2.1.3. Diagramas de dispersión

Corresponden a gráficos de dos variables. Los valores en las variables para un caso cualquiera se utilizan como coordenadas del punto que representa al caso (PEINADO 2001).

A partir de un diagrama de dispersión es posible visualizar frecuentemente una curva suave que aproxima los datos. Tal curva se llama curva aproximante. Como ejemplo, en la figura 3.5 los datos parecen aproximarse a una línea recta, y se dice que hay una relación lineal entre las variables.

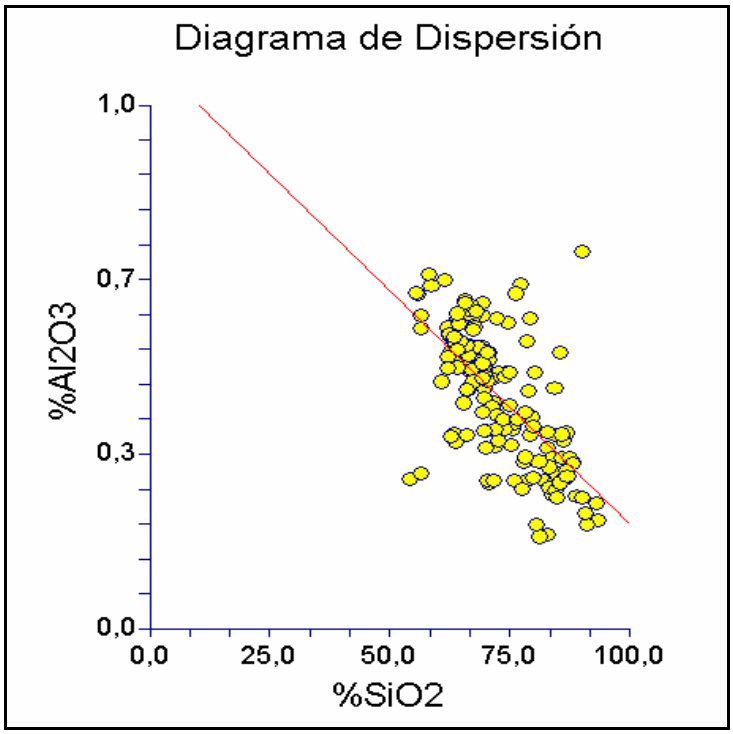


Figura 3.5. Diagrama de dispersión $\%Al_2O_3$ vs. $\%\ SiO_2$. Elaborado mediante el programa estadístico NCSS 2000.

3.2.1.4. Funciones discriminantes

Este es uno de los procedimientos multivariables más ampliamente usado en los análisis geoquímicos ya que permite clasificar muestras de origen desconocido en grupos previamente establecidos, los cuales posteriormente pueden indicar ambientes de sedimentación, roca fuente, unidades litoestratigráficas, etc. Se considerará esto en extensión por dos razones: es una poderosa herramienta estadística, y ésta puede ser vista tanto como un problema univariado relacionado a la regresión múltiple o como un problema relacionado a las pruebas estadísticas. Ésta por tanto provee una conexión o vínculo adicional entre la estadística univariante y multivariante. Para poder definir las funciones discriminantes, es necesario primero, definir el proceso de discriminación, y distinguirlo cuidadosamente del proceso de clasificación relacionado (Adaptado de DAVIS 1973).

El problema es encontrar una combinación lineal de estas variables, las cuales produzcan las máximas diferencias entre estos dos grupos de muestras. Si se puede encontrar una

función que produzca una diferencia significante, ésta puede ser usada para ubicar en uno de los dos grupos originales, nuevas muestras de origen desconocido (DAVIS 1973).

El proceso de clasificación por su parte, consiste en separar las muestras en grupos relativamente homogéneos y siendo distintos de otros grupos, sobre la base de las variables medidas. Existen pues, varias diferencias obvias entre el proceso de clasificación y el proceso de discriminación: la clasificación tiene una base interna, es decir, no depende de un conocimiento previo acerca de las relaciones entre los grupos como en las funciones discriminantes (DAVIS 1973).

Una función discriminante lineal simple transforma un conjunto original de medidas en un solo valor discriminante simple. Este valor o variable transformada, representa la posición de la muestra a lo largo de una línea definida por la función lineal discriminante (DAVIS 1973).

Si se establece que los dos grupos corresponden a los dos grupos de puntos en el espacio multivariable, se puede buscar una orientación a lo largo de la cual los dos conglomerados tengan una gran separación, mientras éstos simultáneamente tienen una menor inflación (DAVIS 1973).

Esto puede ser representado gráficamente para casos en dos dimensiones como es mostrado en la figura 3.6. Una separación adecuada entre los grupos A y B usando ambas variables X_1 y X_2, sin embargo, es posible encontrar una orientación a lo largo de la cual las dos agrupaciones estén más separadas y menos infladas. Las coordenadas de este eje de orientación es lo que constituye las funciones discriminantes (DAVIS 1973).

En conclusión se puede decir que es una combinación lineal de las variables de discriminación que maximiza la distancia (separación) entre grupos. El nº máximo de funciones discriminantes que pueden derivarse es igual al número de grupos menos 1, o al número de variables discriminantes, el que sea menor de ambos. Cuando las variables independientes no están en forma tipificada, sus coeficientes reciben el nombre de

coeficientes de función discriminante no tipificada. También se les llama "variables canónicas" y "funciones canónicas discriminantes no tipificadas".

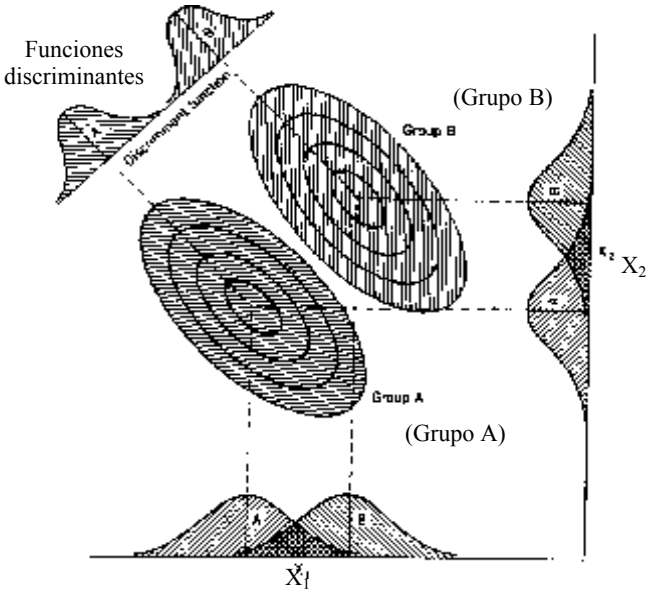


Figura 3.6. Representación gráfica de dos distribuciones bivariantes, mostrando el solapamiento entre los grupos A y B a lo largo de las variables X_1 y X_2. Los grupos pueden ser distinguidos por los miembros de los dos grupos proyectándose sobre la línea de la función discriminante (Tomado de DAVIS 1973).

3.2.1.5. Análisis de agrupaciones

Es el procedimiento estadístico que identifica grupos homogéneos de casos en función de los valores de un conjunto de variables.

En éste trabajo se aplicará el método en el que la distancia entre dos agrupaciones se calcula como la distancia entre sus dos miembros más alejados. También recibe el nombre de método del vecino más alejado. Además se utilizará la distancia euclideana, la cual consiste en la medición del grado de similaridad entre dos muestras dada la distancia que las separa dentro de un sistema de coordenadas rectangular (HARBAUGH *et al*. 1968).

La representación visual del análisis de agrupaciones es el dendrograma que es una solución de grupos jerárquica que muestra las ramificaciones combinadas y los valores de los coeficientes de distancia en cada paso (Figura 3.7) Los casos agrupados se indican mediante líneas verticales conectadas entre sí. El dendrograma no muestra las distancias reales sino que les aplica un cambio de escala para que sus valores estén comprendidos entre 0 y 1. Así se conserva la proporción entre las distancias de un paso a otro. La escala que aparece en la parte superior de la figura corresponde a estas distancias reescaladas. El eje vertical consiste en los objetos o individuos y el eje horizontal consiste en el número de grupos formados en cada paso del procedimiento (adaptado de KAUFMAN & ROUSSEEUW 1990).

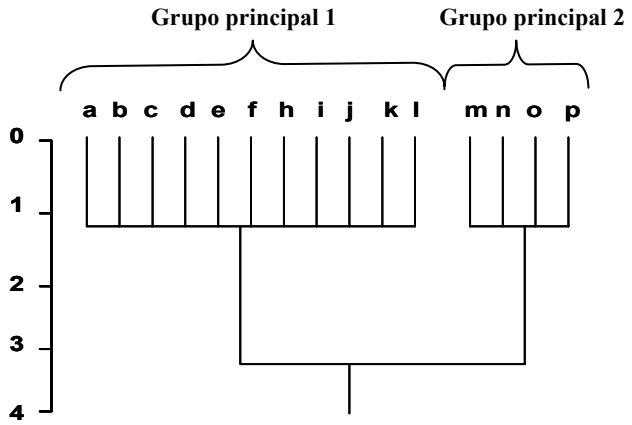


Figura 3.7. Dendrograma que muestra los dos grupos principales (Tomado y modificado de DAVIS 1973).

3.2.2 SERIES SECUENCIALES O PERFILES DE DISTRIBUCIÓN

Son representaciones gráficas de los datos que ayudan a visualizar los valores atípicos. Normalmente, las variables se representan en el eje horizontal y los valores de escala en el eje vertical. Las puntuaciones de objetos (originales o estandarizadas) se representan como puntos del gráfico (Figura 3.8).

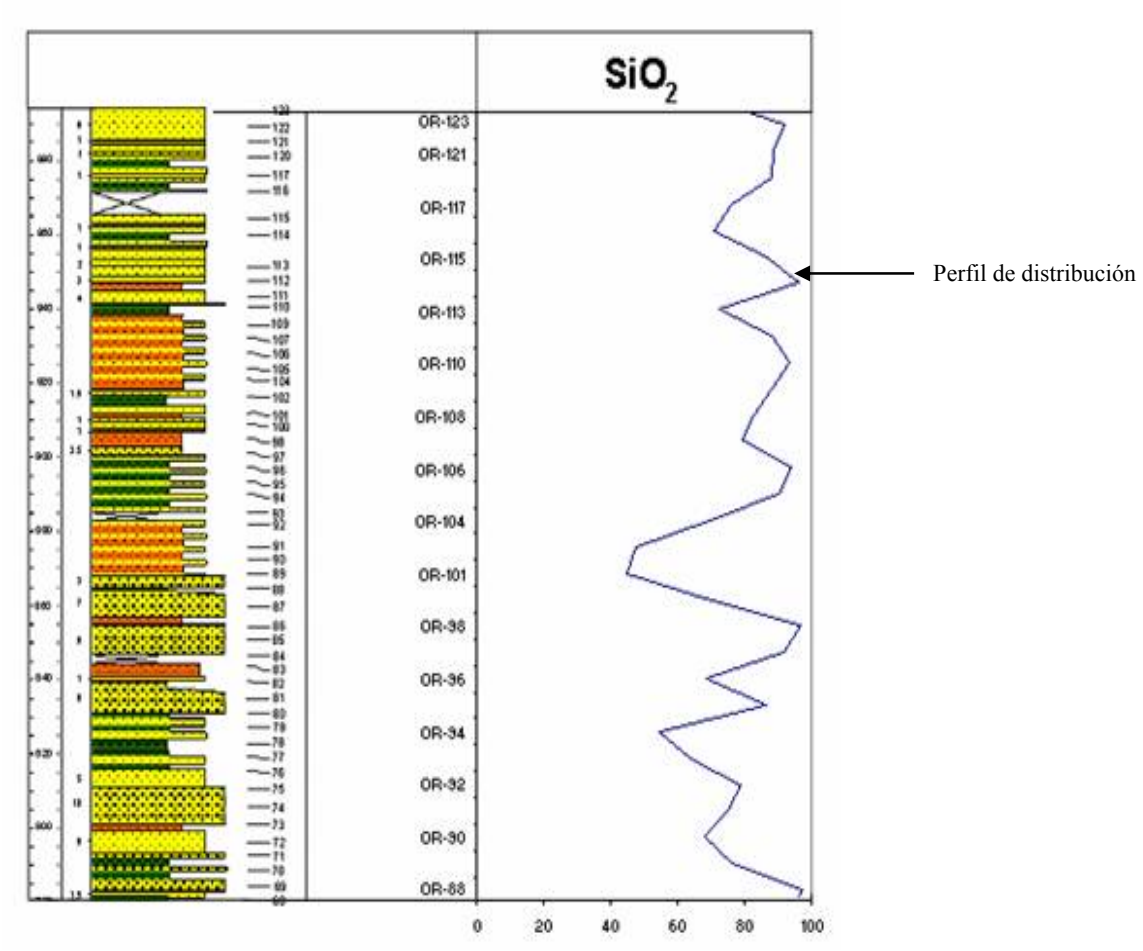


Figura 3.8. Perfil de distribución en donde es posible observar la variación de la concentración de SiO_2 a lo largo de la secuencia estratigráfica perteneciente a la sección río Orégano (Formación Naricual).

Técnicas de estimación de tendencias

Método de los mínimos cuadrados

Este método se puede utilizar para hallar la ecuación de la recta o curva de tendencia adecuada. De todas las curvas que aproximan un conjunto de datos, la que tiene la propiedad de que $D1^2 + D2^2 + ... + Dn^2$ es mínimo se llama curva de ajuste (SPIEGEL 1991).

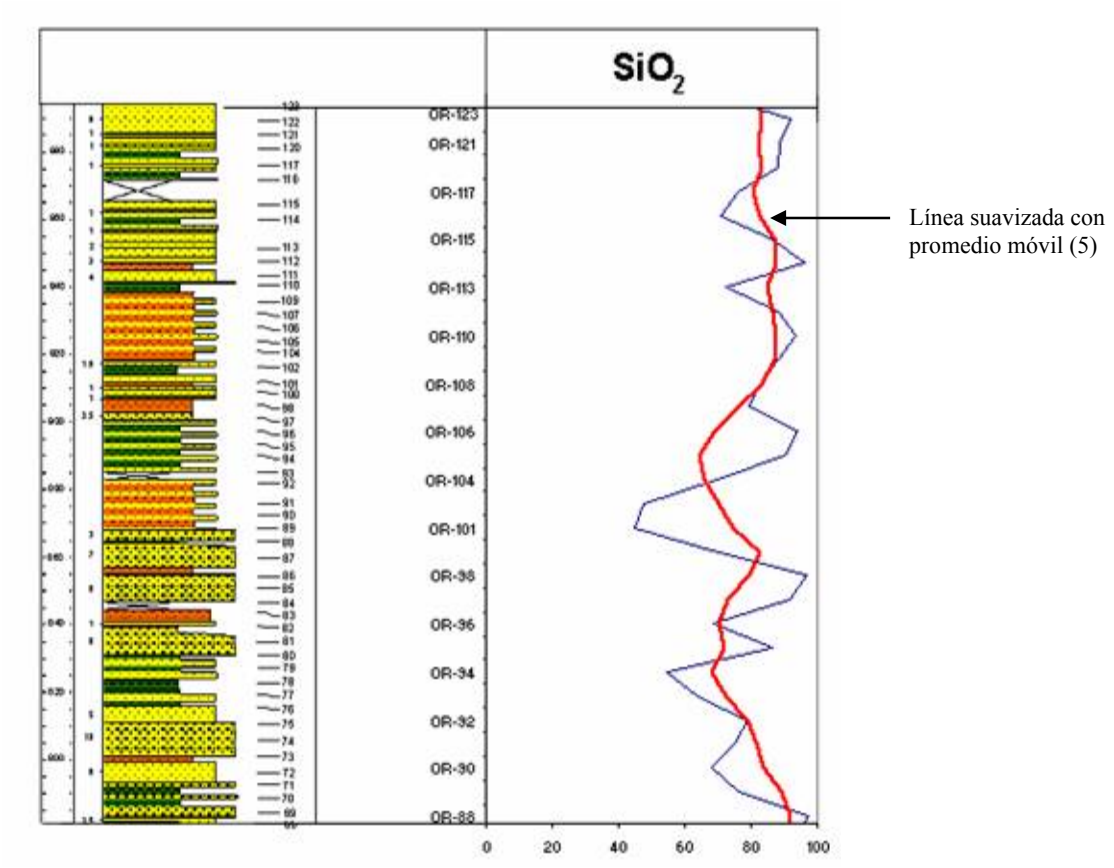


Figura 3.9. Curva suavizada de promedio móvil (5) del perfil de distribución de la figura anterior.

Método del promedio móvil

Usando promedios móviles de ordenes apropiados, es posible eliminar esquemas cíclicos, estaciónales e irregulares, dejando así tan sólo el movimiento de tendencia, es decir, para reducir el ruido o las fluctuaciones en las series (Figura 3.9) (SPIEGEL 1991).

Una desventaja de este método es que los datos al comienzo y al final de una serie se pierden. Otra desventaja es que los promedios móviles pueden generar ciclos u movimientos que no estaban presentes en los datos originales. Una tercera desventaja es que los promedios móviles se ven muy afectados por los valores extremos (SPIEGEL 1991).

3.3. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

La geoquímica trata sobre la distribución y migración de los elementos químicos y sus especies atómicas (isótopos) en el interior y en la superficie de la corteza, en el espacio y tiempo. Cada tipo de roca, desde distintos puntos de vista, se puede considerar como un sistema químico en el cual distintos agentes pueden producir cambios químicos. Estos cambios implican una perturbación del equilibrio, con ulterior formación de un nuevo sistema, el cual, bajo nuevas condiciones, a su vez llega a ser estable.

Unos de los problemas fundamentales en la geoquímica de la sedimentación es la descomposición química de algunos minerales y la formación de otros. El proceso, mediante el cual los minerales silicatados se descomponen químicamente durante la meteorización, ha constituido un amplio tema de trabajo (MASON & MOORE 1958).

Los sedimentólogos tradicionalmente han tenido poco énfasis en el estudio de la composición química de las rocas sedimentarias siliciclásticas, en forma contrastante a los petrólogos quienes estudian rocas ígneas y metamórficas. Esta carencia principalmente es atribuida a la común creencia que la composición química de las rocas siliciclásticas es menos útil que la composición mineral para interpretar la proveniencia y historia depositacional. Además, la composición química presente de estas rocas puede no reflejar exactamente su composición en el tiempo de la depositación porque la cristalización de nuevos minerales durante el soterramiento del sedimento y la diagénesis pueden cambiar la composición química original. En el pasado el alto costo de hacer análisis químicos fue un factor adicional que ayudó a impedir estudios químicos extensivos de rocas sedimentarias.

Muchas nuevas herramientas, tal como la microsonda de electrones y los equipos de fluorescencia de rayos x y de plasma, ahora posibilitan el análisis químico de las rocas en forma rápida y económica. Estas herramientas, así como cambian las actitudes respecto al significado de la composición química, están causando que sedimentólogos desarrollen un profundo interés en la geoquímica de las rocas sedimentarias.

Desde los años 80 los avances en la obtención de datos geoquímicos de manera rápida y económica impulsaron el campo de la geoquímica como herramienta de caracterización y correlación basándose en las variaciones de la composición química a lo largo de las secuencias sedimentarias. Entre los datos químicos que se manipulan en esta investigación se encuentran los elementos mayoritarios y minoritarios, los cuales son elementos determinantes de la composición química de un sistema natural, donde su concentración está por encima de 0,1%. Por otro lado se encuentran los elementos traza los cuales tienen una concentración en el sistema natural < 0,01 % y es importante en el establecimiento de los mecanismos y procesos geoquímicos que han ocurrido y ocurren en dicho sistema, entendiendo de esta manera el origen, útil para la posterior búsqueda de yacimientos metálicos y no metálicos, distribución isotópica para la determinación de edades o como indicadores paleoambientales, en estudios de contaminación ambiental, etc. (LO MÓNACO 2000).

Los datos químicos, tanto la composición química total como la composición de elementos traza de minerales individuales, ha sido aplicado particularmente a los estudios de proveniencia, que son estudios ligados a los materiales sedimentarios de su roca fuente (MORTON *et al.* 1991 y JOHNSSON & BASU 1993, en BOGGS 2001).

Dado que muchos granos en rocas siliciclásticas están derivadas de varios tipos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, la mineralogía y la composición química de rocas siliciclásticas están claramente en función de la composición del tipo de roca fuente. Sin embargo, las rocas sedimentarias despliegan diferencias químicas distintas en cada tipo de roca fuente debido a cambios químicos que ocurren durante la meteorización y diagénesis (Tablas 3.3 y 3.4). Por ejemplo, estas rocas tienden a estar enriquecidas en Si y reducidas en Fe, Mg, Ca, Na y K comparándolas con otros tipos de rocas.

Tabla 3.3. Promedio de la composición química (porcentaje en peso) de algunas areniscas de formaciones de Norte América (Adaptado de BOGGS 2001).

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
n=	11	23	30	16	18	12	119	12	59
SiO_2	86,5	67,8	65,6	56,9	56,2	68,4	70,6	37,3	50,3
TiO_2	0,53	0,95	0,91	1,42	0,89	0,69	0,64	0,34	0,64
Al_2O_3	5,71	15,4	15,1	12,3	15,3	13,5	12,6	7,91	14
Fe_2O_3 (t)	2,69	6,46	6,09	6,18	6,48	5,3	4,97	3,18	6,4
MnO	0,02	0,07	0,15	0,11	0,07	0,09	0,08	0,1	0,13
MgO	0,69	1,73	1,82	4,2	2,35	1,68	1,51	1,07	3,25
CaO	0,05	0,42	1,94	5,82	5,74	2,38	1,61	26.0	9,9
Na_2O	0,02	1,07	0,87	1,92	1,28	3,15	2,76	0,92	—
k_2O	1,55	2,74	3,03	1,9	2,8	2,62	2,2	0,51	2,09
P_2O_5	0,02	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,02	0,1	0,21
V (ppm)	51	123	159	100	126	71	79	103	—
Cr	55	82	88	225	71	55	44	31	—
Ni	19	231	58	130	49	30	8	5	49
Zn	29	52	104	84	114	69	—	66	91
Rb	60	123	133	72	125	93	—	10	79
Sr	29	134	113	233	168	310	110	879	267
Y	17	31	40	21	35	36	37	15	29
Zr	417	238	260	191	187	333	413	58	118

El hierro total es reportado como Fe_2O_3, n es el número de muestras en cada uno de los promedios. Un guión indica valor no reportado.

(1) Formación Shawangunk cerca de Ellenville, New York (cuarzo arenita)

(2) Miembro Milport de la Formación Rhinestreet, Elmira, New York (arenita lítica/ waca)

(3) Formación Oneota, Unadilla, New York (arenita lítica/ waca)

(4) Formación Cloridorme, St. Yvon y Gros Morne, Québec

(5) Miembro Austin Glen de la Formación Normanskill, Poughkeepsie, New York (arenita lítica/ waca)

(6) Miembro Renessalaer de la Formación Nassau, cerca de Grafton, New York (arenita feldespática / waca)

(7) Miembro Renessalaer (arenita feldespática/ waca)

(8) Turbiditas de DSDP site 379A (arenitas líticas, waca).

Tabla 3.4. Promedio de la composición de una selección de lutitas reportadas en la literatura (Adaptado de BOGGS 2001).

n =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO_2	60,65	64,8	59,75	56,78	67,78	64,09	66,9	63,04	62,13	65,47	64,21	64,1	63,31
Al_2O_3	1753	16,9	17,79	16,89	16,59	16,65	16,67	18,63	18,11	16,11	17,02	17,7	17,22
Fe_2O_3	7,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,7	0,82?
FeO	—	5,66	5,59	6,56	4,11	6,03	5,87	7,66	7,33	5,85	6,71	4,05	5,45
MgO	2,04	2,86	4,02	4,56	3,38	2,54	2,59	2,6	3,57	2,5	2,7	2,65	3.00
CaO	0,52	3,63	6,1	8,91	3,91	5,65	0,53	1,31	2,22	4,1	3,44	1,88	3,52
Na_2O	1,47	1,14	0,72	0,77	0,98	1,27	1,5	1,02	2,68	2,8	1,44	1,91	1,48
K_2O	3,28	3,97	4,82	4,38	2,44	2,73	4,97	4,57	2,92	2,37	3,58	3,6	3,64
TiO_2	0,97	0,7	0,98	0,92	0,7	0,82	0,78	0,94	0,78	0,49	0,72	0,86	0,81
P_2O_5	0,13	0,13	0,12	0,13	0,1	0,12	0,14	0,1	0,17	—	—	—	0,1
MnO	0,1	0,06		0,08		0,07	0,06	0,12	1,1	0,07	0,05	—	0,06

(no se menciona el número de muestras utilizadas en la columnas 1 hasta la 11)

Fuente:

1 lutita Pensilvaniana, cuenca de Illinois

2 lutita compuesta en Norte América

3 lutita Paleozoica en Norte América

4 lutita Paleozoica en Rusia

5 lutita Mesozoica en Norte América

6 lutita Mesozoica en Rusia

7 lutita Proterozoica en Canadá

8 lutita Proterozoica en Rusia

9 lutita Arqueana en Canadá

10 lutita Arqueana

11 lutita

12 155 análisis de lutitas

13 Promedio de los valores entre las columnas 1 hasta la 12.

Tabla 3.5. Composición química de diversos tipos de rocas (Tomado de MASON & MOORE 1958).

ÓXIDO	ROCAS ÍGNEAS	LUTITAS	ARENISCAS	CALIZAS
SiO_2	59,14	58,1	78,33	5,19
TiO_2	1,05	0,65	0,25	0,06
Al_2O_3	15,34	15,4	4,77	0,81
Fe_2O_3	6,88	6,47	1,37	0,50
MgO	3,49	2,44	1,16	7,89
CaO	5,08	3,11	5,50	42,57
Na_2O	3,84	1,3	0,45	0,05
K_2O	3,13	3,42	1,31	0,33
H_2O	1,15	5,00	1,63	0,77
P_2O_5	0,30	0,17	0,08	0,04
CO_2	0,10	2,63	5,03	41,54
SO_3	—	0,64	0,07	0,05
BaO	0,06	0,05	0,05	—
C	—	0,80	—	—

El porcentaje promedio de la tabla 3.5 ha sido calculado a partir de un gran número de muestras, previamente analizadas, de cada tipo de roca. Debido a la amplia variación en composición muchos valores se solapan entre los distintos tipos de rocas sedimentarias, inclusive dentro de las mismas, lo que ha hecho muy difícil hacer una clasificación fiable de éstas en base a sus porcentajes en óxidos como ya se han hecho antes para las rocas ígneas, por ejemplo.

Las variaciones de los porcentajes en óxidos de las rocas sedimentarias son un reflejo de un conjunto de variables, endógenas y exógenas, que actúan antes y durante la formación de la roca, las principales variables que controlan la cantidad y distribución de los elementos químicos en las rocas sedimentarias se exponen a continuación:

- Composición de la roca fuente
- Factores que actúan durante la meteorización y erosión de la roca fuente (relieve, drenaje, clima, temperatura, humedad)
- Ambiente tectónico
- Ambiente de depositación, condiciones hidrodinámicas, salinidad, características físico-químicas del medio, Eh y pH.

- Condiciones reinantes durante los procesos de soterramiento, diagénesis y litificación. (Tomado de RODRÍGUEZ *et al.* 2000).

3.3.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias presentan una variedad de atributos y características fisico-químicas, las cuales son un reflejo directo de las condiciones que prevalecieron durante su formación. Estos caracteres han sido abordados anteriormente en trabajos realizados en la Facultad de Ciencias de la UCV (MARTÍNEZ 2001, REATEGUI 2001). Muchos de estos atributos no conforman los objetivos de esta investigación, pero es necesaria su mención para su comprensión y aplicabilidad en futuros trabajos.

- Carbono Orgánico Total (COT)
- Azufre total (%S)
- Potencial iónico (o potencial de ionización)
- Potenciales de óxido-reducción
- Concentración de iones de hidrógeno (pH)

Para efectos de este trabajo, se hará un enfoque en el potencial iónico, por ser éste un factor muy importante dentro del proceso. Según MASON & MOORE (1958), este factor se refiere a la capacidad de ciertos iones de atraer moléculas de agua a su estructura. Esta hidratación es proporcional a su carga (Z) e inversamente proporcional a su radio iónico (r). El potencial iónico es en realidad una medida de electronegatividad, de esta forma mientras más pequeño es el radio de un catión y más alta su carga, más ácido será este óxido. De igual manera, mientras mayor sea el radio y menor la carga, más básico será el óxido.

Desde el punto de vista electrostático, el potencial iónico es una medida de la intensidad de carga positiva en la superficie del ión. Esta concentración de carga positiva repele los protones en las moléculas coordinadas de agua. Si la repulsión es lo suficientemente grande, algunos protones pueden ser soltados, neutralizando así la carga en el catión central y resultando en la precipitación de un hidróxido insoluble MASON & MOORE (1958).

El potencial iónico de un elemento determina su lugar de deposición durante los procesos sedimentarios, y es significante en todos los procesos de formación de minerales en medio acuoso. Esto explica el comportamiento similar de elementos disímiles, como por ejemplo, la tendencia de iones hidratados de Be^{+2}, Al^{+3} y Ti^{+4} a precipitar juntos durante la sedimentación. Elementos con bajo potencial iónico permanecen en solución durante los procesos de meteorización y transporte; elementos con potencial iónico intermedio son precipitados por hidrólisis (estando sus iones asociados con grupos hidroxilos a partir de soluciones acuosas; y elementos con alto potencial iónico forman aniones conteniendo oxígeno, los cuales son usualmente solubles MASON & MOORE (1958).

La figura 3.10 muestra esta separación en algunos elementos de acuerdo a su potencial iónico.

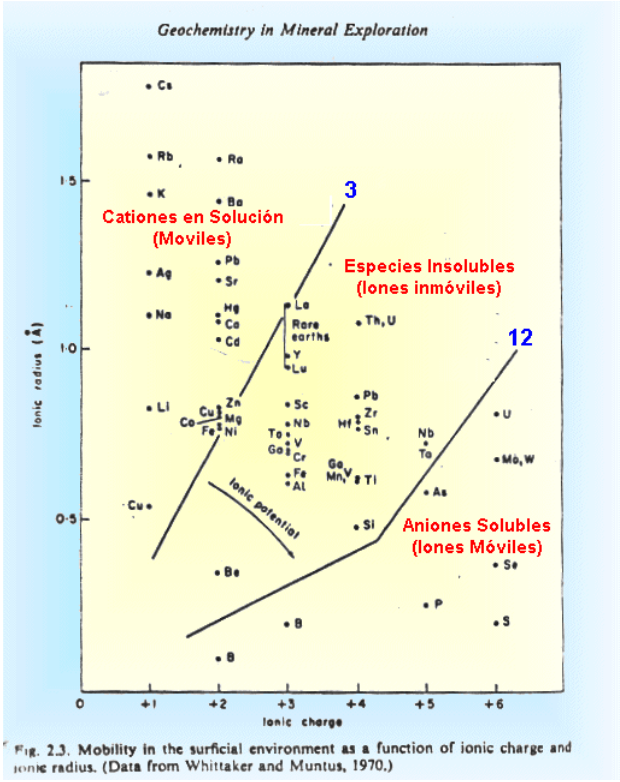


Figura 3.10. Separación geoquímica de algunos elementos importantes de acuerdo a su potencial iónico (Tomado de LO MÓNACO, 2000).

3.3.2. LA GEOQUÍMICA COMO HERRAMIENTA DE CORRELACIÓN DE SECUENCIAS SEDIMENTARIAS

Es una herramienta de correlación, la cual se basa en la caracterización de secuencias sedimentarias usando la composición química de la fracción inorgánica de éstas. Envuelve la caracterización química y correlación de estratos a través del uso de geoquímica de elementos mayoritarios y traza, y es muy útil cuando se aplica a secuencias con pobre control bioestratigráfico. El total de los datos de geoquímica inorgánica puede ser usado para correlacionar secuencias en base a las variaciones químicas.

Esta herramienta se enfoca en el estudio de la química inorgánica de secuencias sedimentarias, la subdivisión de estas secuencias en unidades distintas geoquímicamente y su subsecuente correlación con otras secciones. Las rocas sedimentarias son altamente variables geoquímicamente, aún cuando éstas aparecen litológicamente homogéneas, y en base a este hecho es que la geoquímica se fundamenta. En adición a la división geoquímica de secuencias y la solución de los problemas de correlación, esta información puede ser usada en estudios de proveniencia (fuente), caracterización de reservorios y estudios diagéneticos. Numerosos casos estudiados han mostrado que esta técnica puede ser aplicada a rocas sedimentarias de cualquier edad y de variados marcos depositacionales, sin ninguna restricción geográfica. La técnica está ganando crédito rápidamente como herramienta de correlación confiable en la industria petrolera.

Como herramienta de correlación, puede ser utilizada para reducir la ambigüedad e incertidumbre a menudo asociadas con muchos de los métodos de correlación, tales como, litoestratigrafía, bioestratigrafía y registros sísmicos. Esta también puede ser utilizada para crear un sistema de correlación para secuencias, en la cual otra información o datos estratigráficos esté faltante (PEARCE & JARVIS 1995).

Las aplicaciones de la geoquímica según PEARCE & JARVIS (1995), en base a la información de la composición química inorgánica son muchas y pueden ser empleadas en otras áreas de la geología petrolera:

- Proveniencia y evaluación de cuencas: Se puede inferir a través de los datos geoquímicos los cambios en la proveniencia de los sedimentos cuando la combinamos con la información sedimentológica.
- Caracterización de reservorios: La capacidad de determinar los marcadores geoquímicos y correlacionar capas y secuencias a menor escala.
- Geoquímica y registros en pozos: Los datos químicos sirven para ayudar a interpretar las respuestas en los perfiles de pozos (rayos gamma).
- Geoquímica y diagénesis: Los datos geoquímicos pueden ser usados para determinar los productos diagenéticos principales y su distribución dentro de la secuencia. Esta habilidad permite que esta técnica sea empleada para establecer profundidades, continuidad lateral y composición de horizontes de cementación principal.

3.3.3. MUESTREO Y ANÁLISIS

El tamaño de grano de rocas sedimentarias tiene un significativo impacto en la geoquímica de sedimentos y refleja la selección hidrodinámica de los componentes minerales. Como resultado las concentraciones absolutas de elementos (a excepción del SiO_2) decrecerán en fracciones de tamaño de grano grueso debido al efecto relativo de disolución por el cuarzo (SPEARS & AMIN 1981 y SHAIL & FLOYD 1988, en PEARCE *et al*. 1999).

Además no es práctico usar areniscas y conglomerados de grano muy grueso en estudios de este tipo, debido a la dificultad de encontrar muestras homogéneas de estos tipos de roca o por el contrario la necesidad de tomar muestras de gran volumen para luego pulverizar. En contraste a las areniscas, lutitas y arcillas que tienen tamaños de granos uniformes tienen más probabilidades de poseer una distribución elemental más homogénea (PEARCE *et al.* 1999).

3.3.4. UNIDADES QUÍMICAS

Las variaciones de los componentes inorgánicos han sido usados para dividir la sección en intervalos geoquímicamente distintivos, los cuales despliegan comportamientos que permiten

reconocer y diferenciar dichos intervalos de otras zonas dentro de la sección sedimentaria. A estos intervalos se les denomina unidades químicas (Figura 3.11).

El significado de la variación estratigráfica puede ser observada en las composiciones de elementos e isótopos de sedimentos y sus constituyentes fósiles. Tales variaciones pueden ser atribuidas a varios factores ambientales, incluyendo cambios en los elementos, aporte siliciclástico y carbonático, productividad marina, composición biótica, temperatura y salinidad del agua, condiciones reductoras, profundidad del agua y tasa de sedimentación. La interpretación de la variación geoquímica es, por tanto, raramente directa (MARTÍNEZ & CAMPOSANO 2000).

Las diferencias encontradas en las características geoquímicas de secuencias individuales son usadas para definir las unidades químicas en base a:

- Concentraciones químicas absolutas
- Caracterización de patrones de tendencias geoquímicas en los perfiles de concentración vs. muestras de los distintos elementos detectados al mismo nivel estratigráfico (deflexiones resaltantes de las curvas). Los eventos geoquímicos con significado estratigráfico son reflejados en máximos y mínimos, y estas deflexiones de las curvas son divididas en *marcadores de primer orden*; los cuales son eventos geoquímicos que se caracterizan por deflexiones significantes en las curvas de varios elementos, y *marcadores de segundo orden*; que son definidos solamente por fluctuaciones de un solo elemento o fluctuaciones menos significantes (MARTÍNEZ & CAMPOSANO 2000).
- Marcadores geoquímicos en paquetes sedimentológicos.
- Marcadores geoquímicos en capas individuales.

Las correlaciones geoquímicas no se construyen solamente en base a la abundancia geoquímica en su totalidad, como la invariabilidad de los elementos mayoritarios que están envueltos en la actividad diagénetica. Las huellas características químicas se concentran en la distribución de elementos traza, los cuales están asociados a minerales accesorios tales como minerales pesados y minerales de arcilla. Por ejemplo, los elementos de Zr y Hf están concentrados en granos refractarios, lo cual hace posible que permanezcan inafectados por

los procesos diagéneticos y además preserva el marcador geoquímico detrítico inherente al área fuente (PEARCE & JARVIS 1995).

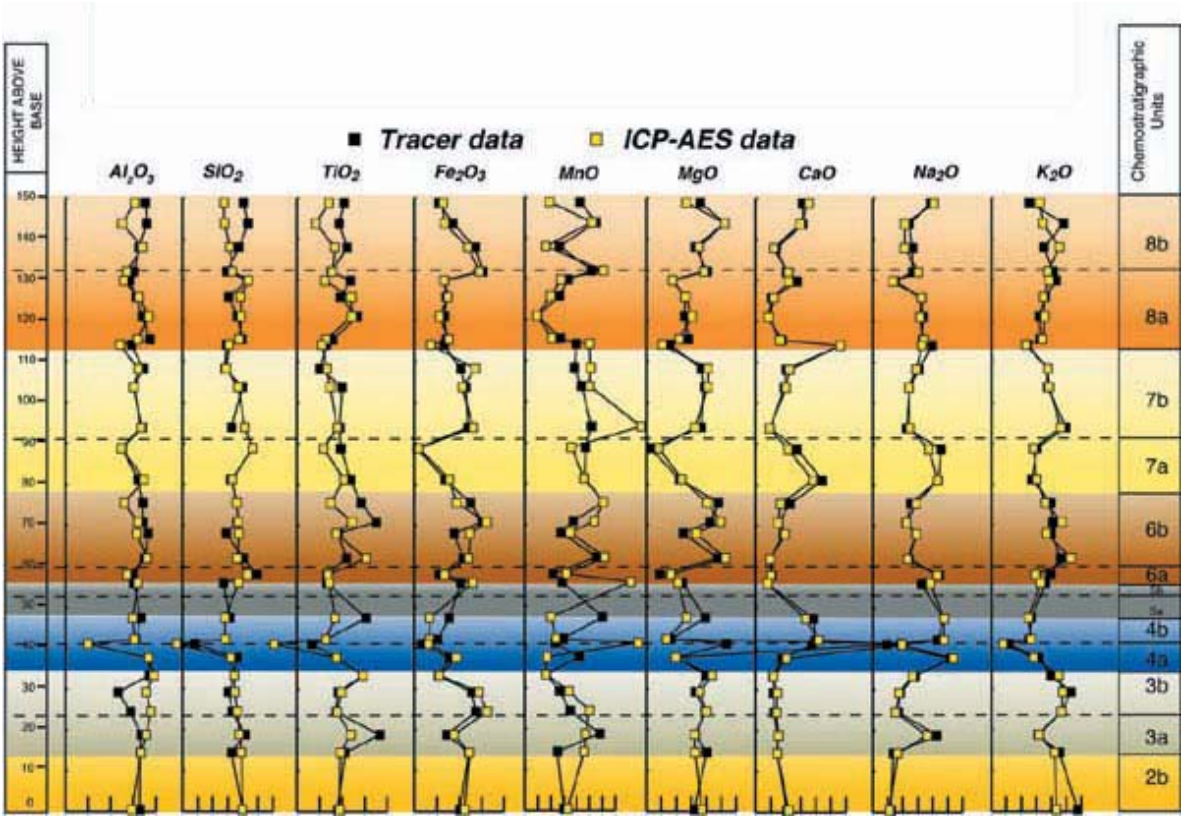


Figura 3.11. Perfiles generados a partir de la composición de nueve elementos, en donde se puede apreciar las respectivas unidades químicas en que se ha subdividido la secuencia perteneciente a la Formación Green River en Wyoming (USA) (Tomado de ROSENWASSER *et al.* 2000).

3.4. CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS TERRÍGENOS BASADO EN EL ESQUEMA DE HERRON (1988)

En años recientes se ha introducido una nueva herramienta en el campo de la caracterización de formaciones de sedimentos terrígenos, que permiten en base a la información geoquímica establecer un esquema de clasificación de areniscas y lutitas que difiere mucho de los anteriores esquemas elaborados en base a la clasificación petrográfica como las de DOTT 1964, FOLK 1968 y PETTIJOHN *et al.* 1972 (en HERRON 1988), donde a

veces ocurren ambigüedades por la matriz, los fragmentos líticos o por no poder establecer adecuadamente los límites composicionales exactos en estos esquemas.

Un esquema usando las concentraciones químicas para clasificar areniscas y lutitas es presentado por HERRON (1988) usando los logaritmos naturales de las relaciones de SiO_2/Al_2O_3 y Fe_2O_3/K_2O y las concentraciones de Ca. Tal caracterización resulta beneficiosa en la correlación de pozos, interpretación de los ambientes de depositación, evaluación de la calidad de reservorio, análisis del marco tectónico y en general a la geología de subsuelo.

La relación de SiO_2/Al_2O_3 ha sido descrita como un indicador de madurez mineralógica (PETTIJOHN *et al*. 1972).

La relación de hierro total, expresada como Fe_2O_3, y K_2O son efectivos en distinguir fragmentos líticos de feldespatos en una amplia variedad de areniscas. La relación de Fe_2O_3/K_2O puede ser expresada como un indicador de estabilidad mineralógica (HERRON 1988).

A bajas temperaturas y presiones características de los ambientes de sedimentación, los minerales formadores de rocas más estables son los feldespatos-K, mica (muscovita), y cuarzo, de los cuales los dos primeros son ricos en K y los tres son bajos en contenido de Fe. En contraste, los minerales formadores de roca menos estables, comúnmente ocurren en fragmentos líticos, tienden a ser enriquecidos en Fe y Mg (HERRON 1988).

Por lo tanto, como una regla general: los compuestos de minerales estables tienen bajas relaciones de Fe_2O_3/K_2O, y los compuestos de minerales menos estables, localizados cerca de la fuente de sedimentos y conteniendo abundantes fragmentos líticos, tienen relaciones altas de Fe_2O_3/K_2O. Solamente en cuarzoarenitas muy maduras, conteniendo poco Fe y K, tendrán relaciones insignificantes (HERRON 1988).

Un tercer eje del total de Ca, no es mostrado en la Figura 3.12, divide las muestras en el sistema de clasificación de areniscas en no calcáreas (Ca < 4%), calcáreas (4% < Ca < 15%),

y carbonáticas (Ca >15%). La calcita y dolomita son importantes componentes diagéneticos de areniscas y éstas no pueden corresponder apropiadamente en un sistema de clasificación de areniscas. Este eje es incluido porque la cementación carbonática tiene importancia para la formación de propiedades tales como porosidad, permeabilidad y dureza de la roca.

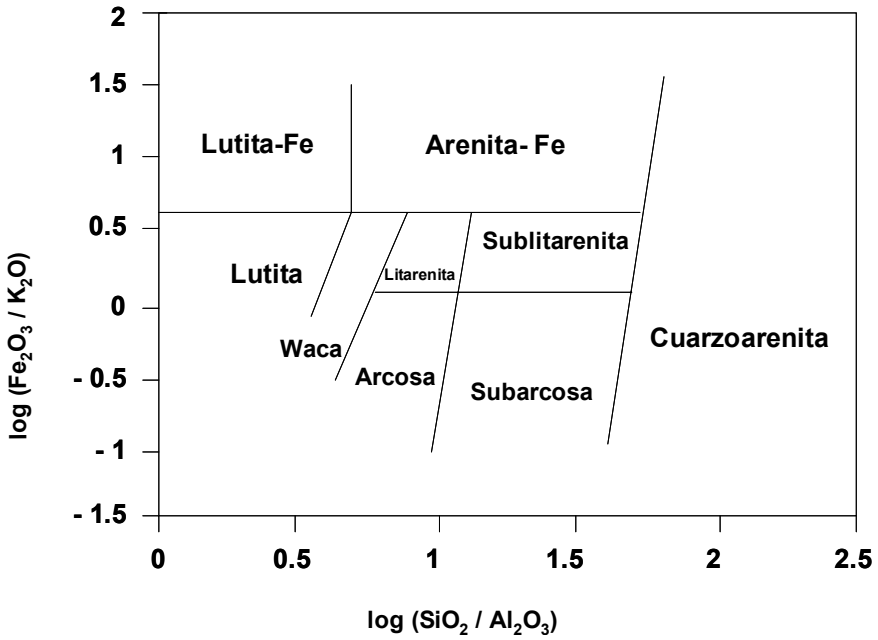


Figura 3.12. Sistema de clasificación de sedimentos terrígenos (Tomado de HERRON 1988).

Para muchas areniscas, las concentraciones de Ca están por arriba del 1%, indicando fuertemente algo de cementación carbonática; para otras areniscas, la fuente del Ca puede ser minerales no carbonáticos incluyendo la plagioclasa. La línea divisoria de 4% fue deliberadamente elegida para evitar describir areniscas libre de carbonato como calcáreas a riesgo de perder algunas ligeramente calcáreas. La división entre una arenisca calcárea y una arenisca carbonática es usualmente tomada a 50% de carbonato. La división en este esquema de Ca = 15% refleja cerca de 50% de un carbonato de partes iguales de calcita y dolomita (HERRON 1988).

Varias de las categorías mostradas en la figura 3.12 (cuarzoarenita, subarcosa, sublitarenita, litarenita y waca) siguen el esquema de clasificación de areniscas de DOTT (1964), FOLK (1968) y PETTIJOHN *et al.* (1972). La lutita, no presentada en el esquema

geoquímico de PETTIJOHN *et al.* (1972), es distinguida de la waca principalmente por una relación baja de SiO_2/Al_2O_3. Las muestras con muy alta relación Fe_2O_3/K_2O (> 4) son clasificadas como ricas en hierro o ferruginosas, y más allá en pobres condiciones como arenitas ricas en Fe (ricas en glauconita) o lutitas ricas en Fe (conteniendo abundante pirita o siderita) en base a la relación de SiO_2/Al_2O_3 (HERRON 1988).

3.5. TRABAJOS PREVIOS EN GEOQUÍMICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

Son numerosos y variados los trabajos que se han realizado dentro del campo de la geoquímica, a través de los cuales se ha demostrado su gran importancia como herramienta para la caracterización y correlación de secciones estratigráficas. En nuestro trabajo hemos utilizado como referencia apenas una pequeña parte de este gran cúmulo de información, y es así como a continuación se presentan los siguientes trabajos:

Trabajos a nivel internacional

AI-GAILANI (1980). Aplicación de las técnicas de fluorescencia de rayos X para detectar elementos utilizados posteriormente como indicadores diagenéticos que reflejan cambios mineralógicos en la cercanía de discontinuidades. Trabajo llevado a cabo en el Oriente Medio (oeste del desierto de Irak).

JORGENSEN (1986). Estudios geoquímicos en ripios. Los resultados enfatizan la aplicabilidad de los ripios para los análisis geoquímicos y de la geoquímica como herramienta para la quimioestratigrafía y análisis de cuencas en la exploración petrolera del subsuelo. Trabajo realizado en la subcuenca danesa en Dinamarca.

HILL (1990). Estudio preliminar de la distribución vertical de elementos dentro de una secuencia estratigráfica en Hat Creek, British Columbia.

CORADOSSI *et al*. (1991). Estudio químico y mineralógico de rocas sedimentarias de la cuenca Marchean Outer (Macerata, Italia centro-oriental) para la determinación de cambios causados por diferencias de profundidad y de episodios de evaporación-precipitación.

MURRAY & LEINEN (1993). Análisis de elementos mayoritarios, trazas y tierras raras en sedimentos superficiales, mediante comparaciones con los flujos de $CaCO_3$, ópalo y C_{org}, con el fin de evaluar la significancia relativa de los variados caminos por los cuales son transportados los elementos traza hacia el fondo marino del Pacífico Ecuatorial.

MURRAY *et al*. (1993). Estudio del aporte de Al a los sedimentos que se acumulan bajo la zona de elevada productividad en el Océano Pacífico Ecuatorial.

BELLANCA *et al*. (1995). Estudio sedimentológico y geoquímico de paleoambientes lacustres y paludales en depósitos carbonáticos de la cuenca Las Minas (España).

MURRAY *et al.* (1995). Estudio de la relación del aporte de Fe terrígeno con la acumulación de material biogénico en períodos glaciales e interglaciales en el Océano Pacífico Ecuatorial.

PEARCE & JARVIS (1995). Evaluación de las aplicaciones de la geoquímica inorgánica como herramienta sedimentológica y estratigráfica en turbiditas distales.

LA MONTAGNE *et al*. (1996). Investigación del registro paleo-oceanográfico del $CaCO_3$ en el Océano Pacífico Ecuatorial, mediante el estudio entre 3 índices de disolución de foraminíferos y concentración y acumulación de $CaCO_3$, ópalo y carbono orgánico (C_{org}).

MURRAY & LEINEN (1996). Análisis químicos de Al y Ti en sedimentos superficiales biogénicos. Plantean una hipótesis sobre el incremento de Al por el elevado flujo de partículas biogénicas.

WINCHESTER & MAX (1996). Aplicación de la técnica de caracterización química para la correlación entre sucesiones estratigráficas aisladas geográfica y tectónicamente, con ejemplo en el NW de Mayo Inlier (NW de Irlanda).

SCHROEDER *et al*. (1997). Estudios de concentración de Ba para evaluar los efectos cambiantes de sedimentación a través del tiempo. Trabajo realizado en el sitio 850 del ODP.

MURRAY *et al*. (1998). Química de aguas intersticiales de sedimentos para el estudio de los procesos diagenéticos en sedimentos. Trabajo aplicado en el Margen SW Africano.

PEARCE *et al*. (1999). Utilidad e importancia de la quimioestratigrafía como método para correlación entre secuencias sedimentarias.

REYMENT & HIRANO (1999). Análisis estadístico multivariado de elementos mayoritarios, trazas y tierras raras, aplicado como un ejemplo de quimioestratigrafía cuantitativa en el Supergrupo Yezo (Hokkaido, Japón).

IRINO & PEDERSEN (2000). Realizan el análisis de elementos minoritarios y trazas para examinar las fuentes y trayectorias de transporte de sedimentos depositados en los últimos 25.000 años. Trabajaron en el sitio 1017 del Programa de Perforación Oceánica (ODP), específicamente en el margen meridional de California.

LU *et al*. (2000). Aporte de datos como trasfondo de las mayores composiciones químicas de sedimentos de una sección sedimentaria hidratada por gas natural, a través del estudio de elementos mayoritarios y traza en Blake Ridge, Atlántico occidental (sitio 997 del ODP).

MURRAY *et al.* (2000). Análisis de Ba, P, Al, Ti y Ca en sedimentos Pleistocenos del Océano Pacífico ecuatorial, para cuantificar cambios en la producción de exportación y disolución de carbonatos.

MURRAY *et al*. (2000). Estudio de los cambios en la magnitud absoluta y geometría espacial del flujo de partículas y producción de exportación en un transecto del Océano Pacífico Ecuatorial.

PETERS *et al*. (2000). Cuantificación de las concentraciones absolutas de $CaCO_3$, material terrígeno y cenizas dispersas dentro de una secuencia sedimentaria, a través de los métodos de fluorescencia de rayos X, colorimetría y espectrometría de emisión inductiva de plasma (ICP). Trabajo realizado en sedimentos del Mar Caribe.

YARINCIK *et al*. (2000). Análisis de elementos metálicos sensibles a condiciones redox para la determinación de períodos de oxigenación en aguas marinas de fondo. Aplicación en el Golfo de Cariaco, Venezuela Oriental.

YARINCIK & MURRAY (2000). Uso de las relaciones Al/Ti y K/Al para interpretar fuentes hemipelágicas de depositación en la cuenca del Golfo de Cariaco (Venezuela Oriental).

ERLICH *et al.* (2000). Caracterización geoquímica de cambios oceanográficos y climáticos en secciones cretácicas del Occidente de Venezuela.

MURRAY *et al*. (sin fecha). Estudio de cambios en la química de elementos mayoritarios y traza, e inferencia de cambios temporales en la producción de exportación y proveniencia terrígena de sedimentos del Sistema Angola-Benguela (Margen Occidental Africano).

CRAIGIE *et al*. (sin fecha). Aplicaciones de la quimioestratigrafía mediante la caracterización de sucesiones sedimentarias, examinando la geoquímica inorgánica de sedimentos en la cuenca Shetland y la cuenca Berkine de Algeria.

SHAO *et al*. (sin fecha). Reconstrucción de la evolución de la cuenca Turpan (nor-oeste de China) a partir de petrografía y geoquímica de areniscas. Utilizan el sistema de clasificación geoquímica de areniscas según PETTIJOHN (1973), cuyas bases son muy parecidas al sistema planteado por HERRON (1988).

Trabajos a nivel nacional

BRICEÑO *et al*. (1996). Realización de análisis químicos para establecer asociaciones principales, quimiofacies, correlaciones y caracterización ambiental en rocas cretáceas en el occidente de Venezuela.

GARBÁN *et al.* (1997). Aplicación de la geoquímica orgánica e inorgánica para la determinación de las condiciones paleoambientales y de sedimentación en la sección tipo de la Formación Querecual. Los análisis incluyen la determinación de los siguientes parámetros geoquímicos: relaciones V/Ni, V/(V+Ni), Mo/(Mo+Cr), (Cu+Mo)/Zn, contenido de COT y % $S_{orgánico}$.

BRICEÑO & CALLEJÓN (2000). Establecimiento de condiciones ambientales y cambios durante la sedimentación en las formaciones La Luna y Navay, específicamente las secciones de Las Delicias, La Ortiza, La Vueltosa y río Cuite.

RODRÍGUEZ *et al*. (2000). Caracterización química y radiométrica de secciones estratigráficas de la Formación Guárico en el estado Cojedes.

MARTÍNEZ & CAMPOSANO (2000). Caracterización química y radiométrica de secciones estratigráficas pertenecientes a las Formaciones Barco y Mirador en el estado Táchira, Venezuela Occidental.

GONZÁLEZ & SÁNCHEZ (2001). Caracterización química y radiométrica de dos secciones estratigráficas pertenecientes a la Formación La Luna (sección La Ortiza y Las Delicias). Realizan además un ensayo de correlación entre dichas secciones, encontrando que ambas presentan muchas diferencias entre sí como para ser comparadas. Este trabajo, junto con el de RODRÍGUEZ *et al*. (2000) y el de MARTÍNEZ & CAMPOSANO (2000), pertenecen al mismo proyecto CONICIT bajo el cual se realiza el presente Trabajo Especial de Grado.

MARTÍNEZ (2001). Caracterizó e identificó las quimiofacies existentes en la Formación Barco (San Pedro del Río, estado Táchira), a través de la determinación de elementos

mayoritarios y traza mediante técnicas de ICP-AES, determinación del contenido de carbonato, carbono orgánico total (COT) y azufre total. En este trabajo concluye, entre otras cosas, que las diferencias entre las quimiofacies de esta Formación responden a cambios paleoclimáticos y paleoambientales.

MATA (2001). Estudio quimioestratigráfico de la Formación La Luna (secciones La Ortiza y Las Delicias), mediante la evaluación del comportamiento y distribución vertical de 34 especies químicas (inorgánicas y orgánicas) y relaciones entre biomarcadores. Entre sus objetivos plantea establecer la metodología para la determinación de quimiofacies. En este trabajo la autora comprueba que en la mayoría de las quimiofacies trascienden los cambios litológicos, confirmando así la independencia con la cual pueden operar los diversos factores ambientales durante la sedimentación.

REATEGUI (2001). Realizó la caracterización quimioestratigráfica de la Formación Mirador, en el estado Táchira, con el objeto de comprender mejor su proceso sedimentario. En este trabajo también se identifican e interpretan las quimiofacies presentes dentro de la Formación Mirador, mediante el estudio de elementos mayoritarios y traza, COT, y porcentaje de azufre. La técnica empleada fue ICP-AES.

ROLO (2001). Caracterización quimioestratigráfica de la Formación la Luna en el río Lobaterita (estado Táchira). Entre sus objetivos figuran la determinación de la composición de la fuente sedimentaria y la identificación de ambientes de sedimentación, a través de perfiles químico-estratigráficos.

ALBERTOS (2001). Realizó un trabajo similar a los ejecutados por RODRÍGUEZ *et al*.(2000), MARTÍNEZ & CAMPOSANO (2000) y GONZÁLEZ & SÁNCHEZ (2001) en secciones de subsuelo de las Formaciones Gobernador, Masparrito y Pagüey, en el estado Barinas.

ARREAZA (2002). Caracterización química a través de elementos mayoritarios y traza de secciones estratigráficas pertenecientes a las formaciones Querecual y Naricual en sus secciones tipo. Trabajo que entra dentro del Proyecto CONICIT, ya descrito con anterioridad.

5. RESULTADOS E INTERPRETACIONES

5.1. RESULTADOS ANALÍTICOS

Un total de 338 muestras fueron sometidas a análisis de fluorescencia de rayos X, de las cuales 235 son de la Formación Naricual y 103 de la Formación Querecual.

Los resultados de estos análisis se presentan en las tablas de la Formación Naricual y Querecual, Apéndice IV, al igual que las tablas pertenecientes a los análisis realizados a las secciones tipo realizadas por ARREAZA (2002).

5.2 FORMACIÓN QUERECUAL

5.2.1. ESTADÍSTICA UNIVARIANTE

5.2.1.1. Histogramas de frecuencia químicos

Con el fin de comparar los resultados obtenidos en la Sección Río de Oro con aquellos de la sección tipo, y para obtener una base para la correlación entre éstas, se exponen en la figura 5.1 los histogramas de frecuencia de ambas secciones.

Como puede observarse a través de la tabla 5.1, hay poca coincidencia entre los datos obtenidos en ambas secciones, donde los comportamientos del polígono de frecuencia tienden a ser mayormente unimodal y bimodal, con casos excepcionales de multimodalidad (V en Río de Oro y CaO en la sección tipo). Los valores máximos de dicho polígono en ambas secciones tienden también a la similitud.

Como se ha explicado en los trabajos de MARTÍNEZ & CAMPOSANO (2000) y GONZÁLEZ & SÁNCHEZ (2001) los casos donde hay bimodalidad pueden indicar tipos litológicos diferentes. De esta forma se presenta el caso del SiO_2 en Río de Oro, donde la mayor frecuencia de muestras se encuentra bajo concentraciones de 25% (pudiendo corresponder con las calizas y lutitas ubicadas en la base de la Formación, donde el sílice puede estar presente en la

estructura silícea de radiolarios o espinas de esponjas, identificados por FURRER en YORIS (1988)), mientras que el grupo de muestras que se agrupa bajo concentraciones de 52% pueden corresponder con las rocas ubicadas hacia el tope de la formación, donde la composición tiende a ser más clástica debido a la cercanía con la Formación San Antonio (Figura 5.1).

Tabla 5.1. Tipos de distribución y valores máximos alcanzados por los polígonos de frecuencia en los histogramas de frecuencia de la Formación Querecual, en ambas secciones, usando todas las litologías combinadas.

	sección Río de Oro	**sección tipo**
SiO_2	Bimodal Máximo (1) = 25% Máximo (2) = 52%	Bimodal Máximo (1) = 37% Máximo (2) = 56%
TiO_2	Bimodal Máximo (1) = 0,08% Máximo (2) = 0,2%	Unimodal Máximo = 0,17%
Al_2O_3	Bimodal Máximo (1) = 1,5% Máximo (2) = 5%	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 4,3%
Fe_2O_3	Bimodal Máximo (1) = 0,55% Máximo (2) = 1,2%	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,9%
MnO	Unimodal Máximo = 0,01	Unimodal Máximo = 0,01
MgO	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 1,2%	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,5%
CaO	Bimodal Máximo (1) = 50% Máximo (2) = 22%	Multimodal Máximo (1) = 22% Máximo (2) = 25-30% Máximo (3) = 12-17%
K_2O	Unimodal Máximo = 0,32%	Unimodal Máximo = 0,25%
V	Multimodal Máximo (1) = 75 ppm Máximo (2) = 280 ppm Máximo (3) = 800 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 180 ppm
Cr	Bimodal Máximo (1) = 160 ppm Máximo (2) = 325 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 145 ppm
Co	Unimodal Máximo = 10 ppm	Unimodal Máximo = 5 ppm

Tabla 5.1. (Continuación)

Ni	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 200 ppm	Unimodal Máximo = 250 ppm
Cu	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 55 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 45 ppm
Zn	Bimodal Máximo (1) = 200 ppm Máximo (2) = 600 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 200 ppm
Se	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 11 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 10 ppm
Rb	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 28 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 34 ppm
Sr	Bimodal Máximo (1) = 1350 ppm Máximo (2) = 350 ppm	Bimodal Máximo (1) = 500 ppm Máximo (2) = 200 ppm
Zr	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 120 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 170 ppm
Mo	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 30 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 18 ppm
Hg	Unimodal Máximo = 10 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 11 ppm
Pb	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 21 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 21 ppm

En el caso del Al_2O_3 en la sección Río de Oro, la mayor frecuencia se ubica bajo concentraciones de 1,5% (correspondiendo con aquellas calizas pobres en minerales de arcilla) y de 5% (lutitas y calizas arcillosas, presentes en menor proporción dentro de la Formación). En la sección tipo, este componente presenta una mayor frecuencia en concentraciones bajas (4,3%) y un comportamiento unimodal, pudiendo indicar que la litología en esta Sección esté compuesta predominantemente por calizas (Figura 5.1). Por otro lado, en la sección tipo el Al_2O_3 el 20% de las muestras presentan concentraciones de casi 4%, un pequeño grupo (5% de muestras) presenta 0,5% de concentración.

De forma opuesta al SiO_2 se presenta el CaO en Río de Oro con frecuencias notables en concentraciones de 50%, evidenciando el predominio de especies carbonáticas sobre las

siliciclásticas (cuyo pico del polígono indica 25% de frecuencia de muestras). La sección tipo es sin embargo, menos carbonática que la sección de Río de Oro, donde el 19% de las muestras presenta un 22% de concentración en este componente. Comparando ambas secciones es posible observar que las máximas concentraciones de CaO en la sección tipo son de 47%, mientras que en Río de Oro alcanzan un 56%.

El carácter unimodal del MgO tanto en la sección de Río de Oro como en la sección tipo, muestra una mayor frecuencia bajo concentraciones de 1,25 % y 0,5 % respectivamente. Estas concentraciones son las más bajas en ambas localidades, pudiendo reflejar la ausencia o escasez de minerales como calcita baja en magnesio o montmorillonita (LU *et al*. 2000).

El MnO en Río de Oro se mantiene en valores cercanos al límite de detección (0,01 %). En la sección tipo sucede algo muy similar, donde la totalidad de las muestras presenta concentraciones muy parecidas a las de Río de Oro (Figura 5.1).

Existen grandes diferencias en las concentraciones de V en ambas secciones. En la sección Río de Oro las concentraciones de este elemento son menores que en la sección tipo, (1050 ppm en Río de Oro vs. 2600 ppm en río Querecual) (Figura 5.1). Debido a la asociación orgánica que presenta este elemento (BRICEÑO & CALLEJÓN 2000, BRICEÑO *et al*. 1996) las mayores frecuencias observadas pueden corresponder con calizas y calizas arcillosas (70 ppm aproximadamente), mientras que las lutitas carbonáticas, con mayor contenido de materia orgánica, pueden corresponder con el grupo de 10% de frecuencia y 800 ppm de concentración.

Elementos traza como el Cr y Co se mantienen bajo el límite de detección en la sección tipo. En Río de Oro el Cr presenta una mayor frecuencia bajo los 160 ppm de concentración, mientras que el 98% de las muestras la concentración de Co se mantiene en los 10 ppm.

El Cu en ambas secciones presenta histogramas unimodales, donde el 90% de las muestras presenta concentraciones de este elemento de 55 ppm (Río de Oro) y 45 ppm (río Querecual). El Se es otro elemento traza con comportamiento común a ambas secciones, con

concentraciones de 11 ppm y frecuencia de muestras de aproximadamente 65%. En el Zn se observa un patrón similar, donde la máxima frecuencia de muestras exhibe concentraciones de 150 ppm (en ambas secciones).

Un aspecto que destaca es el Sr, en Río de Oro presenta bimodalidad, mientras que en la sección tipo el histograma muestra una sola población (unimodal). Debido a que el Sr está generalmente asociado a los carbonatos (BRICEÑO & CALLEJÓN 2000, BRICEÑO *et al*. 1996), se puede decir que en Río de Oro las mayores frecuencias corresponden con calizas, mientras que la población con concentraciones de 300 ppm puede asociarse con la presencia de lutitas carbonáticas. En la sección tipo el comportamiento unimodal de este elemento (500 ppm de concentración) puede sugerir el dominio de calizas sobre lutitas.

El Hg es otro elemento traza que, al igual que el Co y MnO, casi no es detectado en la sección Río de Oro. Sus valores son muy cercanos al límite de detección (10 ppm). En el río Querecual las concentraciones son similares y se mantienen en valores parecidos a los de Río de Oro, aunque con algunas variaciones entre los 13 y 16 ppm.

En ambas secciones el Zr presenta un comportamiento similar, en la sección tipo las concentraciones de este elemento son superiores a las de Río de Oro (Figura 5.1). En el caso del Rb el comportamiento es similar también, los valores más altos de concentración varían entre 29 y 34 ppm, con frecuencias de muestras oscilando entre 22 y 32 % en Río de Oro y río Querecual.

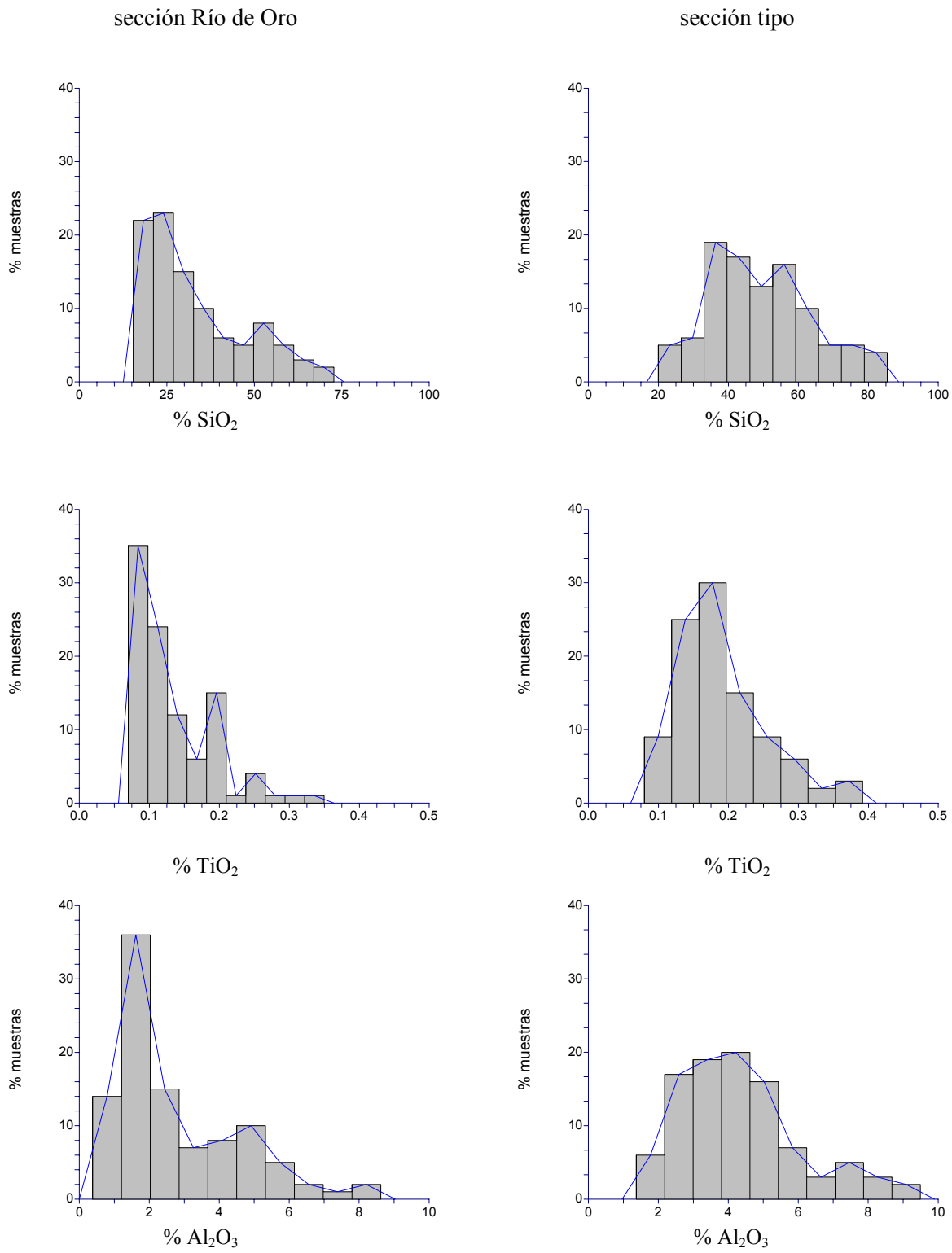


Figura 5.1. Histogramas y polígonos de frecuencia químicos de la Formación Querecual en la sección de Río de Oro y la sección tipo en el río Querecual.

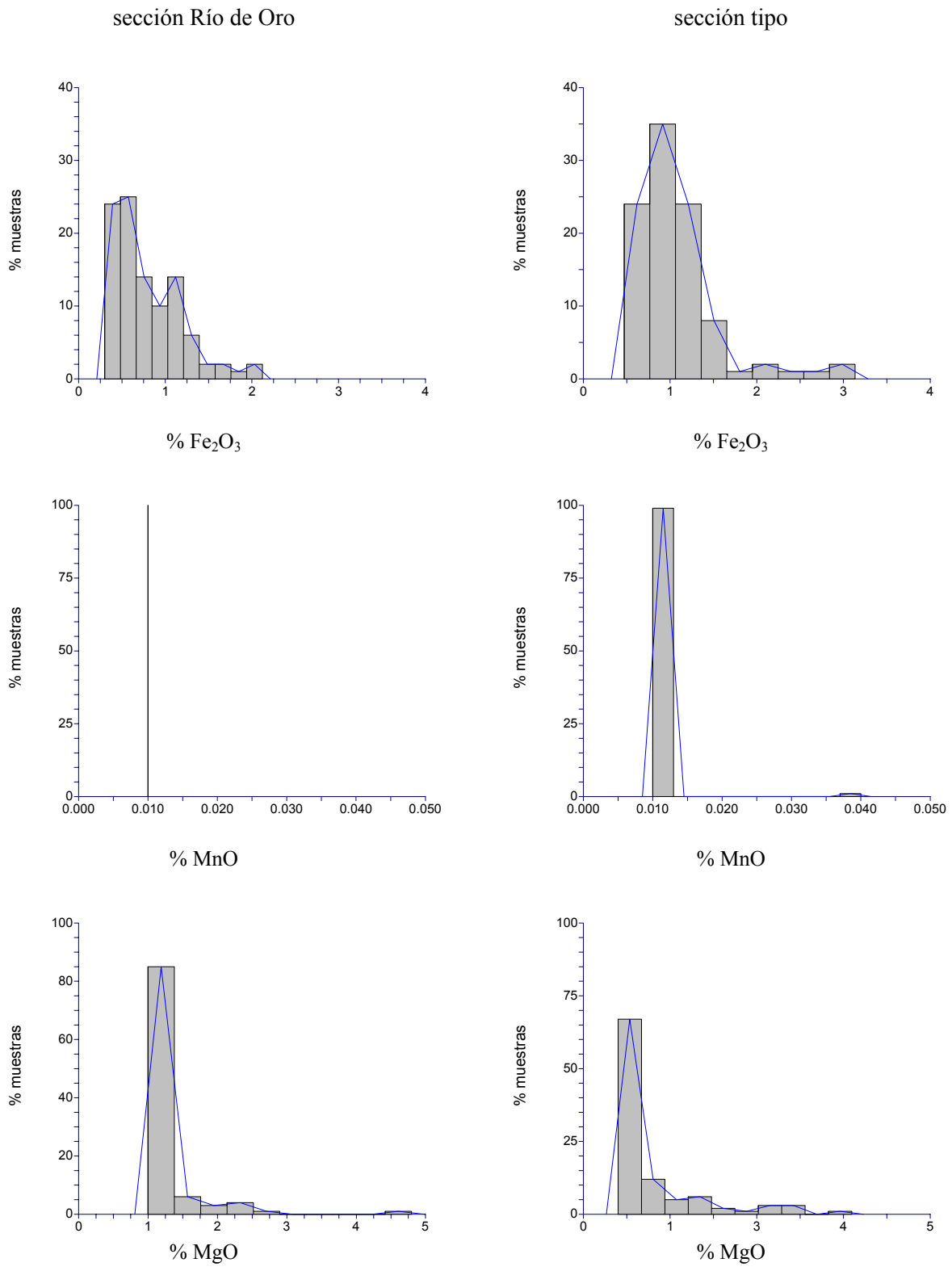


Figura 5.1. (Continuación).

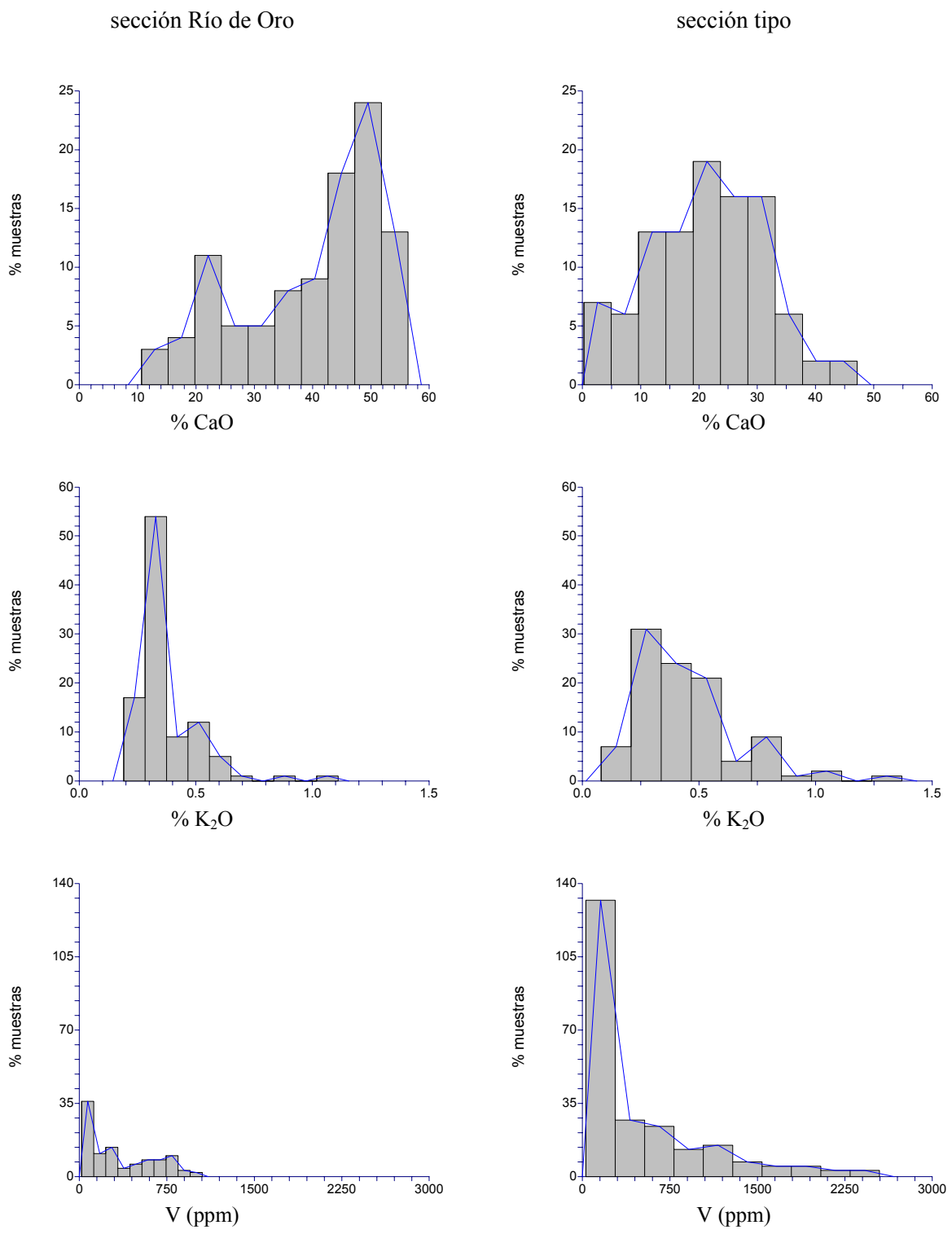


Figura 5.1. (Continuación).

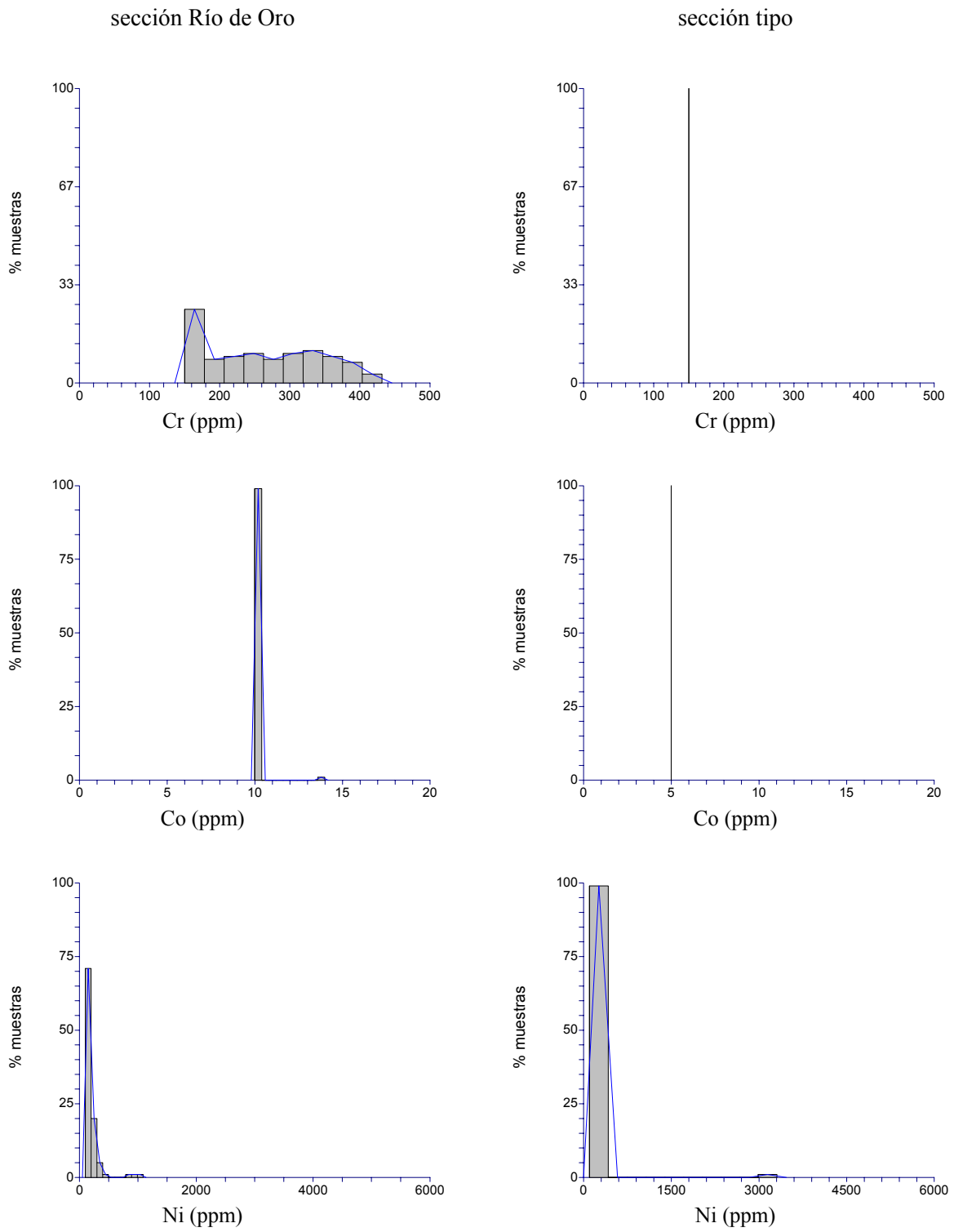


Figura 5.1. (Continuación).

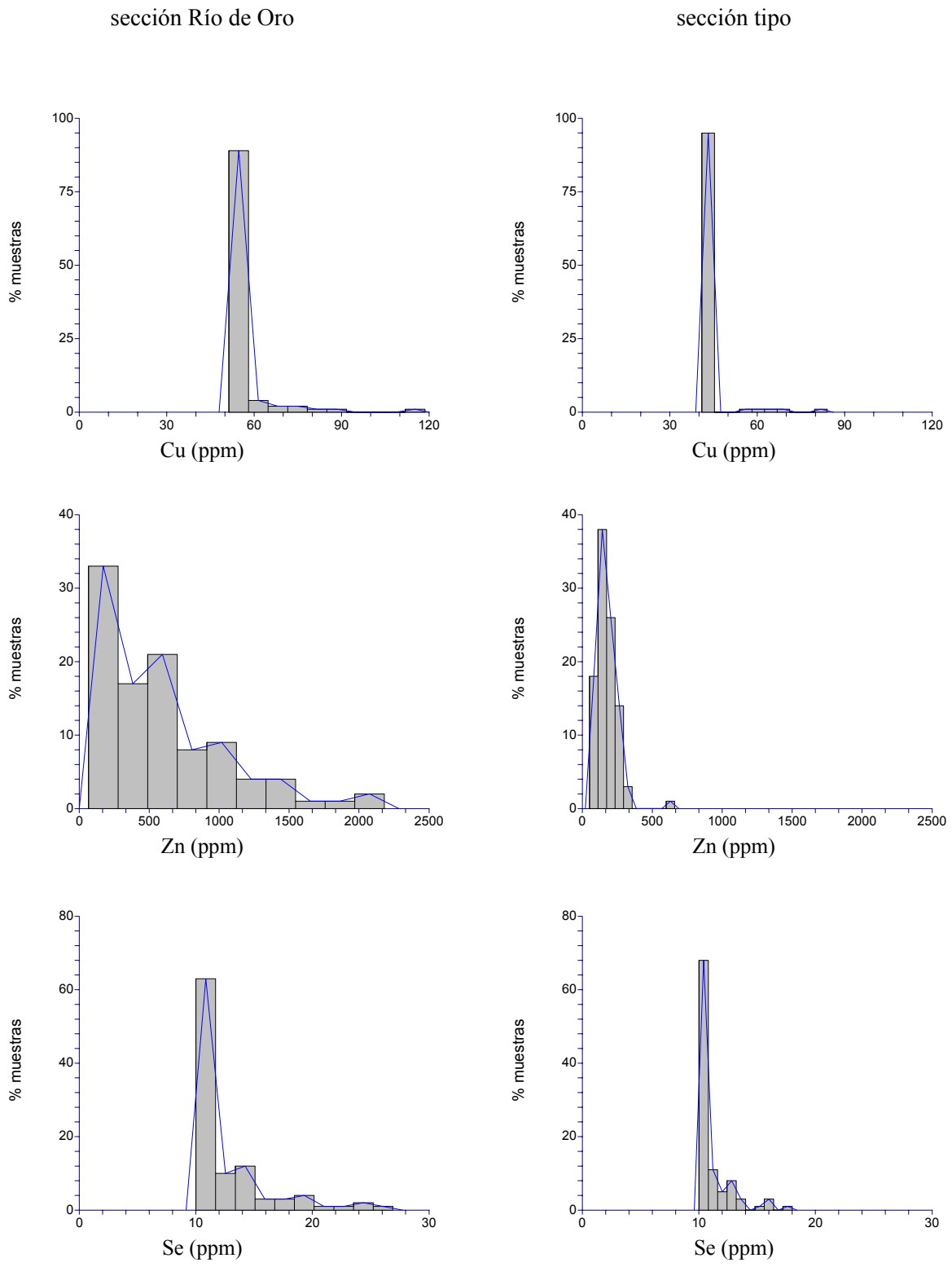


Figura 5.1. (Continuación).

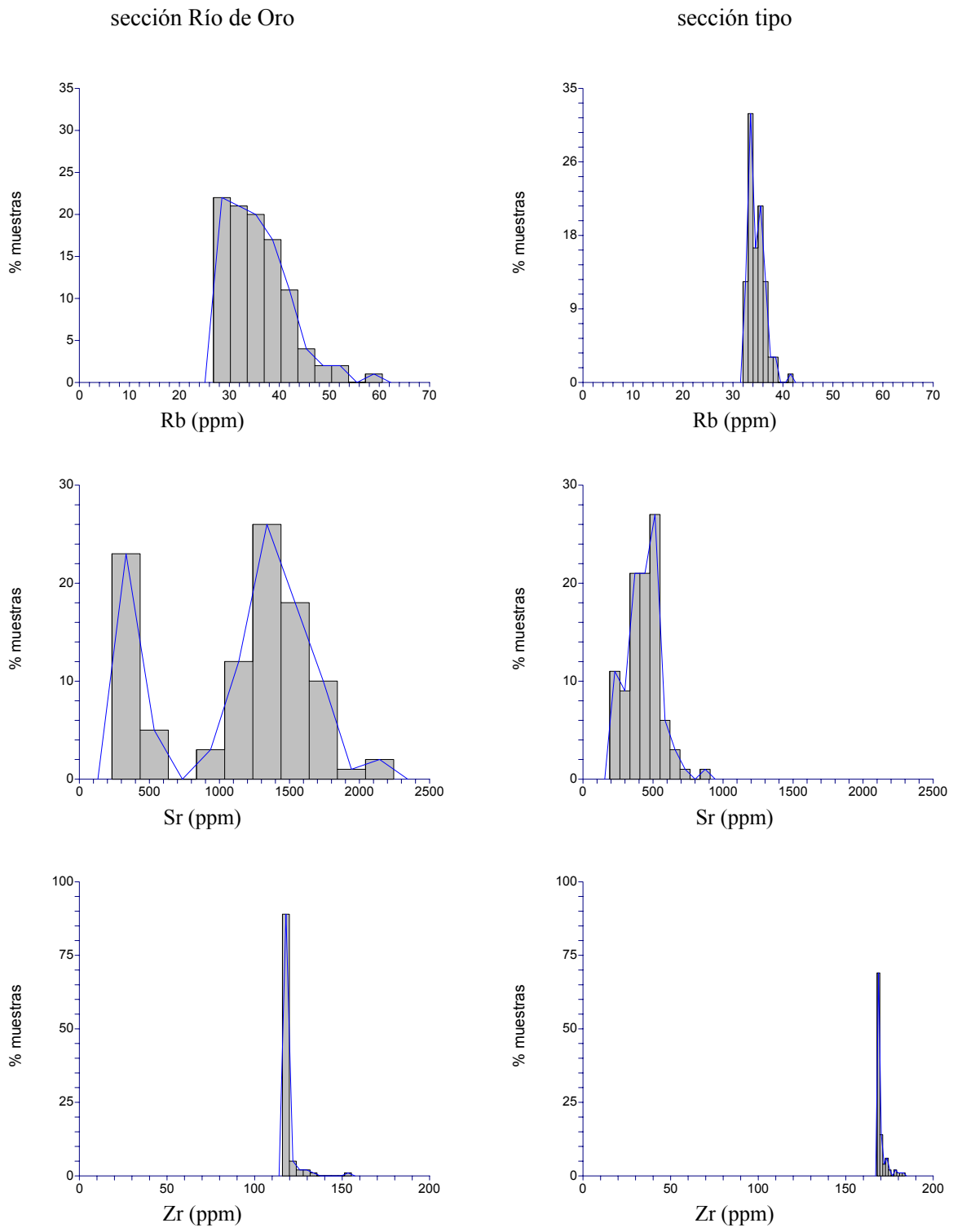


Figura 5.1. (Continuación).

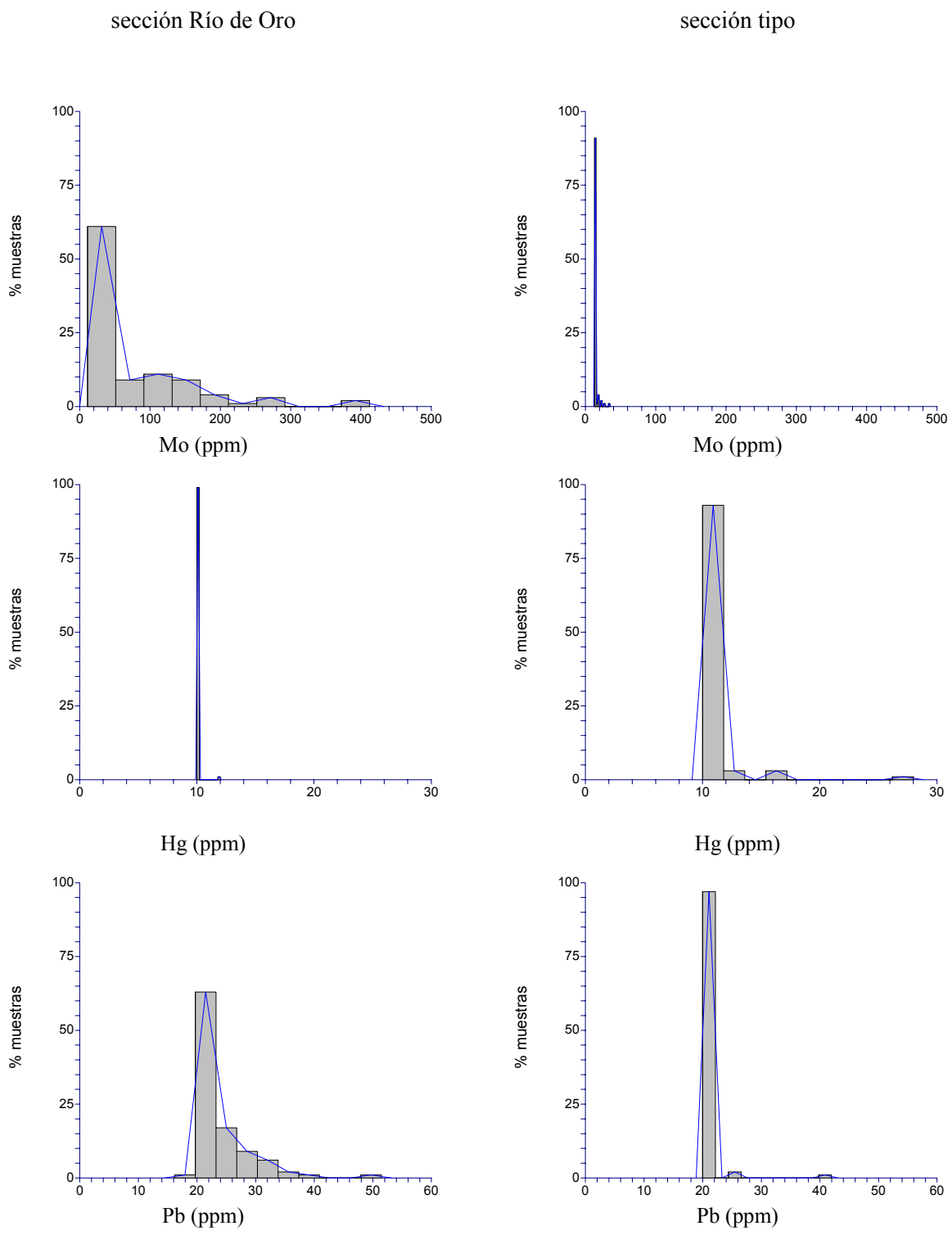


Figura 5.1. (Continuación).

5.2.1.2. Diagramas de caja químicos

En la tabla 5.2, expuesta a continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la manipulación de los datos en diagramas de caja químicos para la Formación Querecual (mostrados en las figuras 5.2 y 5.3), en la sección Río de Oro y la sección tipo (ésta última por ARREAZA (2002)) con el fin de establecer comparaciones entre ambas secciones.

Tabla 5.2. Cuadro comparativo de las dos secciones estratigráficas de la Formación Querecual, mediante el uso de diagramas de caja.

	sección Río de Oro	**sección tipo**
SiO_2	La mediana presenta un valor de 27 %, con una dispersión alta en la sección, a juzgar por el tamaño de la caja.	La mediana alcanza un valor de 35 %. El tamaño de la caja indica una dispersión mayor que en Río de Oro.
TiO_2	La dispersión es muy parecida a la de la sección tipo, aunque ligeramente mayor. El valor de la mediana es de 0,1 %. Se presentan pocos valores anómalos.	La mediana presenta un valor de 0,15%. Al igual que en la sección Río de Oro, la dispersión es baja y se presentan algunos valores anómalos.
Al_2O_3	La dispersión es baja y similar a la de la sección tipo, con mediana en 2 %. Se presentan pocos valores anómalos en esta sección.	Mediana en 3,5 %. Se observa baja dispersión y algunos valores anómalos.
Fe_2O_3	La dispersión de los datos es muy baja, con una mediana cuyo valor es 0,5 %, siendo muy similar a la de la sección tipo.	Dispersión y mediana muy parecidas a las de la sección Río de Oro (0,7 %). Se presentan algunos valores anómalos.
MnO	Debido a que los valores de concentración son constantes (0,02 %), no hay dispersión de los datos.	Debido a que los valores de concentración son constantes (0,02 %), no hay dispersión de los datos.
MgO	Los escasos valores registrados de este componente son anómalos	Dispersión baja, con un número considerable de valores anómalos. No presenta mediana.
CaO	Dispersión alta, reflejado en el tamaño de la caja. Mediana con valor de 44 %.	Dispersión alta y similar a la de la sección Río de Oro. La mediana presenta un valor de 29 %.
K_2O	Dispersión muy baja e inferior a la de la sección tipo, sin embargo las medianas en ambas secciones son similares (0,3 % en Río de Oro).	Baja dispersión y algunos valores anómalos. Mediana = 0,35 %

Tabla 5.2. (Continuación)

	sección Río de Oro	**sección tipo**
V	Dispersión relativamente alta y similar a la sección tipo. Mediana con valor de 200 ppm.	Dispersión como la de Río de Oro con valores anómalos. Valor de la mediana = 100 ppm.
Cr	Dispersión alta y superior a la de la sección tipo. La mediana alcanza un valor de 230 ppm	No dispersión de los datos en esta sección, salvo algunos valores anómalos
Co	Debido a que los valores de concentración son constantes (10 ppm), no hay dispersión de los datos.	Debido a que los valores de concentración son constantes (5 ppm), no hay dispersión de los datos.
Ni	Valores cercanos a cero, con máximos en 300 ppm y pocos valores anómalos. Muy similar a la Sección Tipo.	Valores cercanos a cero, con valores máximos cercanos a 300 ppm y algunos valores anómalos
Cu	No hay dispersión de este elemento en esta sección salvo unos pocos valores anómalos	No hay dispersión de este elemento en esta sección, salvo algunos valores anómalos
Zn	Alta dispersión, superior a la de la sección tipo. La mediana se presenta con un valor de 40 ppm.	Baja dispersión y algunos valores anómalos. La mediana alcanza un valor de 200 ppm
Se	Muy baja dispersión, pocos valores anómalos. Mediana igual a la de la sección tipo (10 ppm).	Muy baja dispersión, ligeramente inferior a la de la sección Río de Oro. Se observan algunos valores anómalos.
Rb	Dispersión baja, mayor que la de la sección tipo. La mediana se presenta con un valor de 35 ppm.	Dispersión muy baja, con mediana muy similar a la de la sección Río de Oro (35 ppm).
Sr	Dispersión muy alta y similar a la de la sección tipo. La mediana alcanza un valor de 1250 ppm.	Dispersión alta como en Río de Oro, con una mediana de valor inferior a la de la otra sección (500 ppm).
Zr	No hay dispersión de este elemento en esta sección salvo unos pocos valores anómalos	Muy baja dispersión, algunos valores anómalos Mediana con valores cercanos a 65 ppm
Mo	Dispersión baja, pero mayor que en la sección tipo. La mediana alcanza valores cercanos a cero, igual que en la otra Sección.	Dispersión muy baja, con numerosos valores anómalos y mediana en cero.
Hg	Debido a que los valores de concentración son constantes, no hay dispersión de los datos.	Debido a que los valores de concentración son constantes, no hay dispersión de los datos.
Pb	Baja dispersión y pocos valores anómalos. La mediana presenta un valor similar a la de la sección tipo (20 ppm),	Dispersión baja y muy similar a la de la sección Río de Oro. También hay coincidencias con respecto al valor de la mediana (20 ppm).

En los diagramas de caja construidos para la sección Río de Oro y aquellos tomados del trabajo de ARREAZA (2002) existen similitudes y algunas divergencias en cuanto a la dispersión y concentración de algunos componentes químicos. En la figura 5.2 se agrupan y comparan las distintas variables químicas de acuerdo a la localidad. De esta forma se observa que dentro de los componentes mayoritarios destacan el SiO_2, CaO y Al_2O_3 como los óxidos con mayor dispersión. Los dos últimos son los principales componentes de las calizas y arcillas; el SiO_2, como se mencionó anteriormente, puede estar presente en forma de esqueletos de radiolarios y como espículas de esponjas. Entre los elementos traza destacan el V, Zn, y Sr por el tamaño de sus cajas, reflejo directo de la dispersión. El V está asociado a la fase orgánica, pudiendo estar más concentrado en lutitas de la formación; el Sr suele estar ligado con los carbonatos, muy abundantes en calizas y lutitas carbonáticas; por último al Zn se le asocia con la fracción clástica, menos abundante dentro de la formación, y cuyos valores se incrementan hacia el tope de la misma.

Comparando cada componente químico en cada sección, se observa que el TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, V, Co, Ni, Cu y Sr presentan cajas de tamaños similares, reflejando dispersiones parecidas, aunque no necesariamente medianas iguales. En la sección tipo los valores de SiO_2 son superiores a los de la sección de Río de Oro. El CaO se presenta en concentraciones similares en ambas secciones, siendo éstas ligeramente mayores en Río de Oro. El Zn, Rb, Mo y Cr se presentan también en concentraciones mayores a las de la sección tipo. Caso contrario sucede con el K_2O, Sr y Pb los cuales son más abundantes dentro de la sección tipo (Figura 5.3).

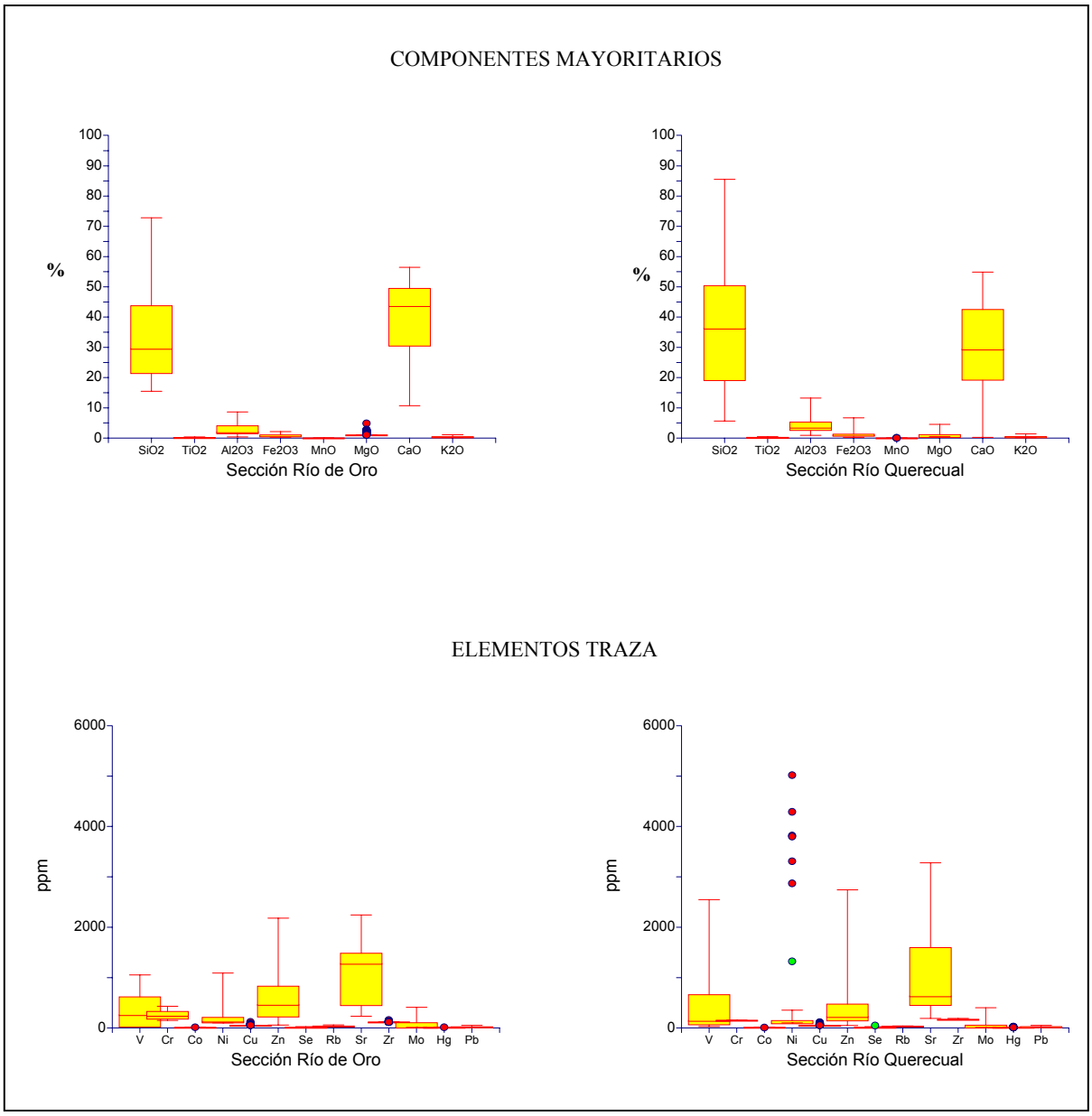


Figura 5.2. Diagramas de caja generales de la Formación Querecual en la sección de Río de Oro y la sección tipo, ubicada en el río Querecual.

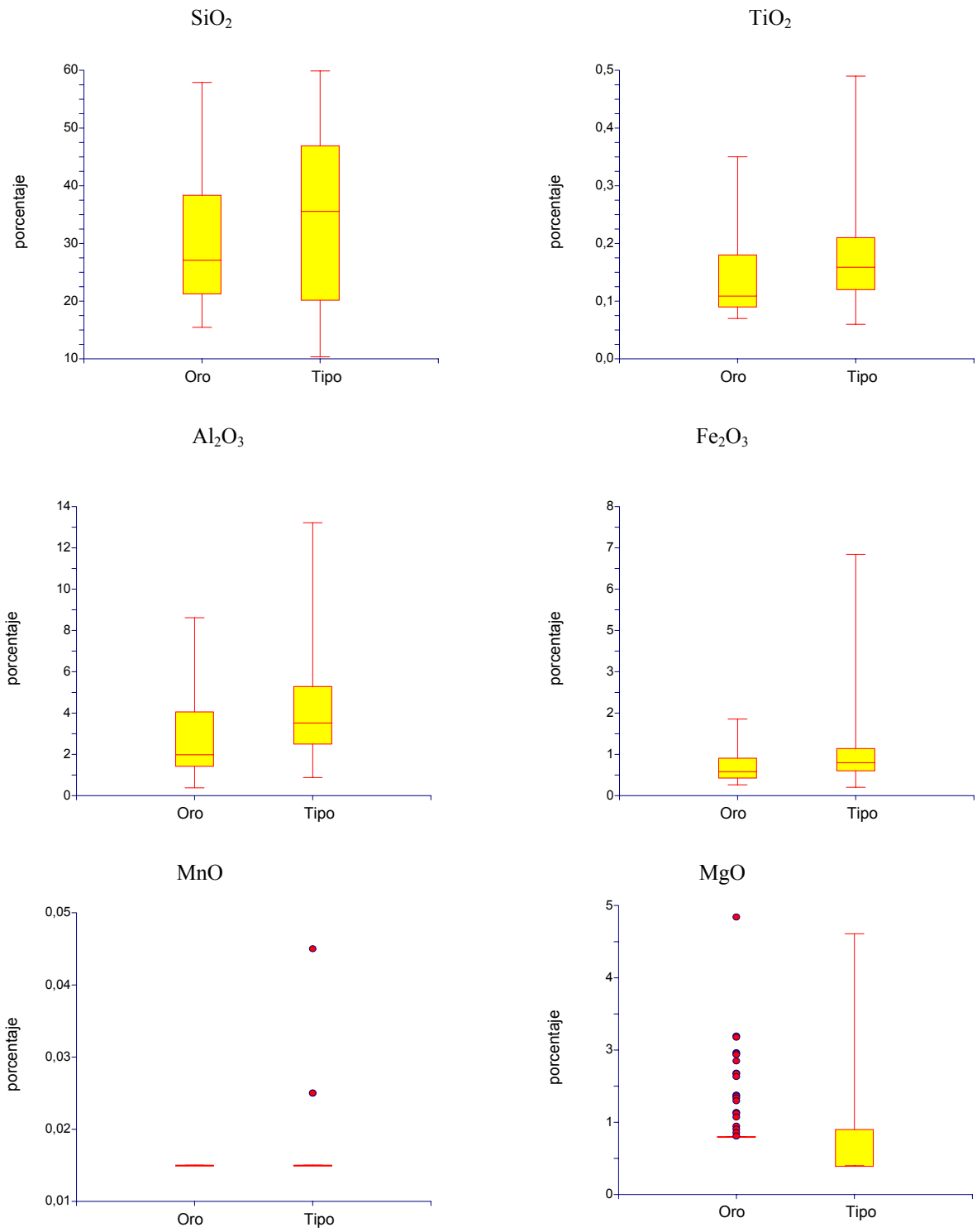


Figura 5.3. Diagramas de caja de la Formación Querecual en la sección de Río de Oro y la sección tipo, ubicada en el río Querecual.

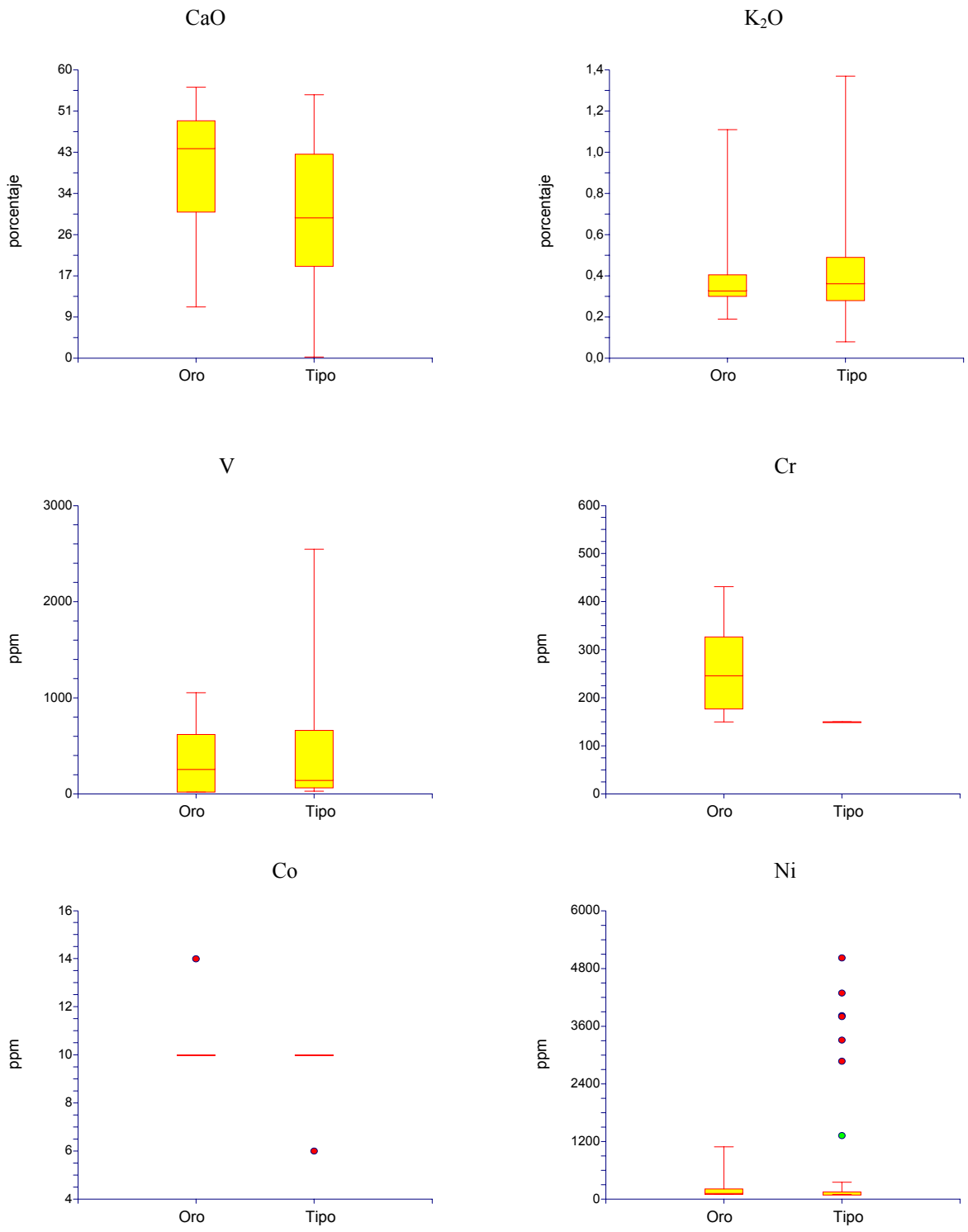


Figura 5.3. (continuación).

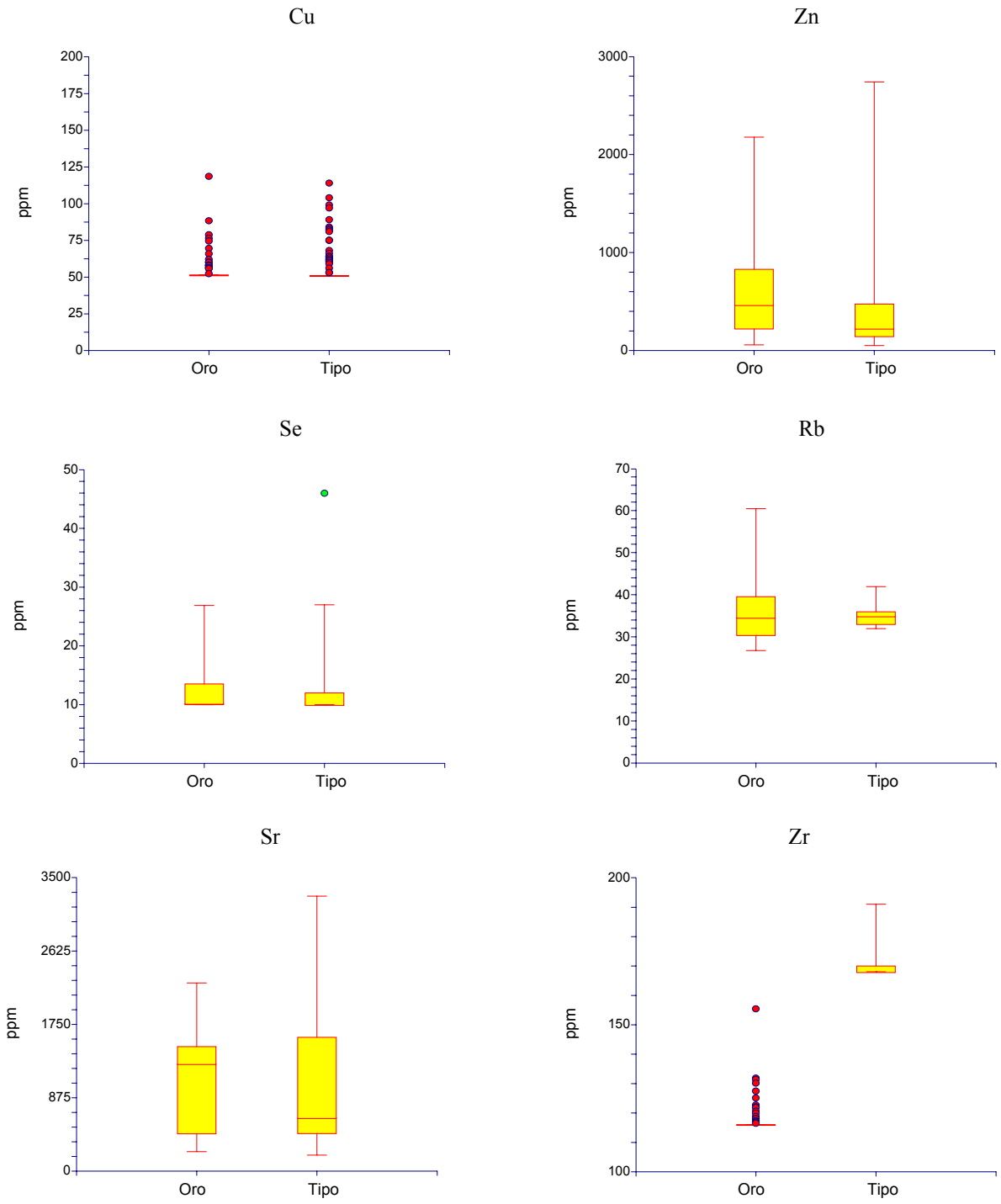


Figura 5.3. (continuación).

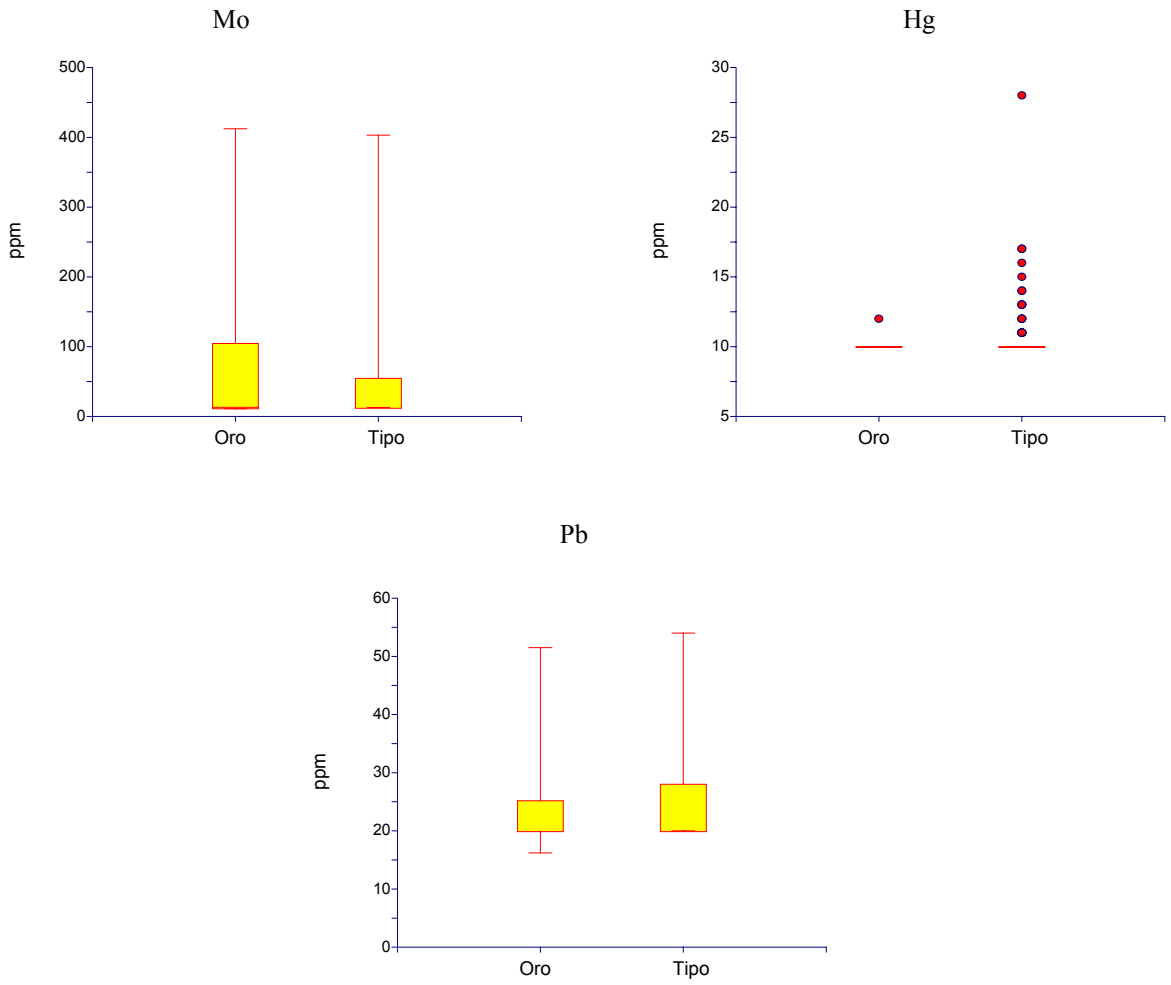


Figura 5.3. (continuación)

5.2.1.3.Diagramas de dispersión químicos

El uso de este tipo de gráficos es de suma importancia para poder comparar entre las distintas variables químicas y deducir las relaciones lineales entre ellas, así como también estudiar la movilidad de ciertos componentes como respuesta a los efectos de la meteorización y diagénesis (REATEGUI 2001).

En los apéndices V.1.1 y V.1.2 se presentan las distintas combinaciones entre las variables químicas determinadas, planteadas de forma general y diferenciadas según la litología presente

en las secciones cretácicas (formaciones Querecual y San Antonio), así como también las ecuaciones de las líneas de regresión y los valores de los coeficientes de correlación (r). Cabe destacar que estas combinaciones entre elementos se realizaron de manera sistemática, sin embargo hubo elementos que se descartaron para este análisis porque sus valores de concentración eran constantes o casi constantes, por lo que no aportaban información alguna para este tipo específico de análisis. Dichos componentes son MnO, Co y Hg en la sección de Río de Oro; y MnO, Cr, Co y Hg en la sección tipo.

Las tablas 5.4, 5.5 y 5.6 muestran los valores de los coeficientes de correlación determinados a partir de estos diagramas de dispersión, y de los valores con un 95 y 99% de confiabilidad. El valor de los coeficientes de estos porcentajes fue calculado a partir de la tabla de valores críticos para coeficientes de correlación de SNEDECOR (1946, en DIXON *et al*. 1957), según el número de muestras para cada litología y cada sección.

Para resumir estos datos se construyó la tabla 5.3, donde se muestran los porcentajes de los coeficientes de correlación según la litología de cada sección y según su correlación lineal representativa.

Tabla 5.3. Porcentajes generales de los coeficientes de correlación de la Formación Querecual

	Río de Oro		**sección tipo**	
Confiabilidad	**Calizas**	**Lutitas**	**Calizas**	**Lutitas**
C > 99%	34 %	54 %	44,5 %	31,4 %
95% ≤ C < 99%	8,5 %	14 %	6,5 %	10,4 %
C < 95%	57,5 %	32 %	49 %	58,2 %

Tabla 5.4. Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación general para las dos secciones de la Formación Querecual.

sección Río de Oro

sección tipo

r	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$Fe2O_3$	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Pb
SiO_2		0,758	0,813	0,697	0,117	0,965	0,651	0,455	0,000	0,059	0,075	0,257	0,106	0,717	0,880	0,369	0,283	0,483
TiO_2	0,581		0,941	0,862	0,249	0,840	0,890	0,420	0,433	0,195	0,103	0,269	0,047	0,897	0,740	0,654	0,217	0,364
Al_2O_3	0,545	0,952		0,838	0,186	0,855	0,870	0,482	0,465	0,226	0,111	0,293	0,008	0,864	0,779	0,586	0,288	0,408
$Fe2O_3$	0,261	0,862	0,592		0,309	0,778	0,763	0,335	0,403	0,193	0,017	0,186	0,252	0,802	0,649	0,538	0,546	0,193
MgO	0,281	0,294	0,245	0,221		0,202	0,178	0,014	0,010	0,084	0,014	0,069	0,044	0,287	0,070	0,093	0,051	0,207
CaO	0,965	0,716	0,662	0,430	0,346		0,713	0,428	0,528	0,219	0,068	0,228	0,047	0,820	0,875	0,449	0,251	0,497
K_2O	0,263	0,742	0,680	0,323	0,163	0,372		0,405	0,362	0,156	0,115	0,257	0,014	0,879	0,657	0,815	0,200	0,305
V	0,315	0,150	0,176	0,156	0,048	0,226	0,081		0,780	0,258	0,310	0,690	0,347	0,192	0,576	0,295	0,702	0,110
Cr	0,130	0,004	0,058	0,072	0,069	0,079	0,036	0,077		0,259	0,313	0,590	0,230	0,236	0,605	0,260	0,617	0,157
Ni	0,059	0,036	0,022	0,020	0,001	0,042	0,037	0,020	0,020		0,068	0,219	0,089	0,121	0,296	0,075	0,220	0,084
Cu	0,243	0,190	0,150	0,141	0,027	0,21	0,19	0,141	0,141	0,000		0,448	0,411	0,055	0,146	0,088	0,132	0,178
Zn	0,184	0,101	0,115	0,053	0,066	0,352	0,056	0,762	0,017	0,014	0.119		0,371	0,060	0,373	0,206	0,606	0,004
Se	0,036	0,022	0,017	0,269	0,107	0,017	0,068	0,151	0,504	0,051	0.226	0,207		0,062	0,196	0,036	0,196	0,277
Rb	0,375	0,757	0,727	0,392	0,174	0,493	0,767	0,198	0,086	0,051	0.226	0,148	0,008		0,666	0,654	0,030	0,433
Sr	0,753	0,375	0,305	0,214	0,296	0,755	0,228	0,549	0,116	0,037	0.193	0,325	0,030	0,206		0,418	0,380	0,533
Zr	0,295	0,490	0,393	0,289	0,202	0,349	0,310	0,022	0,369	0,001	0.038	0,046	0,170	0,221	0,214		0,170	0,568
Mo	0,161	0,237	0,274	0,194	0,052	0,068	0,134	0,788	0,058	0,004	0.067	0,741	0,155	0,339	0,330	0,005		0,010
Pb	0,387	0,005	0,057	0,207	0,170	0,339	0,040	0,453	0,066	0,009	0.097	0,180	0,148	0,036	0,629	0,044	0,271	

Rojo: C >99%; Azul: 95% ≤ C <99% ; Negro: < 95% donde C es Confiabilidad. # de muestras: sección Río de Oro (104) y sección tipo (257)
Coeficientes de correlación: sección Río de Oro C = 0,251 y C = 0,193 / sección tipo C = 0,162 y C = 0,143

Tabla 5.5. Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación para las calizas de las dos secciones de la Formación Querecual.

sección Río de Oro

sección tipo (río Querecual)

r	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Pb
SiO_2		0,810	0,81	0,66	0,167	0,981	0,605	0,343	0,430	0,175	0,058	0,172	0,103	0,734	0,853	0,381	0,115	0,522
TiO_2	0,597		0,940	0,75	0,188	0,855	0,840	0,314	0,316	0,148	0,121	0,214	0,000	0,846	0,718	0,567	0,131	0,365
Al_2O_3	0,571	0,932		0,73	0,141	0,824	0,867	0,410	0,352	0,149	0,066	0,233	0,049	0,821	0,742	0,540	0,184	0,392
Fe_2O_3	0,143	0,369	0,320		0,284	0,719	0,680	0,290	0,374	0,158	0,095	0,174	0,325	0,683	0,562	0,445	0,082	0,063
MgO	0,256	0,301	0,241	0,200		0,239	0,196	0,059	0,092	0,128	0,133	0,069	0,000	0,309	0,000	0,116	0,141	0,208
CaO	0,970	0,705	0,642	0,294	0,322		0,627	0,303	0,404	0,132	0,079	0,132	0,048	0,788	0,820	0,428	0,073	0,514
K_2O	0,228	0,717	0,648	0,132	0,147	0,314		0,319	0,215	0,105	0,091	0,192	0,045	0,827	0,599	0,682	0,119	0,286
V	0,387	0,039	0,014	0,058	0,022	0,339	0,068		0,708	0,154	0,058	0,655	0,280	0,048	0,513	0,308	0,761	0,014
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,061	0,039	0,022	0,022	0,014	0,044	0,036	0,000	0,166		0,060	0,142	0,000	0,081	0,229	0,087	0,105	0,000
Cu	0,017	0,017	0,093	0,004	0,073	0,010	0,044	0,204	0,756	0,026		0,341	0,131	0,138	0,100	0,098	0,000	0,081
Zn	0,189	0,057	0,057	0,047	0,059	0,127	0,022	0,792	0,571	0,000	0,199		0,273	0,064	0,319	0,230	0,727	0,116
Se	0,157	0,000	0,017	0,444	0,079	0,087	0,083	0,198	0,162	0,046	0,062	0,231		0,000	0,192	0,132	0,235	0,220
Rb	0,410	0,731	0,677	0,153	0,160	0,488	0,720	0,000	0,078	0,053	0,009	0,118	0,045		0,596	0,533	0,237	0,477
Sr	0,772	0,497	0,427	0,259	0,290	0,798	0,294	0,573	0,509	0,042	0,003	0,312	0,000	0,305		0,469	0,260	0,542
Zr	0,166	0,387	0,303	0,203	0,150	0,234	0,251	0,057	0,240	0,036	0,124	0,052	0,000	0,193	0,165		0,178	0,204
Mo	0,164	0,153	0,191	0,037	0,045	0,099	0,017	0,745	0,550	0,000	0,122	0,816	0,235	0,217	0,307	0,032		0,164
Pb	0,486	0,309	0,232	0,047	0,204	0,497	0,228	0,384	0,066	0,014	0,004	0,110	0,220	0,227	0,853	0,117	0,115	

Rojo: C >99%; Azul: 95% ≤ C <99% ; Negro: < 95% donde C es Confiabilidad. # de muestras: sección Río de Oro (104) y sección tipo (257)
Coeficientes de correlación: sección Río de Oro C = 0,330 y C = 0,254 / sección tipo C = 0,182 y C = 0,138

Tabla 5.6. Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación para las lutitas de las dos secciones de la Formación Querecual.

sección Río de Oro

sección tipo (río Querecual)

r	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Pb
SiO_2		0,806	0,860	0,808	0,304	0,982	0,642	0,595	0,680	0,505	0,128	0,342	0,128	0,763	0,901	0,370	0,505	0,362
TiO_2	0,679		0,930	0,902	0,298	0,880	0,915	0,585	0,595	0,332	0,164	0,406	0,020	0,915	0,776	0,728	0,360	0,232
Al_2O_3	0,668	0,951		0,877	0,228	0,890	0,841	0,617	0,609	0,457	0,206	0,421	0,010	0,870	0,802	0,628	0,455	0,307
Fe_2O_3	0,630	0,894	0,896		0,301	0,872	0,779	0,443	0,484	0,282	0	0,258	0,169	0,849	0,727	0,603	0,321	0,177
MgO	0,373	0,239	0,199	0,210		0,326	0,171	0,192	0,313	0,187	0,091	0,036	0,100	0,180	0,264	0,104	0,275	0,113
CaO	0,973	0,804	0,783	0,755	0,397		0,735	0,581	0,669	0,467	0,110	0,342	0,062	0,840	0,907	0,481	0,491	0,363
K_2O	0,295	0,709	0,622	0,478	0,130	0,401		0,506	0,484	0,241	0,179	0,358	0,041	0,912	0,655	0,900	0,303	0,195
V	0,518	0,207	0,218	0,017	0,149	0,455	0,129		0,855	0,747	0,541	0,749	0,422	0,354	0,663	0,310	0,637	0,383
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0		0,689	0,457	0,613	0,313	0,403	0,709	0,286	0,700	0,332
Ni	0,010	0,147	0,168	0,205	0,045	0,084	0,010	0	0		0,435	0,622	0,462	0,153	0,566	0,073	0,775	0,434
Cu	0,323	0,160	0,188	0,135	0,036	0,302	0,026	0,574	0	0,046		0,607	0,639	0,065	0,223	0,101	0,226	0,473
Zn	0,350	0,219	0,202	0,122	0,061	0,317	0,188	0,657	0	0	0,473		0,520	0,233	0,448	0,228	0,419	0,279
Se	0,166	0,000	0,100	0,100	0,065	0,149	0,130	0,438	0	0,078	0,334	0,406		0,093	0,234	0,132	0,135	0,325
Rb	0,351	0,710	0,671	0,615	0,103	0,463	0,817	0	0	0,047	0,081	0,142	0,200		0,717	0,757	0,206	0,244
Sr	0,882	0,648	0,599	0,546	0,417	0,890	0,365	0,543	0	0,039	0,300	0,274	0,198	0,351		0,398	0,548	0,478
Zr	0,451	0,624	0,506	0,442	0,147	0,494	0,417	0,341	0	0,123	0,224	0,280	0,327	0,231	0,377		0,188	0,160
Mo	0,368	0,081	0,062	0,042	0,147	0,299	0,014	0,740	0	0,065	0,514	0,557	0,256	0,211	0,326	0,326		0,449
Pb	0,240	0,212	0,246	0,341	0,232	0,106	0,135	0,417	0	0,164	0,276	0,138	0,206	0,342	0,321	0,075	0,370	

Rojo: C >99%; Azul: 95% ≤ C <99% ; Negro: < 95% donde C es Confiabilidad. # de muestras: sección Río de Oro (104) y sección tipo (257)
Coeficientes de correlación: sección Río de Oro C = 0,384 y C = 0,297 / sección tipo C = 0,368 y C = 0,285

En esta tabla se puede observar que en ambas secciones, aproximadamente el 34 % de las combinaciones lineales de las calizas presenta una buena relación lineal (confiabilidad de 99 %, con r = 0,330). En la sección Río de Oro estos buenos ajustes ocurren en todos los componentes químicos mayoritarios excepto en el MgO; y en casi todos los elementos traza; mientras que en la sección tipo se logran excelentes ajustes en todos los compuestos mayoritarios y en la mayoría de los elementos traza, excepto Cr y Ni. Una gran parte de las combinaciones en las calizas (57,5 %) se aleja mucho de la linealidad (< 95 %). Esto último ocurre con el MgO, Ni, Cu, Zn, Se y Mo en la sección Río de Oro, y con el Ni, Cu, Zr y Mo en la sección tipo. Los bajos coeficientes en las combinaciones con MgO pueden ser justificados por las concentraciones bajas de este componente a lo largo de toda la Sección. Por otro lado las buenas relaciones entre los elementos mayoritarios reflejan dependencia entre las variables combinadas (MARTÍNEZ & CAMPOSANO 2000), como por ejemplo SiO_2 vs. TiO_2, Al_2O_3 o K_2O, todos ellos asociados a la fracción clástica en rocas sedimentarias (BRICEÑO & CALLEJÓN 2000, BRICEÑO *et al.* 1996), pudiendo asociarse a las calizas arcillosas presentes en la formación.

El 54 % de las combinaciones lineales en lutitas de la sección Río de Oro presenta una muy buena relación lineal (> 99 % de confiabilidad, r = 0,384) y un 14 % entre 95 y 99 % de confiabilidad. Las mejores relaciones (99 % de confiabilidad) se consiguen en todos los componentes mayoritarios excepto el MgO, y en todos los elementos traza; los medianos ajustes (intervalo 95-99 %, r = 0,297) tienden a concentrarse en el MgO y Pb, aunque también se presenta en otros elementos. En la sección tipo este número no llega a ser tan alto, alcanzando apenas un 31,1% y 10,4 % dentro del 99 y 95 % de confiabilidad respectivamente (r = 0,368 si C> 99% y r = 0,285 si 95% < C < 99%). Los ajustes con 99 % de confianza para esta sección se encuentran mayormente en todos los elementos mayoritarios y en trazas como el V, Cu, Zn, Rb y Sr entre otros. Por otro lado, la mayoría de las lutitas de la Formación Querecual sigue manteniendo una relación no lineal (C < 95 %), en ambas secciones (57,5 % en Río de Oro y 49 % en río Querecual).

El Apéndice V.1.2 muestra los diagramas de dispersión que serán referidos en el texto. Algunos de estos diagramas demuestran que el ajuste de las líneas de regresión depende del

tipo litológico y de los pares químicos involucrados. De esta forma se observa que en el caso SiO_2 vs. CaO existe un ajuste excelente con pendiente negativa para todas las litologías, donde altas proporciones de SiO_2 responden a poca cantidad de CaO, reflejando el carácter siliciclástico o carbonático de la sección. Un comportamiento similar se puede mostrar en los pares químicos SiO_2 vs. V y SiO_2 vs. Mo, donde se compara la afinidad clástica con la orgánica, con un relativamente mejor ajuste en lutitas de ambas secciones.

Es importante hacer notar el comportamiento del Rb y Sr dentro de estos diagramas. El Rb en presenta un comportamiento lineal con pendiente positiva en Río de Oro y río Querecual cuando se le combina con la mayoría de los componentes mayoritarios (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, K_2O) esta pendiente es negativa cuando se le relaciona con CaO (Apéndice 5.1.2). Con elementos traza como V, Zn y Zr presenta el mismo ajuste a una línea recta con pendiente positiva, mientras que con el Mo, Pb, Se, Cu y Ni la dispersión es mayor. La combinación Rb vs. Sr en Río de Oro presenta una separación en dos poblaciones, la mayor, representada en su mayoría por calizas, y con altas concentraciones de Sr y bajo Rb; la otra población, de menor tamaño, está representada mayormente por lutitas de la formación, donde los valores de Rb aumentan (entre 40 y 60 ppm) mientras que los de Sr disminuyen (de 1000 a 2500 ppm de concentración).

La mayor parte de las combinaciones con Sr presentan en los diagramas dos agrupaciones. Estos casos se presentan con el SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, K_2O, Sr, Zr, Mo y Pb en Río de Oro. Cuando se le asocia con SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, K_2O y Cr, con afinidad a sedimentos terrígenos (BRICEÑO *et al*. 1996, BRICEÑO & CALLEJÓN 2000) las pendientes de las rectas de regresión tienden a ser negativas, caso contrario cuando se le asocia con algunos elementos con tendencia a presentarse en sedimentos carbonáticos y facies orgánicas (CaO, Zn). Las agrupaciones de mayor población tienen una tendencia a presentar las mayores concentraciones de Sr, y éstas suelen estar compuestas por una predominancia de calizas sobre lutitas (Apéndice 5.1.2).

Movilidad de los elementos

El Al y Ti están entre los elementos más inmóviles dentro del sistema químico sedimentario (MASON & MOORE 1958, MARTÍNEZ 2001 y REATEGUI 2001). En los diagramas de dispersión del Al_2O_3 se observan mejores ajustes cuando este óxido es relacionado con K_2O y Rb (Apéndice V.1.1). Según REATEGUI (2001), esto puede indicar que estos dos componentes se comportan de manera relativamente inmóvil, sin haber sufrido alteración en el proceso de meteorización y diagénesis. Además, las ligeras desviaciones de la linealidad observadas en estos gráficos pueden ser el reflejo de pequeñas diferencias en el material parental, o un ligero fraccionamiento hidráulico diferencial de las fases minerales principales (FRALICK & KRONBERG 1997).

MARTÍNEZ (2001) opina que buenos ajustes de estas relaciones pueden indicar una alta afinidad del K_2O y Rb con la fase arcillosa. De esta manera el K_2O queda asociado con los minerales de arcilla contenidos tanto en lutitas como en calizas arcillosas de la sección de Río de Oro. En el caso del TiO_2, los elementos al cual se relacionan están asociados con la fracción clástica relativa con los minerales pesados. Así, en los diagramas, se observan buenos ajustes lineales cuando se le asocia con Al_2O_3, K_2O y Rb, recalcando el carácter inmóvil de estos componentes tanto en lutitas como calizas de la formación (Apéndice V.1.1).

Entre otras, la relación K_2O vs. Zr tiene una buena relación lineal, especialmente en lutitas de la formación en Río de Oro. El Zr, por sus características de potencial iónico intermedio (5,1), es precipitado por hidrólisis (MASON & MOORE 1958), y puede considerarse como un elemento relativamente inmóvil dentro del sistema. De esta forma se puede confirmar lo anteriormente dicho sobre la inmovilidad del K_2O y su inalterabilidad ante la meteorización y diagénesis en minerales de arcilla. Otras relaciones con buena linealidad son: Fe_2O_3 vs. Rb (lutitas), CaO vs. Sr (lutitas), K_2O vs. Rb (lutitas y en menor grado calizas).

Así como se observa la presencia de combinaciones con buenos ajustes lineales, existe una gran cantidad de pares con gran dispersión dentro de la nube de datos. Las relaciones más destacadas, en Río de Oro son: SiO_2 vs. Zn, SiO_2 vs. Mo, TiO_2 vs. Zn, TiO_2 vs. Mo, Al_2O_3 vs. Zn, Al_2O_3 vs. Se, Fe_2O_3 vs. Se, Fe_2O_3 vs. Sr (calizas), Fe_2O_3 vs. Mo, Fe_2O_3 vs. Pb, CaO vs.

Mo, K_2O vs. Zn, K_2O vs. Mo, K_2O vs. Pb, V vs. Zn, V vs. Mo, V vs. Pb, Zn vs. Mo, Cr vs. Zn (Apéndice V.1.1). En los casos específicos donde Fe_2O_3, CaO y Sr están presentes puede justificarse esta alta dispersión en el hecho de que estos elementos presentan potenciales iónicos bajos, por lo cual permanecen en solución durante los procesos de meteorización y transporte, reflejándose en una alta movilidad.

más destacadas en Río de Oro son SiO_2 vs. Zn, SiO_2 vs. Mo, TiO_2 vs. Zn, TiO_2 vs. Mo, Al_2O_3 vs. Zn, Al_2O_3 vs. Se, Fe_2O_3 vs. Se, Fe_2O_3 vs. Sr (calizas), Fe_2O_3 vs. Mo, Fe_2O_3 vs. Pb, CaO vs. Mo, K_2O vs. Zn, K_2O vs. Mo, K_2O vs. Pb, V vs. Zn, V vs. Mo, V vs. Pb, Zn vs. Mo, Cr vs. Zn (Apéndice V.1.1). En los casos específicos donde Fe_2O_3, CaO y Sr están presentes puede justificarse esta alta dispersión en el hecho de que estos elementos presentan potenciales iónicos bajos, por lo cual permanecen en solución durante los procesos de meteorización y transporte, reflejándose en una alta movilidad.

5.2.2. DEFINICIÓN DE UNIDADES QUÍMICAS

Para definir una unidad química es necesario establecer ciertos criterios que permitan en una sección estratigráfica diferenciar y reconocer intervalos con características químicas distintas. Estas diferencias son determinadas en base a las variaciones químicas que pueden ser observadas en perfiles construidos a partir de la información química. En el caso específico de esta investigación únicamente se hizo enfoque en las variaciones basadas en la información de algunos componentes mayoritarios y elementos traza. El criterio consiste en ubicar las deflexiones de las curvas más significativas, a las cuales se les denominará *marcadores de primer orden*, los cuales son eventos químicos que se caracterizan por deflexiones importantes en las curvas, de varios elementos (en general cinco o más), y *marcadores de segundo orden*; que son definidos solamente por fluctuaciones de un solo elemento.

Cuando estas inflexiones de las curvas son observadas en numerosos perfiles de manera simultánea al mismo nivel estratigráfico, este comportamiento puede corresponder a procesos geológicos como condiciones de sedimentación, cambios climáticos, cambios de salinidad, variación en el aporte de sedimentos, etc (PEARCE & JARVIS 1995).

Para una mejor descripción de las unidades químicas se referirá una tendencia (+) a las curvas que se comportan similarmente con tendencia a máximos (Figura 5.4) y a los elementos que se comportan de manera especular, es decir con preferencia a mínimos, se describirán con una tendencia (-).

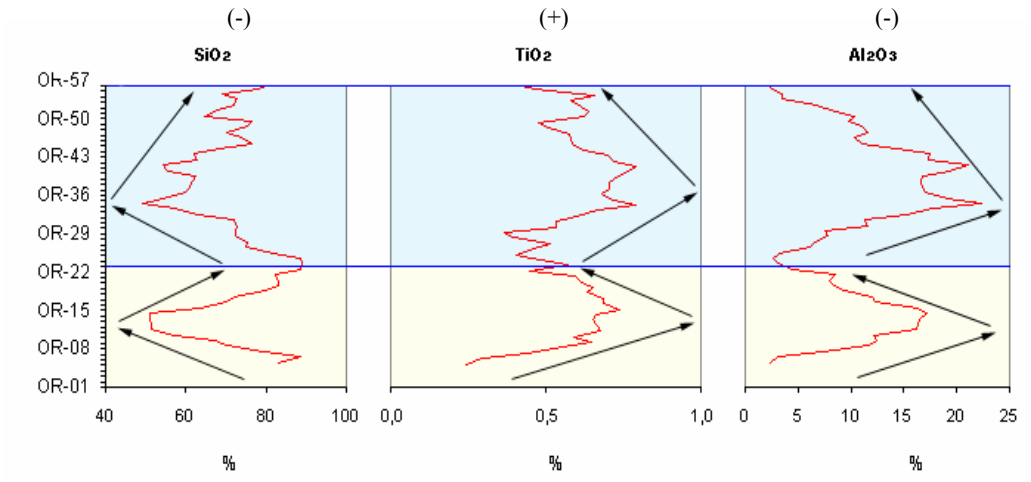


Figura 5.4. Perfiles de concentración química vs. muestras de un intervalo de la sección río Orégano (Formación Naricual) mostrando las tendencias (+) y (-).

BRICEÑO *et al*. (1996) y BRICEÑO & CALLEJÓN (2000) agrupan los componentes químicos de las rocas sedimentarias según sus afinidades químicas dentro de los siguientes grupos o asociaciones:

- *Asociación Clástica*: La cual comprende aquellos elementos que se encuentran generalmente en la fracción siliciclástica, pudiéndose diferenciar en algunos casos entre clástica silícea y clástica arcillosa. Los componentes de esta asociación son: Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3, TiO_2, K_2O, Th, Nb, La y Ce.
- *Asociación Orgánica*: Constituida por metales usualmente fijados en compuestos orgánicos donde, por lo general, las mayores concentraciones se presentan en rocas depositadas en ambientes ricos en actividad orgánica y/o de alta preservación de la misma y/o en ambientes de bajo influjo clástico. Compuesta por: V, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, U y COT (Carbono orgánico total).
- *Asociación Carbonática*: Comprendida principalmente por elementos que constituyen los carbonatos (Ca, Sr, MgO, MnO, P_2O_5 y LOI)

Unidad QDO-1

Esta unidad abarca los primeros 49,5 m de espesor, quedando entonces ubicada en el extremo basal de la formación. Su extensión abarca el intervalo de muestreo DO-01 a DO-26.

Esta unidad se ha dividido en dos paquetes litológicos:

- El más basal constituido por intercalaciones de calizas de espesores de hasta 3 m y lutitas de 1 m de espesor. Abarca los primeros 27 m de la unidad (intervalo de muestreo DO-01 a DO-13).
- El más superior, más arcilloso y ubicado justo a los 37 m de espesor acumulado. Los primeros 7 m de este paquete están conformados por intercalaciones de calizas arcillosas y lutitas (muestras DO-14 a DO-21), seguidas por intercalaciones de calizas y lutitas en capas de 1 m de espesor (DO-22 a DO-26). Es necesario recalcar que el límite entre estos paquetes es inexacto dada la presencia de un intervalo cubierto entre ellos.

La litología predominante en esta unidad son las calizas, cuyo espesor total es de 11 m, seguidas en orden de abundancia por las lutitas carbonáticas con 8 m de espesor y calizas arcillosas (6 m de espesor). Las lutitas son eminentemente calcáreas, son comunes en todas las litologías los nódulos, laminaciones y vetillas rellenas de calcita y sílice.

Las variaciones de los componentes químicos que sirven de marcadores de primer orden para la definición de esta unidad se presentan en la tabla 5.7.

En esta unidad son notables los valores bajos de SiO_2, TiO_2, Al_2O_3 (integrantes de la fracción siliciclástica), cuyas curvas presentan comportamientos similares: sus valores decrecen hasta que algunos de estos componentes alcanzan un mínimo alrededor de los 26 m de altura estratigráfica (muestra DO-13 y adyacentes), para luego aumentar ligeramente hasta el contacto con la unidad química suprayacente QDO-2. Los valores con tendencia negativa presentes en el perfil de este componente corresponden en su mayoría con calizas, mientras que aquellos puntos donde los valores de TiO_2, Al_2O_3 y Fe_2O_3 tienden a ser relativamente altos (tendencia positiva) parecen corresponder con lutitas y calizas. Estos puntos donde los

componentes de la fracción siliciclástica muestran incrementos en sus concentraciones son indicativos del carácter arcilloso de algunas calizas.

Tabla 5.7. Cuadro comparativo de los componentes químicos que ayudan a definir las distintas unidades químicas en la sección Río de Oro. Los óxidos mayoritarios están en %, mientras los elementos traza en ppm.

		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Zr	Mo	Pb
QDO-5	máximo	67,00	0,30	7,20	1,80	27,90	0,90						13	100	29		
	mínimo	55,00	0,02	1,10	1,10	13,60	0,60						10	57	10		
	promedio	61,00	0,16	4,15	1,45	20,75	0,75						11	78	19		
QDO-4	máximo	60,00	0,20	6,60	1,50	31,40	0,60							82	26		
	mínimo	42,00	0,10	2,70	0,80	18,30	0,10							32	10		
	promedio	51,00	0,15	4,65	1,15	24,85	0,35							57	18		
QDO-3	máximo	57,00	0,12	4,00	1,30	51,60		800	345	700	79	1375	18	57			
	mínimo	20,00	0,02	1,00	0,40	14,30		150	155	129	60	167	10	20			
	promedio	38,50	0,07	2,50	0,85	32,95		475	250	415	70	771	14	38			
QDO-2	máximo	37,00	0,20	3,80	0,90	50,00		825	380		72	850	18			90	
	mínimo	19,00	0,10	1,30	0,50	36,00		100	180		60	400	10			13	
	promedio	28,00	0,15	2,55	0,70	43,00		463	280		66	625	14			52	
QDO-1	máximo	33,00	0,13	2,00		53,00		900	380		70	1100	20			148	33
	mínimo	19,00	0,08	1,00		40,00		250	235		60	250	10			10	20
	promedio	26,00	0,11	1,50		46,50		575	308		65	675	15			79	27

Es importante hacer notar que los valores de los componentes de la fracción siliciclástica dentro de esta unidad son menores que en las unidades suprayacentes. En cuanto a las condiciones de energía, bajas concentraciones de TiO_2 indican poca energía (YARINCIK & MURRAY 2000), dando lugar a la depositación de material fino. Por otro lado, las bajas proporciones de Fe_2O_3 reflejan la alta solubilidad de este componente bajo condiciones reductoras (YARINCIK *et al*. 2000). Otra característica observable dentro de esta unidad es el comportamiento muy similar entre los perfiles de TiO_2 y Fe_2O_3. MURRAY *et al*. (1995) señala la posibilidad de que estos óxidos compartan una fuente terrígena común.

El perfil de CaO presenta un comportamiento totalmente opuesto al de los óxidos mencionados anteriormente, se observan mayores concentraciones de este componente hacia el tope de la unidad, aproximadamente a unos 45 m de la base (muestra DO-22). Las concentraciones mínimas se registran a los 39 m (muestra DO-06). Comparando esta curva con la del MgO, puede destacarse que en algunos casos valores altos de CaO corresponden

con altas concentraciones de este otro componente (muestras DO-02, 14, 20, 22 y 26, en su mayoría calizas y lutitas). Concentraciones bajas de MgO de observan también en las mismas litologías (muestras DO-04, 08 y 24). Las mayores concentraciones de estos componentes se registran en esta unidad, evidenciando el carácter calcáreo de la unidad (en el caso del CaO). Por otro lado, los valores altos de MgO pueden indicar contenido de material dolomítico en las calizas, o de minerales de arcilla autigénicos como la montmorillonita (según LU *et al*. 2000).

Los elementos traza muestran una mejor definición de la unidad QDO-1 que los componentes mayoritarios. Aquí el V, Cr, Ni, Zn, Rb y Mo tienen una tendencia a aumentar sus valores hacia el centro de la unidad. Los mínimos valores de estos elementos se registran hacia el tope, específicamente en el intervalo de muestreo DO-19 a DO-24. En el caso del V, y Mo (asociados con el contenido de materia orgánica), sus altas concentraciones dentro de la unidad sugieren condiciones eminentemente anóxicas, bajo las cuales pudiera preservarse la materia orgánica. Se observa además que las concentraciones del V son ligeramente mayores que las del Ni. Según BRICEÑO & CALLEJÓN (2000), las altas proporciones de V con respecto al Ni son reflejo de condiciones muy reductoras, las cuales favorecen la fijación del V sobre el Ni. Estos mismos autores señalan además que el V y Mo se fraccionan hacia las fases orgánicas en sedimentos de ambientes marinos.

Además se puede observar que en las calizas las máximas concentraciones corresponden al Pb y Sr, mientras que hay un empobrecimiento en Zn, Se, Rb y Mo. Las lutitas exhiben valores altos de V, Cr, Zn, Rb y Mo, y disminución en las concentraciones de Se, Sr, Zr y Pb. Por último las calizas arcillosas presentan mayor concentración de Rb y Sr que de Zn, Se y Pb. El Ni y el Cu oscilan entre valores muy bajos, mientras que el Zr no presenta variación a través de toda la unidad, éste último por su asociación a la fracción siliciclástica.

En este trabajo se presentan las relaciones elementales SiO_2/Al_2O_3, $(Al_2O_3 + SiO_2)$ / CaO, MnO/Fe_2O_3, Al_2O_3/K_2O, TiO_2/V y TiO_2/Al_2O_3 (Apéndice VII.1) las cuales expresan respectivamente variaciones de energía del medio (BRICEÑO *et al*. 1996), relación entre sedimentación siliciclástica y carbonática (BRICEÑO *et al*. 1996), condiciones de óxido-

reducción (YARINCIK *et al.* 2000), tipos de arcilla (YARINCIK & MURRAY 2000, BRICEÑO *et al*. 1996, TRANDRUP *et al.* 1994, BALISTRIERI *et al.* 1994), oxigenación del medio (YARINCIK *et al.* 2000, BRICEÑO & CALLEJÓN 2000) y relaciones de granulometría (YARINCIK & MURRAY 2000). Los valores mínimos y máximos de dichas relaciones, así como sus valores promedio, se presentan en la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Cuadro comparativo de las relaciones químicas en la sección Río de Oro.

		SiO_2/Al_2O_3	$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	MnO/Fe_2O_3	Al_2O_3/K_2O	TiO_2/V	TiO_2/Al_2O_3
QDO-5	valor máx.	13,30	2,60	0,01	9,00	0,60	0,04
	valor min.	9,30	3,00	0,01	7,70	0,40	0,04
	promedio	11,30	2,80	0,01	8,35	0,50	0,04
QDO-4	valor máx.	21,70	3,80	0,01	11,00	0,30	0,10
	valor min.	8,70	1,50	0,01	8,00	0,20	0,04
	promedio	15,20	2,65	0,01	9,50	0,25	0,07
QDO-3	valor máx.	24,60	2,70	0,03	12,00	0,20	0,10
	valor min.	11,30	0,60	0,01	3,00	0,10	0,04
	promedio	17,95	1,65	0,02	7,50	0,15	0,07
QDO-2	valor máx.	17,00	1,00	0,02	11,00	0,20	0,04
	valor min.	7,00	0,60	0,01	4,00	0,10	0,03
	promedio	12,00	0,80	0,02	7,50	0,15	0,04
QDO-1	valor máx.	21,00	<1,5	0,03	6,00	0,20	0,10
	valor min.	12,00	<1,5	0,01	3,50	0,20	0,10
	promedio	16,50	<1,5	0,02	4,75	0,20	0,10

En esta unidad las curvas de las relaciones SiO_2/Al_2O_3 y TiO_2/Al_2O_3 muestran comportamientos similares, siendo crecientes hacia el centro de la unidad, alcanzando valores máximos para luego decrecer hacia el tope de la unidad (hay un mayor aporte de material detrítico de baja granulometría donde los valores de estas relaciones son altos). Lo contrario sucede en la relación MnO/Fe_2O_3 donde se muestra una curva con tendencia opuesta a la de las mencionadas anteriormente; hacia el límite con la unidad QDO-2, se observa un pico en el perfil de esta relación. YARINCIK *et al*. (2000) indican que altos valores de esta relación dan indicios de alta profundidad, donde disminuye la cantidad de iones de Fe_2O_3 y MnO, debido a que aumenta su solubilidad. Finalmente, las relaciones siliciclástico/carbonato (Al_2O_3 + SiO_2)/CaO y TiO_2/V mantienen valores muy bajos y casi constantes a lo largo de la unidad. El caso de la relación (Al_2O_3 + SiO_2)/CaO se debe al hecho de que las concentraciones de los componentes de la asociación carbonática son muy superiores a las de los que componen la asociación siliciclástica, reflejo de la existencia de calizas arcillosas y lutitas altamente

carbonáticas. Por otro lado, los bajos valores de la relación TiO_2/V indican que las condiciones de anoxicidad y preservación de materia orgánica superan al aporte de material clástico (YARINCIK *et al.* 2000, BRICEÑO & CALLEJÓN 2000).

El comportamiento de las curvas de estas relaciones (excluyendo la relación sedimentación siliciclástica/carbonática) tiene un patrón opuesto al de los elementos de la asociación orgánica, reflejando que donde hay menor contenido de materia orgánica, las condiciones son más oxidantes y con mayor aporte de material detrítico (siliciclástico), lo cual ocurre precisamente hacia el tope de la unidad QDO-1.

Unidad QDO-2

Esta unidad suprayace a la unidad química QDO-1, y se ubica entre los 49,5 y 143,5 m (intervalo de muestreo DO-27 a DO-53*), presentando así un espesor de 94 m.

Al igual que QDO-1, esta unidad ha sido dividida en dos paquetes sedimentarios:

- El más basal, y que abarca el intervalo 49,5 m – 66 m (muestras DO-27 a DO- 41) compuesto por un cuerpo competente de calizas y calizas arcillosas de 7 m de espesor, rodeado por capas espesas de lutitas, que en total suman unos 9 m. La capa de lutita ubicada más hacia el tope es la única con una característica que la distingue de las demás lutitas de la sección: su color es marrón oscuro.
- El paquete más superior, conformado por intercalaciones de calizas y lutitas. Este paquete incluye la falla y primer pliegue responsable de repetir un segmento de la sección, ya referido en el capítulo de Geología Local de este trabajo. La litología más abundante dentro de este paquete está representada por las lutitas (5 m de espesor total), seguidas por las calizas (2 m) y calizas arcillosas (1 m).

La parte central de la unidad está mayormente cubierta por aluviones (4 intervalos cubiertos que totalizan 64 m), razón por la cual no se determinaron más paquetes litológicos.

Las características litológicas de las rocas se mantienen: las laminaciones, nódulos y vetas rellenas de carbonato son frecuentes, así como también el carácter calcáreo de las rocas. Después de la falla inversa (hacia el tope de la unidad) se observa un aumento en el número de vetillas y una disminución en la cantidad de nódulos, característica que se mantiene hasta el final del intervalo de muestreo DO-51* - DO-59* (parte basal de la unidad QDO-3). Los componentes químicos mayoritarios y traza que ayudan a definir mejor esta unidad se presentan en la tabla 5.7.

Los componentes mayoritarios de la fracción siliciclástica (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3 y Fe_2O_3) presentan comportamientos similares. Sus concentraciones tienden a disminuir desde la base hasta la parte central de la unidad (intervalo de muestreo DO-35 a DO-38), para luego incrementarse hacia el tope de la unidad. Los valores altos de estos componentes suelen corresponder mayormente con lutitas y con menor frecuencia con calizas y calizas arcillosas, los valores bajos ocurren generalmente en calizas. Esta característica es contradictoria con lo observado en la unidad QDO-1, pudiendo indicar que las calizas de QDO-2 tengan un carácter más arcilloso.

En general, los valores de los elementos de la fracción siliciclástica en QDO-2 son mayores que aquellos en la unidad QDO-1 infrayacente, pero siguen siendo inferiores con respecto a las unidades suprayacentes. Lo que se refleja aquí es un ligero aumento en el aporte de clásticos a la cuenca, causado probablemente por una disminución en la profundidad o bien sea por un aumento en el nivel de energía del medio de transporte.

El CaO mantiene un perfil con comportamiento opuesto al de los óxidos mencionados, mostrando un patrón creciente desde la base hasta la parte central de la unidad, el cual cambia a decreciente hacia el tope de la misma. Las mayores concentraciones se registran en la parte central del primer paquete, correspondiendo con calizas y calizas arcillosas, y en su mayoría, a lo largo de toda la unidad están acompañadas por valores bajos de MgO (muestras DO-31, 44, 45 y 49). Tal y como se puede observar, las concentraciones del CaO mantienen una correspondencia con respecto a la acumulación de componentes de la fracción detrítica, donde

valores bajos de éstos óxidos corresponden con condiciones de baja energía o alta profundidad que permiten la precipitación de material calcáreo.

El K_2O (indicativo de la presencia de feldespatos y/o minerales de arcilla) mantiene valores bajos en esta unidad y la unidad QDO-1, tendiendo a aumentar en las unidades restantes (suprayacentes).

El V, Cr y Mo comparten un patrón común, con altas concentraciones hacia la base de la unidad, que luego disminuyen hacia el contacto con la unidad QDO-3. Esto también mantiene una correspondencia inversa con los componentes de la fracción clástica, donde las condiciones de mayor anoxicidad se presentan hacia la base de la unidad. El Cu, Zn, Se y Rb también tienen comportamientos comunes, tendiendo a disminuir la concentración hacia el centro de la unidad. El Ni se mantiene en valores mínimos, y junto con el Zr, no aporta información para la definición de la unidad, reflejando escaso aporte de material terrígeno a la cuenca. El Sr no muestra grandes variaciones, manteniendo un valor promedio inferior a los de la unidad infrayacente QDO-1.

En las calizas se registraron los menores valores de V, Ni, Cu, Zn, Se, Rb y Mo, acompañados por bajas concentraciones de Pb y Sr. Las lutitas presentan enriquecimiento en V, Cr, Zn y Mo, y bajas concentraciones de Ni, Cu, Se, Sr y Pb. Por último las calizas arcillosas contienen V, Cr, Zn, Sr en cantidades relativamente altas, y están empobrecidas en Pb, Mo, Rb, Se, Cu y Ni. Nótese además que las muestras DO-43 y DO-45, que corresponden también con calizas arcillosas, están empobrecidas en todos los componentes traza.

La relación MnO/Fe_2O_3 resalta los ciclos mayores de somerización y/o profundización (BRICEÑO & CALLEJÓN,2000), de esta forma se observa que en esta unidad existe inicialmente un ciclo de profundización, el cual termina aproximadamente a los 63 m de altura estratigráfica (muestras DO-38 y 39), para dar paso a un período de menor profundidad que finaliza cercano al límite con QDO-3. La curva correspondiente a esta relación presenta un comportamiento inverso con la curva de Al_2O_3/K_2O y de Fe_2O_3.

La relación SiO_2/Al_2O_3, presenta los valores más bajos en la parte central de la unidad, en un nivel cercano a donde ocurre el cambio de profundidad (muestras DO-43 y DO-44), reflejando así un carácter arcilloso, el cual también se observa en la relación (Al_2O_3 + SiO_2)/CaO, donde las proporciones de siliciclásticos superan a las de carbonato. Es importante señalar que la relación TiO_2/Al_2O_3 apoya una vez más esta interpretación, donde es posible observar a la misma altura una predominancia de Al_2O_3 sobre TiO_2. En la relación Al_2O_3/K_2O ocurre un incremento de las concentraciones de Al_2O_3 con respecto a las de K_2O, pudiendo indicar la presencia de minerales de arcilla del tipo caolinita (PEARCE *et al*. 1999, YARINCIK & MURRAY 2000).

Finalmente, la relación TiO_2/V sigue reflejando condiciones de anoxicidad similares a las de la unidad QDO-1.

Unidad QDO-3

La unidad QDO-3 es suprayacente a la unidad anterior. Está ubicada entre los 143,5 y 213 m de altura estratigráfica, presentando un espesor de 69,5 m. Corresponde además con el intervalo de muestreo DO- 54* a DO-73.

Esta unidad también fue desglosada en dos paquetes, que de base a tope son:

- Paquete calcáreo, compuesto por capas potentes de calizas y calizas arcillosas, que ocupa un espesor de 14 m. Las lutitas calcáreas son escasas, encontrándose apenas en una única capa de 1 m.
- Paquete arcilloso, conformado por intercalaciones de calizas arcillosas y lutitas en iguales proporciones.

Estos dos paquetes se encuentran separados por dos intervalos cubiertos que conforman 42 m del espesor total de la unidad, y están ubicados en la parte central de la misma, dificultando la posibilidad de definir otros paquetes litológicos.

Hacia la base de QDO-3, las rocas pertenecientes al intervalo donde la sección se repite (DO-54* a DO-59*) muestran una abundancia de vetillas de carbonato. Luego de pasar el segundo pliegue que delimita este intervalo la cantidad de vetas disminuye considerablemente. Caso contrario sucede con los nódulos, los cuales tienden a aumentar después de dicho intervalo. Se mantiene la frecuencia en las laminaciones y en la calidad carbonática de la sección. Tanto hacia la base como hacia el tope de la unidad, las rocas presentan estriaciones, producto de esfuerzos tectónicos compresivos.

Los componentes mayoritarios y traza que mejor definen esta unidad se presentan en la tabla 5.7.

En los perfiles de SiO_2, TiO_2, Al_2O_3 y Fe_2O_3 los valores siguen aumentando con respecto a las unidades infrayacentes (QDO-1 y QDO-2), y los máximos corresponden con las muestras DO-74 y DO-75 (ubicadas en el tope de la unidad).

El CaO conserva también el mismo patrón que mantenía en las unidades infrayacentes, decreciendo hacia el tope de la unidad y de la sección en general. Con respecto al MgO, este tiende a aumentar a la altura de las muestras DO-59*, 63 y 73, siendo en esta última donde se aprecia un mayor empobrecimiento de calcio (carácter ligeramente más dolomítico).

El K_2O mantiene las mismas propiedades, oscilando entre valores bajos de 0,07 ppm (DO-56*) y 0,18 ppm (DO-73).

Elementos traza como el V, Cr, Zn y Se presentan el mismo patrón, mostrando los mayores valores hacia el tope de la unidad (paquete arcilloso). El Zn, Rb, y Mo tienden a aumentar también sus concentraciones hacia el tope de QDO-3. El Zr, que anteriormente no manifestaba ningún cambio, presenta un pequeño incremento cerca del límite con la unidad QDO-4 (muestra DO-73). Caso contrario sucede cerca del mismo límite con elementos como el V, Cr, Cu, Zn, Sr, Mo y Pb, que presentaban variaciones notables en las unidades infrayacentes; las concentraciones de estos elementos ahora disminuyen hasta mantener valores mínimos, o incluso no son detectados, como en el caso del V, Cu, Mo y Pb, reflejando

de esta forma condiciones de mayor oxigenación donde es poco probable la preservación de materia orgánica y por ende la fijación de los elementos V, Cu y Mo.

En las relaciones ($Al_2O_3 + SiO_2$)/CaO y TiO_2/V, las curvas de los diagramas de dispersión se comportan de manera similar, con oscilaciones entre rangos de valores muy bajos, que después se incrementan hacia el tope de la unidad, alcanzando valores máximos a la altura de la muestra DO-75. Esto indica que las condiciones se hacen más oxigenadas, acompañadas por la ocurrencia de un aumento en la acumulación de material siliciclástico. Este patrón es el mismo que en las unidades infrayacentes, y tiene una relación directa con el aporte detrítico.

Otras similitudes ocurren en los perfiles de los cocientes MnO/Fe_2O_3 y TiO_2/Al_2O_3, donde los mayores valores se alcanzan hacia el centro de la unidad (188 – 192 m), característica típica de ambientes de mayor profundidad relativa y alto aporte de sedimentos terrígenos tamaño de grano fino. La primera de estas dos relaciones presenta un patrón opuesto con respecto al cociente Al_2O_3/K_2O, el cual tiende a disminuir hacia el centro de la unidad, indicando posible presencia de illita (PEARCE *et al*. 1999 y YARINCIK & MURRAY 2000).

La curva de la relación SiO_2/Al_2O_3 presenta un comportamiento muy aserrado, con valores máximos a la altura del tope del primer paquete litológico definido en esta unidad, y mínimos hacia el tope del segundo paquete. Este comportamiento aserrado puede justificarse por la presencia de intercalaciones de calizas y lutitas, donde las calizas tienden a ser más arcillosas hacia el tope de esta unidad. Esta última característica se observa también en la relación (Al_2O_3 + SiO_2)/CaO, donde ocurre un incremento hacia el tope de la fracción siliciclástica sobre la fracción carbonática. Por otro lado, el aumento de la relación SiO_2/Al_2O_3 puede indicar un incremento de productividad de sílice biogénica dentro del ambiente sedimentario (PÉREZ INFANTE & PACHECO 1997).

Unidad QDO-4

Esta unidad, suprayacente a QDO-3, mide 20 m de espesor, y se localiza en el intervalo de muestreo DO-77 a DO-95 (213 – 233 m).

La litología que la compone consiste en intercalaciones de lutitas y calizas arcillosas, con un cuerpo potente de caliza en la base de la unidad (de 3 m de espesor) y otro de menor espesor en el centro de la misma (muestra DO-89). Las lutitas son las más abundantes, constituyendo el 60% de la unidad (unos 12 m), las calizas arcillosas y calizas abarcan el 40% restante. Esta unidad es la única que presenta la secuencia continua y sin interrupciones.

En esta unidad los nódulos no son observados, las vetas rellenas de carbonato o sílice son escasas, y la laminación sigue siendo una característica común de estas rocas. Las muestras siguen conservando el carácter carbonático. El cuerpo lutítico más espeso de esta sección (muestras DO-81 a DO-86) presenta un contenido micáceo visible.

En esta unidad los componentes SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 y K_2O (fracción siliciclástica) presentan curvas con tendencia creciente hacia el centro de la unidad, alcanzando valores máximos, para luego decrecer sus concentraciones hacia el contacto con la unidad QDO-5 suprayacente. Los valores generales de estos óxidos son mayores con respecto a las unidades infrayacentes, es decir, el patrón general de las curvas de estos componentes describe una tendencia creciente hacia el tope a lo largo de toda la formación, manteniéndose así la idea de que la energía del medio aumenta y/o la profundidad disminuye ligeramente.

Los componentes de la asociación carbonática (CaO y Sr) presentan en esta unidad valores inferiores a los de las unidades infrayacentes, y como en el caso de los componentes mencionados anteriormente, el patrón general de la curva a lo largo de toda la formación es decreciente hacia el tope, lo cual mantiene una fiel correspondencia con las concentraciones de los óxidos mayoritarios mencionados con anterioridad.

El MgO es detectado en esta unidad con una muy baja concentración (en el límite de detección), mostrando un incremento apenas notable a nivel de la muestra DO-89. Esto puede

indicar la presencia de calcita baja en magnesio, típica de las primeras etapas de diagénesis en carbonatos, donde los procesos de dolomitización aún no han ocurrido (ZAPATA 1982).

En esta unidad algunos elementos traza no son detectados (V y Mo), mientras que otros presentan muy bajas concentraciones con mínimas o ninguna variación (caso del Ni, Cu, Zn y Pb). De esta manera se reflejan condiciones bastante oxigenadas (de baja profundidad y alta energía) donde no hay lugar para la preservación de la materia orgánica.

Notables son las concentraciones del Rb y Zr, las cuales aumentaron considerablemente dentro de la unidad. El patrón general de las curvas de estos elementos a lo largo de toda la formación es decreciente hacia la base de la sección. Estas concentraciones hacia el tope de la sección reflejan un aumento en la energía del ambiente, donde son transportados sedimentos terrígenos de tamaño de grano fino (WATANABE *et al*. 2000, IRINO & PEDERSEN 2000).

Las relaciones SiO_2/Al_2O_3, MnO/Fe_2O_3 y TiO_2/Al_2O_3 decrecen sus valores en la unidad QDO-4, siendo éstos los más bajos de toda la sección. Estas características se mantienen en la unidad QDO-5 suprayacente. Condiciones de aporte de material terrígeno siliciclástico de grano fino y una ligera somerización son reflejados por estas relaciones.

El cociente $(Al_2O_3 + SiO_2)/CaO$ en general indica un contenido menos carbonático que en las unidades infrayacentes, donde hay un predominio de aporte detrítico a la cuenca. A la altura de la muestra DO-85 se registra el máximo valor de esta relación, mientras que ocurre un mínimo cerca del tope de la unidad (muestra DO-90), reflejando aquí un carácter más carbonático pero a nivel muy localizado.

A nivel de la muestra DO-85 se observa además un ligero aumento de las concentraciones de las relaciones Al_2O_3/K_2O y TiO_2/V, apoyando la interpretación anterior sobre un predominio del aporte de clásticos, acompañado por condiciones más oxigenadas que dificultan la acumulación de materia orgánica. La alta proporción de Al_2O_3 sobre la de K_2O indican presencia de caolinita.

Unidad QDO-5

Esta unidad abarca el intervalo de muestreo DO-96 a DO-103 (233 – 259 m), tiene un espesor de 26 m y se encuentra en el tope de la formación.

La unidad está constituida por calizas (23%), lutitas (11,5%) y calizas arcillosas en menor proporción (4%). El resto está conformado por dos intervalos cubiertos, que abarcan aproximadamente el 61,5% de la unidad.

En las rocas de esta unidad son escasas las vetas rellenas, los nódulos son ausentes y el carácter carbonático disminuye, tal es el caso de la muestra DO-100, la cual no reacciona al contacto con el HCl. La laminación paralela continúa siendo la estructura sedimentaria distintiva de la formación.

Como marcadores de la unidad, el SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, K_2O, Se, Rb y Zr describen los patrones de curvas más útiles (tabla 5.7).

En los componentes de la asociación siliciclástica las mayores concentraciones se registran a nivel de las muestras DO-99 y DO-100 (parte central de la unidad). El CaO sigue siendo contrario con respecto a los elementos ya mencionados, y sus valores son los menores registrados en toda la sección, con un mínimo a la altura de la muestra DO-100.

El MgO (de concentración promedio baja) presenta un pico de ligero aumento a nivel de la muestra DO-102 (caliza), representando un valor máximo de 1,65 % dentro de la unidad. Como se mencionó anteriormente, esto sugiere la presencia de calcita baja en magnesio, típica de etapas de diagénesis temprana en carbonatos (ZAPATA 1982).

Entre los elementos traza, el Se, Rb y Zr muestran picos a nivel de la muestra DO-99. El Cr, Ni y Zn presentan leves variaciones en sus valores, manteniéndose siempre cerca del mínimo. El V, Cu, Sr, Mo y Pb no presentan cambios con respecto a la unidad QDO-4 infrayacente (se mantienen las condiciones oxidantes).

Las relaciones (Al_2O_3 + SiO_2)/CaO, Al_2O_3/K_2O y TiO_2/V muestran máximos valores hacia el centro de la unidad (muestras DO-99 y DO-100), reflejando así el dominio de la fracción siliciclástica sobre la fracción carbonática y orgánica. Las curvas de SiO_2/Al_2O_3 y MnO/Fe_2O_3 son contrarias a las anteriores, y la relación TiO_2/Al_2O_3 se mantiene sin cambios desde la unidad QDO-4.

Resumen

Las concentraciones de los componentes químicos estudiados son correspondientes con la litología presente en la Sección. De esta forma altas concentraciones de Al_2O_3 y CaO son reflejo de lutitas carbonáticas y calizas arcillosas, característica que también se observa en la relación (Al_2O_3+SiO_2)/CaO.

En las unidades QDO-1, QDO-2 y QDO-3 se registran bajas concentraciones de los componentes de la asociación clástica, y altos valores en las asociaciones carbonática y orgánica. Esto señala el dominio de condiciones muy reductoras que favorecen la acumulación y preservación de materia orgánica, y donde el aporte terrígeno es escaso.

La profundidad bajo la cual ocurre la sedimentación es de baja a media (a nivel de plataforma). La relación MnO/Fe_2O_3 indica períodos de profundización esporádicos en las tres primeras unidades. Sin embargo las condiciones en este intervalo son más profundas que las de las unidades suprayacentes.

En las unidades QDO-4 y QDO-5 las condiciones físico-químicas del ambiente de sedimentación son diferentes con respecto a las de las unidades infrayacentes. De esta manera se observa un ligero aumento en el nivel de energía, evidenciado en un aporte de material clástico fino cuyas proporciones superan a las de acumulación de carbonatos. Sin embargo, este aumento no alcanza las proporciones necesarias para arrastrar sedimentos tamaño arena (característica evidenciada en la presencia de litologías de grano muy fino). Por otro lado, la caída que sufre el V y Mo en sus concentraciones son indicativas de un ligero aumento en la

cantidad de oxígeno, pasando entonces de condiciones reductoras a condiciones reductoras más oxigenadas.

Es notable además la tendencia a la disminución del contenido de carbonatos de la base hacia el tope de la formación. Esta característica es observada también en la sección tipo por PÉREZ INFANTE & PACHECO (1997).

Los bajos niveles de MgO registrados a lo largo de la sección pueden indicar la presencia de calcita baja en magnesio, indicativa de etapas tempranas de diagénesis en carbonatos, donde la dolomitización aún no ha tomado lugar (ZAPATA 1982). Por otro lado, los ocasionales incrementos de este óxido pueden evidenciar la ocurrencia de dolomita o minerales de arcilla autigénicos como la montmorillonita (LU *et al*. 2000).

Es importante destacar que compuestos como MnO y Cu no son registrados a lo largo de la Sección.

Aunque las condiciones energéticas del ambiente son bajas, la presencia de sílice en los niveles más basales de la secuencia puede justificarse como de origen biogénico, por la ocurrencia de organismos microscópicos con estructura silícea (radiolarios y espículas de esponjas).

El comportamiento de todos estos marcadores, así como de las relaciones anteriormente expuestas, indican que la depositación de la secuencia de la Formación Querecual ocurre inicialmente bajo condiciones de profundidad baja a media (plataformal), donde los niveles de energía son muy bajos, y no habiendo lugar para el aporte de material detrítico, conservándose de esta manera gran cantidad de materia orgánica y favoreciendo el desarrollo de actividad biogénica. Estas condiciones luego cambiarían a otras de menor profundidad y mayor energía, lo cual se traduce en mayores aportes de material de naturaleza detrítica y mayor oxigenación.

Esta variación de condiciones de poca oxigenación, que posteriormente pasan a condiciones de mayor energía y oxidación, sugieren la ocurrencia de un evento regresivo hacia el final de la depositación de la Formación Querecual (formada como consecuencia de una transgresión). Estas características de regresión se ven mejor evidenciadas en la presencia de la Formación San Antonio, suprayacente a la Formación Querecual, la cual exhibe secuencias con afinidad más clástica.

Esta variación de condiciones de poca oxigenación, que posteriormente pasan a condiciones de mayor energía y oxidación, sugieren la ocurrencia de un evento regresivo hacia el final de la depositación de la Formación Querecual (formada como consecuencia de una transgresión). Estas características de regresión se ven mejor evidenciadas en la presencia de la Formación San Antonio, suprayacente a la Formación Querecual, la cual exhibe secuencias con afinidad más clástica.

5.2.3. ESTADÍSTICA MULTIVARIANTE

5.2.3.1. Análisis de agrupaciones

Los dendrogramas obtenidos fueron generados a partir de la combinación de 21 variables químicas (8 componentes mayoritarios y 13 elementos traza) manteniendo el orden estratigráfico de las muestras (con el programa MVSP32), a través del método "el vecino más lejano" usando distancias euclideanas.

Al realizar el análisis de agrupaciones aplicado a los datos químicos de las muestras de la sección Río de Oro se observa en el dendrograma 2 grupos químicos principales, el primero constituido por Q1, Q2 y Q3, y un segundo grupo conformado por Q4 y Q5.

El primer grupo despliega valores bajos en las concentraciones de los componentes mayoritarios SiO_2, TiO_2, Fe_2O_3 y K_2O y bajas concentraciones de CaO, V, Cr, Mo, Zr y Sr en estos primeros intervalos de la secuencia, mientras que el segundo grupo químico en los dos intervalos restantes presenta valores altos de SiO_2, TiO_2, Fe_2O_3 y K_2O y una drástica disminución en los elementos de V, Mo , Zr y Sr, así como también en el óxido principal de CaO. Enfocando lo anteriormente expuesto desde el punto de vista geológico, es evidente que la secuencia en los primeros intervalos (Q1,Q2 y Q3) es más carbonática que en las dos últimas divisiones (Q4 y Q5), donde ésta se hace más siliciclástica.

Es importante destacar que al comparar los límites de las unidades químicas definidas gracias a los perfiles químicos (Apéndice VII.1), con los límites de los grupos que se precisan

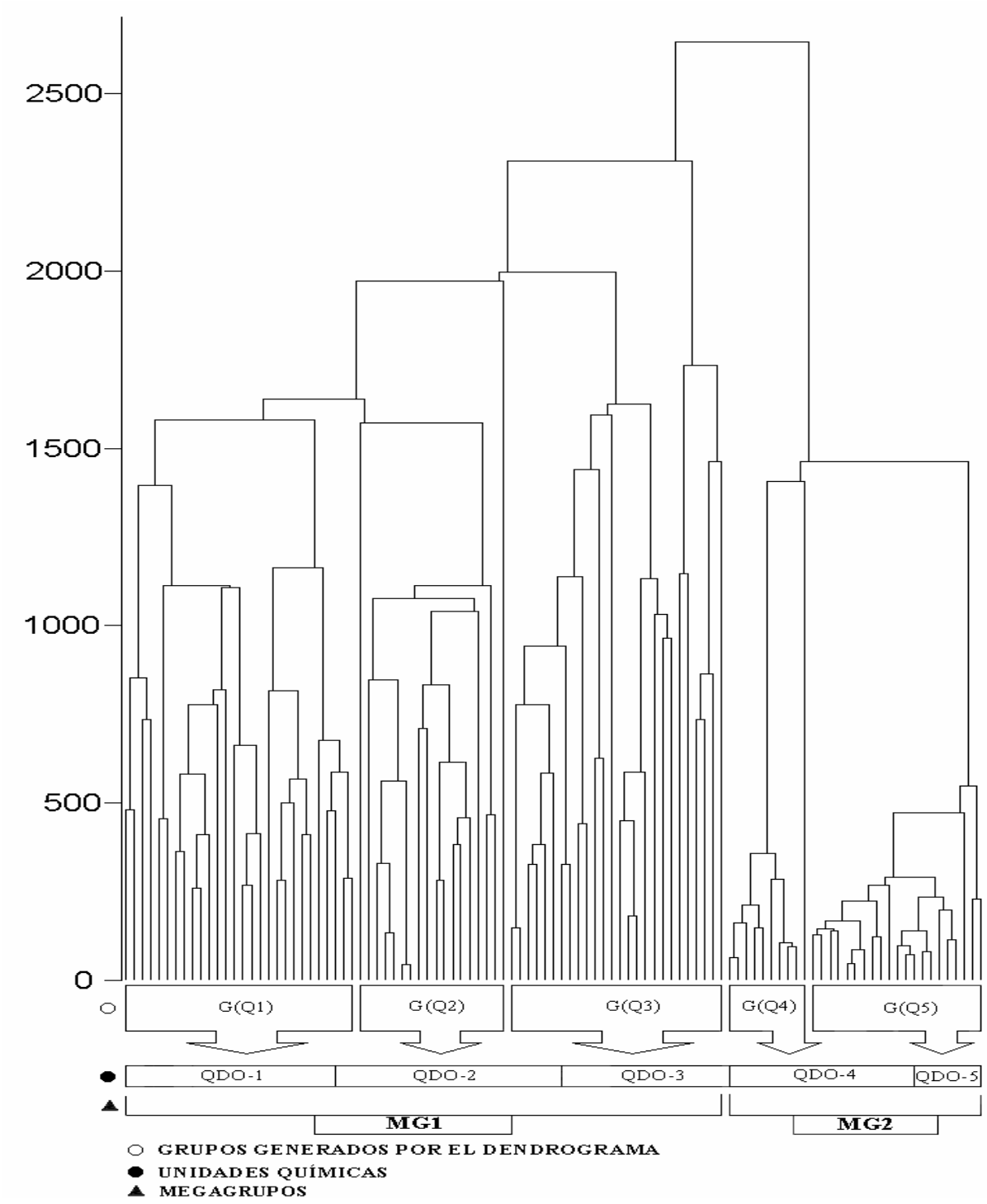


Figura 5.5. Dendrograma generado a partir de las variables químicas de la sección correspondiente a Río de Oro (Formación Querecual).

con el dendrograma se aprecia que hay una buena correspondencia (Figura 5.5), coincidiendo por ejemplo el grupo Q1 con la unidad QDO-1, al igual que el grupo Q4 con el límite inferior de la unidad QDO-4 donde precisamente se produce el cambio de litología carbonática a carbonática con aporte siliciclástico. En el resto de los grupos también hay una buena correspondencia sólo que a veces surgen algunos desfases, tal vez debido a que los cambios químicos observados en los perfiles sean muy sutiles (dada la falta de muestras), ya que si se observa la columna de la Formación Querecual en la sección Río de Oro (Apéndice I.11) ésta se caracteriza por abundantes zonas cubiertas (sin afloramientos), por ende no permiten que cierto grupo de muestras indiquen un cambio químico en particular, dando como consecuencia que los límites no se vean reflejados con precisión en el dendrograma.

En resumen, la secuencia exhibe dos megagrupos principales, el primero constituido por Q1, Q2 y Q3 está caracterizado por una litología más carbonática, mientras que el segundo megagrupo conformado por los subgrupos Q4 y Q5, está caracterizado por una litología con mayor aporte siliciclástico. El límite inferior de Q4 es donde se produce el cambio de sedimentos carbonáticos a carbonáticos con aporte siliciclástico (Figura 5.6).

A menor escala se observa un agrupamiento de dos muestras, una lutita de color gris oscuro a negro (OR-103) y una arenisca (OR-104) de color pardo claro (inyectita clástica, según VIVAS *et al*. 1988 y MACSOTAY *et al*. 1997), no calcárea y compacta. Estas dos últimas posiblemente se agrupan debido a que la secuencia comienza a ser menos calcárea, además esta zona coincide con el comienzo de la Formación San Antonio, la cual esta caracterizada por "inyectitas clásticas" como la muestra mencionada anteriormente.

Los valores de las medidas estadísticas de tendencia central (medianas) y desviación estándar generadas a partir de los análisis de agrupaciones, se presentan en la tabla 5.9.

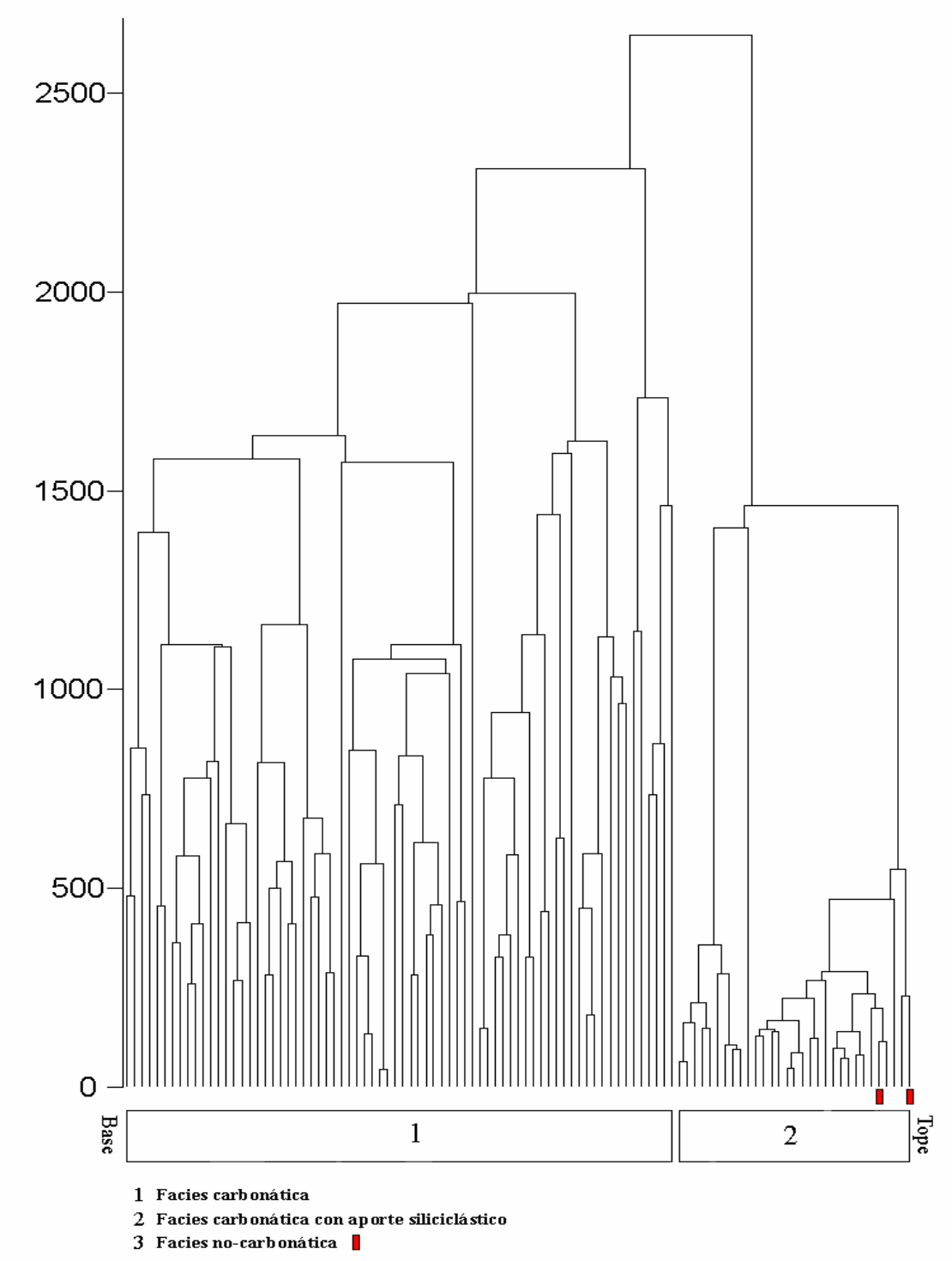


Figura 5.6. Dendrograma de la sección Río de Oro (Formación Querecual) mostrando las distintas litofacies a lo largo de la secuencia.

Tabla 5.9. Análisis de agrupaciones de la sección Río de Oro

	Medidas de tendencia central	# de muestras	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb
AGRUPACIÓN (Q1)	Promedio		24,64	0,10	1,70	0,55	0,01	1,44	47,87	0,31	582	311	10	181	55	677	12	33	1473	116	109	10	25
	Mediana		23,20	0,10	1,54	0,51	0,01	1,00	48,79	0,31	651	313	10	163	51	590	10	34	1452	116	101	10	23
	Desv. estándar	28	5,43	0,02	0,64	0,17	0,00	0,84	4,70	0,03	246	71	0	67	8	360	4	4	207	0	86	0	5
AGRUPACIÓN (Q2)	Promedio		26,08	0,11	2,19	0,65	0,01	1,19	46,38	0,32	376	306	10	176	54	706	13	32	1296	116	57	10	24
	Mediana		24,46	0,10	1,77	0,60	0,01	1,00	47,81	0,32	285	313	10	162	51	646	10	31	1308	116	38	10	21
	Desv. estándar	18	7,05	0,03	1,03	0,24	0,00	0,44	6,07	0,04	252	67	0	58	9	473	5	3	190	0	52	0	5
AGRUPACIÓN (Q3)	Promedio		26,98	0,11	1,87	0,71	0,01	1,05	44,29	0,31	408	266	10	261	55	770	13	33	1451	116	83	10	25
	Mediana		23,82	0,10	1,71	0,60	0,01	1,00	46,82	0,31	326	290	10	181	51	659	12	33	1425	116	44	10	24
	Desv. estándar	26	8,44	0,03	0,92	0,33	0,00	0,18	7,33	0,04	289	78	1	267	14	496	4	4	292	0	108	0	7
AGRUPACIÓN (Q4)	promedio		52,19	0,18	4,13	1,06	0,01	1,15	25,90	0,38	20	167	10	129	51	273	11	38	380	118	11	10	20
	Mediana		51,81	0,20	4,68	1,03	0,01	1,00	23,97	0,39	20	155	10	100	51	143	10	39	376	117	11	10	20
	Desv. estándar	10	9,42	0,05	1,80	0,38	0,00	0,45	7,19	0,12	0	23	0	88	0	422	2	5	77	2	0	0	1
AGRUPACIÓN (Q5)	promedio		55,89	0,21	5,14	1,24	0,01	1,17	23,22	0,57	20	174	10	119	51	198	11	44	355	122	12	10	20
	Mediana		55,43	0,20	4,85	1,16	0,01	1,00	21,49	0,53	20	159	10	100	51	187	10	42	336	118	11	10	20
	Desv. estándar	21	14,70	0,06	1,60	0,38	0,00	0,51	9,84	0,16	1	31	0	30	0	69	2	7	115	9	4	0	0

5.2.3.2. Funciones Discriminantes

Las funciones discriminantes son utilizadas para predecir a cuál nivel de una variable independiente dada (litofacies, quimiofacies, litología, edad, ambiente, etc.) pertenece una nueva observación. Por medio de este trabajo se pretende determinar las ecuaciones de las funciones que permitirán discriminar una muestra desconocida dentro de las distintas categorías de características como litología, litofacies y quimiofacies, dentro de la Formación Querecual.

Separación de tipos litológicos en la sección Río de Oro

En esta Sección se calculan las funciones que permitirán diferenciar los tipos litológicos dentro de la formación (calizas y lutitas). Para esto se utilizaron las 102 muestras recolectadas en la sección.

Tabla 5.10. Coeficientes de las funciones discriminantes para la separación litológica en la sección Río de Oro.

Variables químicas	FD1	FD2
SiO_2	-0,00339432	0,267917
TiO_2	-208,552	340,984
Al_2O_3	0,571143	0,289567
Fe_2O_3	314,144	642,488
MgO	-0,563522	0,429061
CaO	-140,853	-313,178
K_2O	-0,263729	-188,074
CO_2	31,629	718,113
SiO_2/Al_2O_3	-0,0385977	-0,0307424
TiO_2/Al_2O_3	420,899	-307,641
Fe_2O_3/Al_2O_3	-203,984	-404,477
MgO/Al_2O_3	112,327	-0,617707
CaO/Al_2O_3	-0,0381636	-0,0544151
K_2O/Al_2O_3	-243,264	236,853
$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	-0,68975	-0,856893
MnO/Fe_2O_3	-229,972	905,455
Al_2O_3/K_2O	-0,284628	-0,402394
TiO_2/V	0,0130417	-0,0178739
V	-0,00109143	0,00108655
Cr	-0,00576398	0,00422971

Tabla 5.10. Continuación.

Variables químicas	FD1	FD2
Ni	0,00184791	-0,00262036
Cu	0,0185798	0,00593156
Zn	0,000193502	-0,000282686
Se	-0,0763743	-0,03722
Rb	-0,0529556	-0,257176
Sr	0,00142041	0,000759587
Zr	-0,0252112	-0,0536307
Mo	0,00195735	0,00127402
Pb	-0,00838591	-0,0668698
Constante	132,251	-108,677

La tabla anterior (Tabla 5.10) corresponde con los coeficientes necesarios en la generación de las funciones discriminantes para la separación litológica (calizas y lutitas). Se muestran además las variables químicas que mejor definen estas funciones.

Tal y como se explica en el trabajo de GONZÁLEZ & SÁNCHEZ (2001), se puede generar la función discriminante correspondiente a cada litología multiplicando los coeficientes de cada una de ellas por la respectiva concentración de la variable química (Tabla 5.10) y realizando la suma algebraica de estos productos con el valor de la constante. De esta manera, se obtiene como ejemplo la ecuación de la primera función discriminante:

FD 1 = 132,251 -0,00339432 * SiO_2 - 208,552 * TiO_2 + 0,571143 * Al_2O_3 + 314,144 * Fe_2O_3 - 0,563522 * MgO - 140,853 * CaO - 0,263729 * K_2O + 31,629 * CO_2 - 0,0385977 * (SiO_2/Al_2O_3) + 420,899 * (TiO_2/Al_2O_3) - 203,984 * (Fe_2O_3/Al_2O_3) + 112,327 * (MgO/Al_2O_3) - 0,0381636 * (CaO/Al_2O_3) - 243,264 * (K_2O/Al_2O_3) - 0,68975 * ((Al_2O_3+SiO_2)/CaO) - 229,972 * (MnO/Fe_2O_3) - 0,284628 * (Al_2O_3/K_2O) + 0,0130417 * (TiO_2/V) - 0,00109143 * V - 0,00576398 * Cr + 0,00184791 * Ni + 0,0185798 * Cu + 0,000193502 * Zn - 0,0763743 * Se - 0,0529556 * Rb + 0,00142041 * Sr - 0,0252112 * Zr + 0,00195735 * Mo – 0,0427502 * Pb

Tabla 5.11. Tabla de clasificación de las muestras según litología en Río de Oro.

		Grupo de predicción	
Litología Actual	**Tamaño del grupo**	**Calizas**	**Lutitas**
Calizas	49	49 (100%)	0 (0%)
Lutitas	53	8 (15,1%)	45 (84,9%)

92,1% de casos clasificados correctamente

La tabla 5.11 presenta la forma en que fueron clasificadas las muestras, con un 92,1% de acierto. Si se excluyen del grupo de variables las relaciones $(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$, MnO/Fe_2O_3, Al_2O_3/K_2O, TiO_2/V, además de aquellas relaciones con Al_2O_3, el porcentaje de acierto es de 73,5%. En esta tabla se puede observar que 8 de las muestras identificadas en campo como lutitas son clasificadas como calizas, las posibles razones de estas pequeñas discrepancias pueden radicar en el hecho de que a nivel de afloramiento la secuencia se presenta muy monótona, y que por características comunes entre las litologías como el color, alta dureza y carácter altamente carbonático de estas rocas, se hayan dado las condiciones para confundir algunas de ellas. Por otro lado, el carácter arcilloso de algunas calizas también puede influir en la separación litológica de la sección, carácter que se ve reflejado en el ligero solapamiento entre los dos grupos (Figura 5.7).

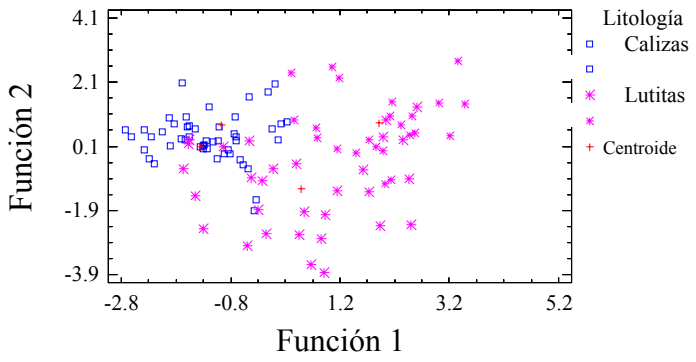


Figura 5.7. Representación gráfica de las funciones discriminantes para la separación litológica de la sección Río de Oro.

Separación de Litofacies en la sección Río de Oro

De la secuencia sedimentaria levantada en Río de Oro, inicialmente se plantearon las siguientes litofacies:

1) Calizas
2) Calizas arcillosas
3) Lutitas carbonáticas
4) Lutitas no carbonáticas

La tabla de coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes, así como la ecuación de la función de las calizas se presentan en la tabla 8.1 (Apéndice VIII.1).

Tabla 5.12. Tabla de clasificación de las muestras de Río de Oro según las litofacies inicialmente planteadas por los suscritos.

		Grupo de predicción			
Litofacies actuales	**Tamaño del grupo**	**Calizas**	**Calizas arcillosas**	**Lutitas carbonáticas**	**Lutitas no carbonáticas**
Calizas	31	22 (70,9%)	5 (16,1%)	4 (13%)	0 (0%)
Calizas arcillosas	31	6 (19,4%)	19 (61,3%)	6 (19,4%)	0 (0%)
Lutitas carbonáticas	39	3 (7,7%)	8 (20,5%)	28 (71,8%)	0 (0%)
Lutitas no carbonáticas	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)

68,6 % de casos clasificados correctamente

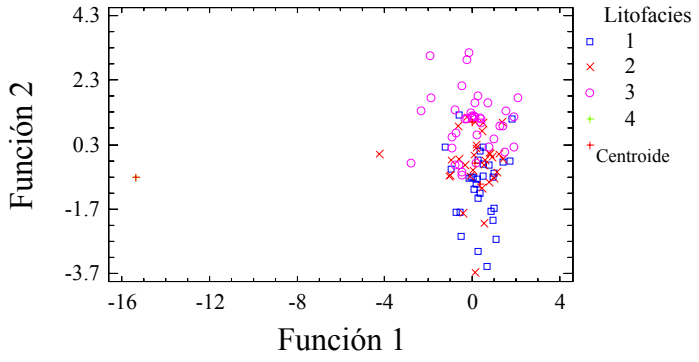


Figura 5.8. Representación gráfica de las funciones discriminantes según litofacies inicialmente planteadas para la sección de Río de Oro. (1: calizas, 2: calizas arcillosas, 3: lutitas carbonáticas, 4:lutitas no carbonáticas).

Como puede verse a través de la tabla de clasificación y del diagrama de dispersión obtenidos a partir de las funciones discriminantes, se logra sólo un 68,6% de aciertos (64,7% con componentes mayoritarios y traza como únicas variables) utilizando estas litofacies (Tabla 5.12). El diagrama de la figura 5.8 muestra un evidente solapamiento entre las distintas litofacies, aunque existe una ligera tendencia de los grupos de calizas a separarse de las lutitas.

Debido a esto, se planteó otra clasificación de litofacies, con 3 categorías basadas exclusivamente en la composición química de las muestras:

- *Facies carbonática:* Donde se agrupan las muestras de la secuencia cuya ubicación estratigráfica coincide con las primeras unidades químicas donde el V y CaO presentan altas concentraciones (base de la secuencia). Esta litofacies refleja condiciones de alta anoxicidad y concentración de materia orgánica.
- *Facies no carbonática:* Donde se agrupan aquellas muestras que no reaccionaron al contacto con el ácido clorhídrico.
- *Facies carbonática con contenido clástico:* Se agrupan las calizas y lutitas ubicadas estratigráficamente hacia el tope de la Formación, por encima del punto donde el V disminuye hacia valores mínimos, y donde las concentraciones de algunos componentes de la asociación siliciclástica (SiO_2, Al_2O_3, K_2O y TiO_2) aumentan considerablemente. Al contrario que en la facies carbonática, esta facies refleja condiciones más oxigenadas que las observadas en la base de la sección.

Tabla 5.13. Tabla de clasificación de las muestras de la sección Río de Oro según las litofacies replanteadas.

		Grupo de predicción		
Litofacies actuales	**Tamaño del grupo**	**Facies carbonática**	**Facies no carbonática**	**Facies carbonática con aporte clástico**
Facies carbonática	71	71 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Facies no carbonática	1	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)
Facies carbonática con aporte clástico	30	0 (0%)	0 (0%)	30 (100%)

100 % de casos correctamente clasificados

De esta forma se obtiene un 100% de aciertos (99% con componentes mayoritarios y traza únicamente) (Tabla 5.13), indicando que al replantear los grupos de una forma más sencilla y general, la clasificación puede realizarse con mayores probabilidades de acierto.

El gráfico de la figura 5.9 muestra la dispersión de los resultados obtenidos por la clasificación, donde los ejes coordenados corresponden a las dos primeras funciones discriminantes. Se puede observar que hay una excelente distinción de las litofacies, habiendo una buena separación de los grupos.

Los coeficientes de las funciones discriminantes para este nuevo planteamiento, así como la ecuación para la primera litofacie, se presentan en el Apéndice VIII.1 (Tabla VIII.2).

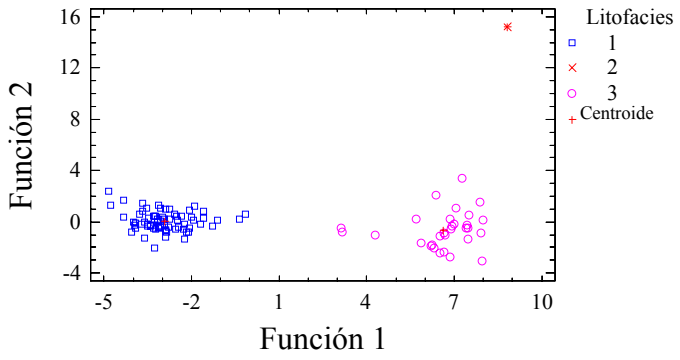


Figura 5.9. Representación gráfica de las funciones discriminantes por nuevas litofacies. (1: facies carbonática, 2: facies no carbonática, 3: facies carbonática con contenido clástico).

Separación de paleoambientes en la sección Río de Oro

Los paleoambientes utilizados para este ensayo son los planteados por PAREDES *et al*. (1998), y son los siguientes:

1) Plataforma interna a externa.
2) Plataforma interna a externa con barras (próximo costero).
3) Transicional entre las condiciones euxinicas de la Formación Querecual y las condiciones más oxigenadas de la Formación San Juan (MARCUCCI 1976), es decir, un ambiente cada vez más similar al de la Formación San Antonio.

La tabla VIII.3 (Apéndice VIII.1) presenta los coeficientes para la construcción de las funciones discriminantes.

El método discrimina las muestras de la Formación Querecual con un 97% de aciertos, demostrando que los paleoambientes están bien definidos por las variables químicas (Tabla 5.14). Esta buena discriminación se refleja en la figura 5.10, donde existe una buena separación entre los tres grupos representativos de los distintos paleoambientes. Es de hacer notar que los intervalos que abarcan estos paleoambientes tienden a coincidir con las litofacies

propuestas para la formación, lo cual confirma que las litofacies reflejan las condiciones ambientales de sedimentación.

Tabla 5.14. Tabla de clasificación de muestras de la Formación Querecual (sección Río de Oro) según paleoambientes.

		Grupo de predicción		
Ambiente Actual	**Tamaño del grupo**	**1**	**2**	**3**
1	71	71 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
2	26	0 (0%)	24 (92,3%)	0 (7,7%)
3	5	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)

97% de casos correctamente clasificados

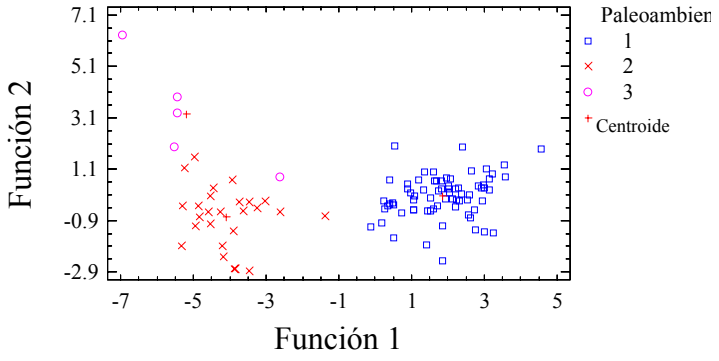


Figura 5.10. Representación gráfica de las funciones discriminantes según paleoambientes de la Formación Querecual. (1: Plataforma interna a externa, 2: Plataforma interna a externa con barras, 3: Transicional). Según PAREDES *et al*. (1998) y MARCUCCI (1976).

Separación de unidades químicas en la sección Río de Oro

Los coeficientes para la obtención de las funciones discriminantes y la ecuación de la función que discrimina a QDO-1 se presentan en el Apéndice VIII.1 (Tabla VIII.4).

Como puede observarse en la tabla de clasificación (Tabla 5.15), la discriminación de las unidades químicas se logra con un 87,2% de aciertos, si restringimos las variables a los componentes originales (mayoritarios y traza) el porcentaje disminuye ligeramente a 83,3%.

Aquí, las unidades mejor discriminadas son las QDO-4 y QDO-5, existiendo un solape entre las unidades QDO-1, QDO-2 y QDO-3 (Figura 5.11). La unidad QDO-1, a pesar de estar superpuesta a las unidades QDO-2 y QDO-3, muestra una buena agrupación de sus muestras y una ligera tendencia a separarse de las otras unidades, quienes se inclinan a formar un mismo grupo.

Tabla 5.15. Tabla de clasificación de las muestras según unidades químicas en la sección Río de Oro.

		Grupo de predicción				
Unidades actuales	**Tamaño del grupo**	**QDO-1**	**QDO-2**	**QDO-3**	**QDO-4**	**QDO-5**
QDO-1	28	22 (78,6%)	4 (14,3%)	2 (7,1%)	0 (0%)	0 (0%)
QDO-2	25	2 (8%)	23 (92%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
QDO-3	18	2 (11,1%)	3 (16,7%)	13 (72,2%)	0 (0%)	0 (0%)
QDO-4	26	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	26 (100%)	0 (0%)
QDO-5	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)

87,2% de casos correctamente clasificados

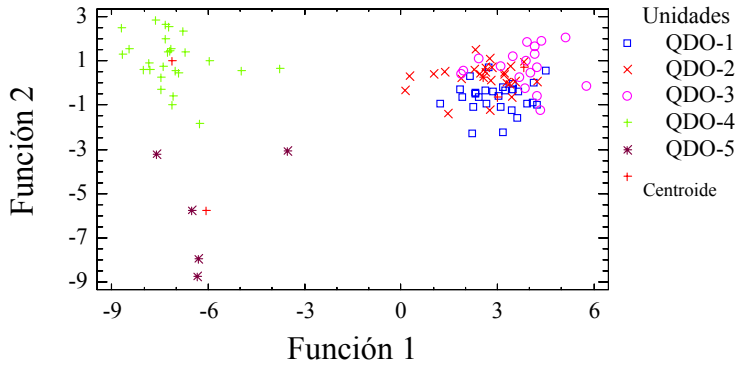


Figura 5.11. Representación gráfica de las funciones discriminantes separando unidades químicas en Río de Oro.

En vista de esto se ideó un nuevo análisis de funciones discriminantes, donde las unidades QDO-2 y QDO-3 se unen en una sola (QDO-2*), las unidades identificadas anteriormente como QDO-4 y QDO-5 pasarían a ser QDO-3* y QDO-4* respectivamente, aunque sus límites se mantienen sin alteración. El Apéndice 8.1 presenta la tabla de coeficientes y la

ecuación de la primera función discriminante correspondientes a este último análisis (Tabla VIII.4).

Tabla 5.16. Tabla de clasificación de muestras de Río de Oro por unidades químicas (nuevo planteamiento).

		Grupo de predicción			
Unidades actuales	**Tamaño del grupo**	**QDO-1***	**QDO-2***	**QDO-3***	**QDO-4***
QDO-1*	28	24 (85,7%)	4 (14,3%)	0 (0%)	0 (0%)
QDO-2*	43	4 (9,3%)	39 (90,7%)	0 (0%)	0 (0%)
QDO-3*	26	0 (0%)	0 (0%)	26 (100%)	0 (0%)
QDO-4*	5	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)

91,2 % de casos clasificados correctamente

Con esta nueva variación en el manejo de los datos, los resultados obtenidos mejoran considerablemente, teniendo ahora un 91,2 % de acierto en la clasificación de las muestras (84,2% sólo mayoritarios y traza) (Tabla 5.16). Las unidades mejor discriminadas siguen siendo aquellas ubicadas hacia el tope de la formación (QDO-3* y QDO-4*). Esto también puede observarse en los perfiles de concentración químicos, donde hacia el tope las curvas tienen un comportamiento distinto con respecto a las unidades químicas infrayacentes.

El diagrama de dispersión mostrado en la figura 5.12 apoya esto. En él la unidad QDO-1* sigue presentando un ligero solape con el nuevo grupo identificado como QDO-2* (unión de QDO-2 y QDO-3), la tendencia de estos grupos a separarse es la misma, simplemente los aciertos mejoran porque las características químicas de las antiguas unidades QDO-2 y QDO-3 son similares.

Los análisis agrupacionales (dendrogramas) muestran una separación ligeramente similar a la obtenida a través de las funciones discriminantes. A partir de estos resultados, podría sugerirse una redefinición de las unidades químicas de la sección Río de Oro, a partir de un previo ensayo con funciones discriminantes de los datos arrojados por los dendrogramas.

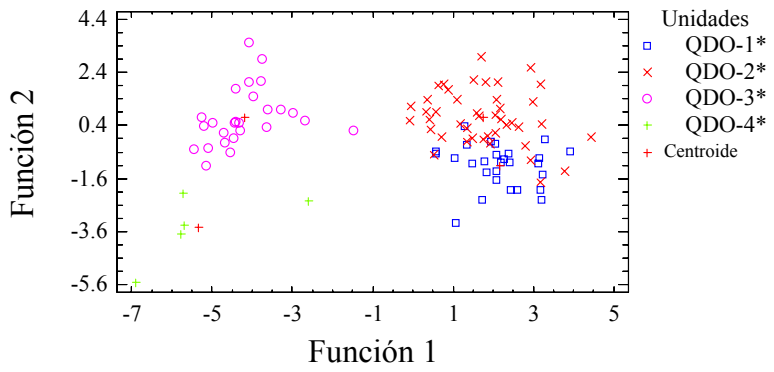


Figura 5.12. Representación gráfica de las funciones discriminantes según las unidades químicas replanteadas en Río de Oro. (Modificado como sigue: QDO-1*= QDO-1, QDO-2*= QDO-2 + QDO-3, QDO-3*= QDO-4, QDO-4*= QDO-5).

Resumen

A partir de los resultados obtenidos a través de los distintos análisis multivariados realizados sobre muestras de la Formación Querecual en la sección Río de Oro, se puede notar que en la mayoría de los casos es conveniente incluir el mayor número posible de variables químicas a las funciones discriminantes, ya que a mayor cantidad de variables, mayor cantidad de aciertos tendrán las funciones de clasificación. En este caso el porcentaje de acierto mejora notablemente si se incluyen las relaciones inter-elementales al grupo de variables químicas previamente formado por los elementos trazas y componentes mayoritarios. De igual forma, se recomienda simplificar al máximo los grupos a discriminar, ya que esto influye positivamente en una mejor discriminación.

5.2.4. COMPARACIÓN ENTRE LAS SECCIONES DE RÍO DE ORO Y RÍO QUERECUAL (SECCIÓN TIPO)

En esta parte del trabajo se utilizó el método de funciones discriminantes para determinar las funciones que servirán para diferenciar las dos secciones. Para esto se utilizaron los datos de un total de 336 muestras, donde 102 corresponden a la sección de Río de Oro y 233 a la sección tipo, ubicada en el río Querecual y trabajada por ARREAZA (2002).

Análisis comparativo de las litologías

Con el fin de determinar si existen diferencias químicas entre litologías similares en las dos secciones de la Formación Querecual, se realizaron ensayos con los datos químicos de ambas. Las variables químicas involucradas, así como los coeficientes de las funciones que discriminan las litologías y ecuaciones se presentan en el Apéndice VIII.1 (Tabla VIII.8).

Tabla 5.17. Tabla de clasificación de muestras según litologías de la Formación Querecual.

		Grupo de predicción			
Litología actual	**Tamaño del grupo**	**Calizas Oro**	**Lutitas Oro**	**Calizas tipo**	**Lutitas tipo**
Calizas Oro	59	41 (69,5%)	18 (30,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Lutitas Oro	43	11 (25,6%)	32 (74,4%)	0 (0%)	0 (0%)
Calizas tipo	185	0 (0%)	0 (0%)	170 (91,9%)	15 (8,1%)
Lutitas tipo	47	0 (0%)	0 (0%)	12 (25,5%)	35 (74,5%)

83,2 % de casos correctamente clasificados

Se puede observar en la tabla 5.17 y la figura 5.13, que las funciones discriminantes clasifican muestras de la Formación Querecual con un 83,2% de aciertos (82,9% si sólo se involucran los componentes mayoritarios y traza). El diagrama muestra una marcada separación de las dos secciones, lo cual indica que litologías similares dentro de una misma formación, pero en localidades distintas, presentan composiciones químicas diferentes, pudiendo ser distintivas y propias de la localidad donde se encuentran, reflejando diferencias en el material parental.

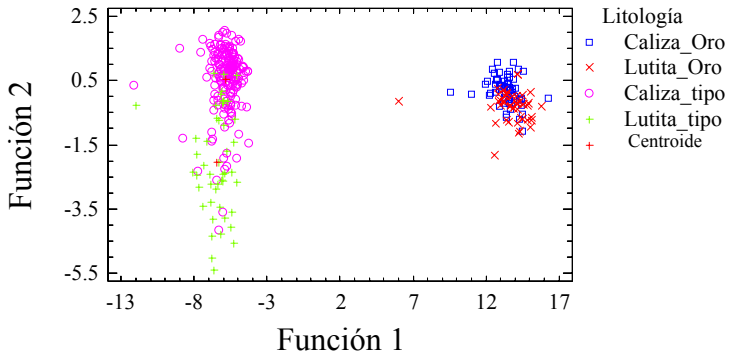


Figura 5.13. Diagrama de las funciones discriminantes por litología de la Formación Querecual, en las secciones de Río de Oro y río Querecual (tipo).

Análisis comparativo de las unidades químicas

Para establecer posibles relaciones entre ambas secciones, a manera de correlación, se realizó un primer ensayo donde se clasifican muestras "desconocidas" de la sección Río de Oro según las funciones discriminantes determinadas por ARREAZA (2002) para las unidades químicas en la sección tipo, y de esta forma establecer a qué nivel estratigráfico de la sección tipo pertenece el intervalo de muestras de Río de Oro.

Tabla 5.18. Tabla de clasificación de muestras por unidades químicas en la localidad tipo de la Formación Querecual (ARREAZA, 2002).

		Grupo de predicción					
Unidad actual	**Tamaño del grupo**	**Q1**	**Q2**	**Q3**	**Q4**	**Q5**	**Q6**
Q1	45	39 (86,7%)	2 (4,4%)	3 (6,7%)	0 (0%)	1 (2,2%)	0 (0%)
Q2	43	7 (16,3%)	34 (79%)	2 (4,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Q3	29	3 (10,3%)	3 (10,3%)	20 (68,9%)	2 (6,7%)	1 (3,4%)	0 (0%)
Q4	49	0 (0%)	0 (0%)	2 (4%)	40 (81,6%)	6 (12,2%)	1 (2%)
Q5	58	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (5,2%)	54 (93,1)	1 (1,8%)
Q6	10	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (10%)	9 (90%)

83,7 % de casos correctamente clasificados

Con los coeficientes determinados es posible construir las ecuaciones de las funciones discriminantes para cada unidad química establecida según la caracterización realizada por ARREAZA (2002). Estos coeficientes se presentan en el Apéndice VIII.1 (Tabla VIII.9).

Las funciones discriminan las muestras de la Formación Querecual (sección tipo) hasta con un 83,7% de aciertos (Tabla 5.18). En la figura 5.14 los grupos muestran una buena separación, aunque con muchos solapes entre ellos. Tal es el caso de las unidades químicas Q1, Q2 y Q3, cuya distribución dentro del diagrama es muy parecida a las unidades separadas en la sección Río de Oro.

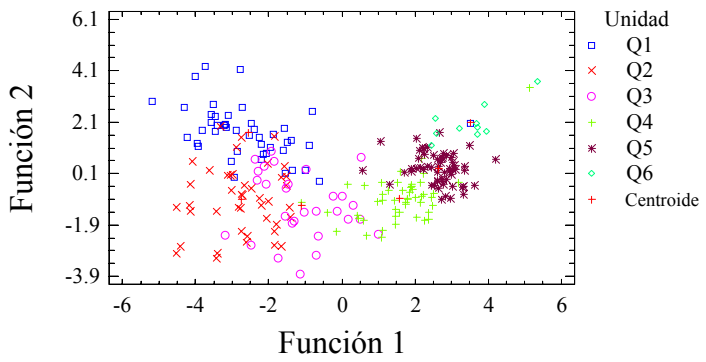


Figura 5.14. Diagrama de las funciones discriminantes por unidades químicas de la Formación Querecual en la localidad tipo, según ARREAZA (2002).

En el Apéndice VIII.1 se presenta la tabla de clasificación para cada una de las muestras de la localidad tipo y de la sección Río de Oro (Tabla VIII.10). En ella se puede observar que aproximadamente el 90% de las muestras pertenecientes a la sección de Río de Oro fueron ubicadas en el nivel estratigráfico correspondiente a la unidad química Q5 de la sección tipo (tope de la sección) (Figura 5.15). En esta unidad, los valores de V son bajos, y esta característica pareciera no corresponder con el perfil de este elemento en Río de Oro, donde aún se observan valores altos hacia la base de la sección.

La misma metodología se realizó clasificando esta vez muestras pertenecientes a la sección tipo según los patrones de las funciones discriminantes determinadas en Río de Oro. En la tabla de clasificación VIII.11 del Apéndice VIII.1 se observa que las muestras de la sección tipo correspondientes a la unidad Q1 y parte de Q2 fueron clasificadas como similares a la

unidad QDO-1 de Río de Oro (Figura 5.16). Estas unidades tienen en común las características de alta concentración de componentes de la asociación orgánica, que reflejan condiciones de alta anoxicidad en los inicios de la depositación de la secuencia.

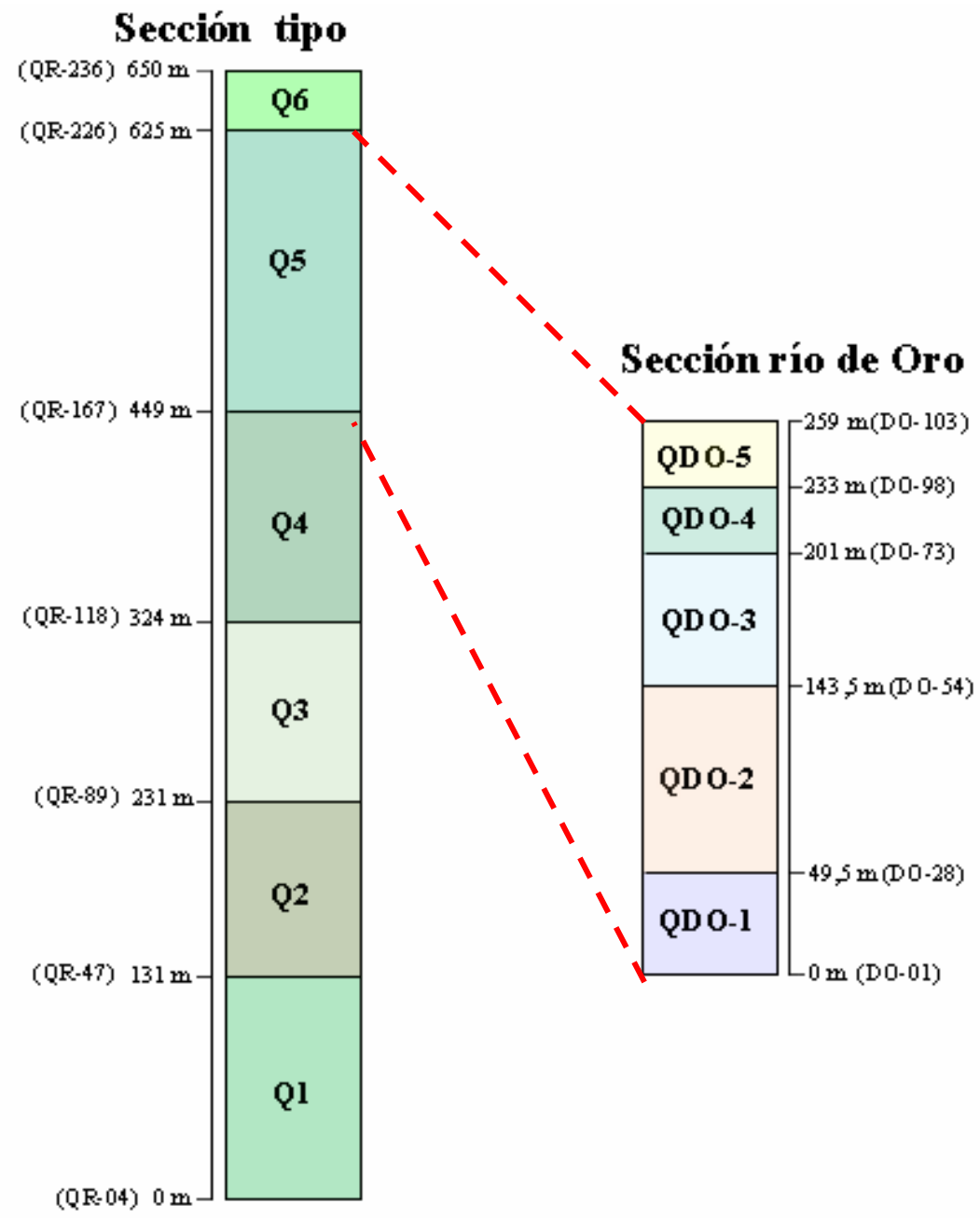


Figura 5.15. Comparación química entre las dos secciones de la Formación Querecual, siguiendo las funciones discriminantes propuestas por ARREAZA (2002).

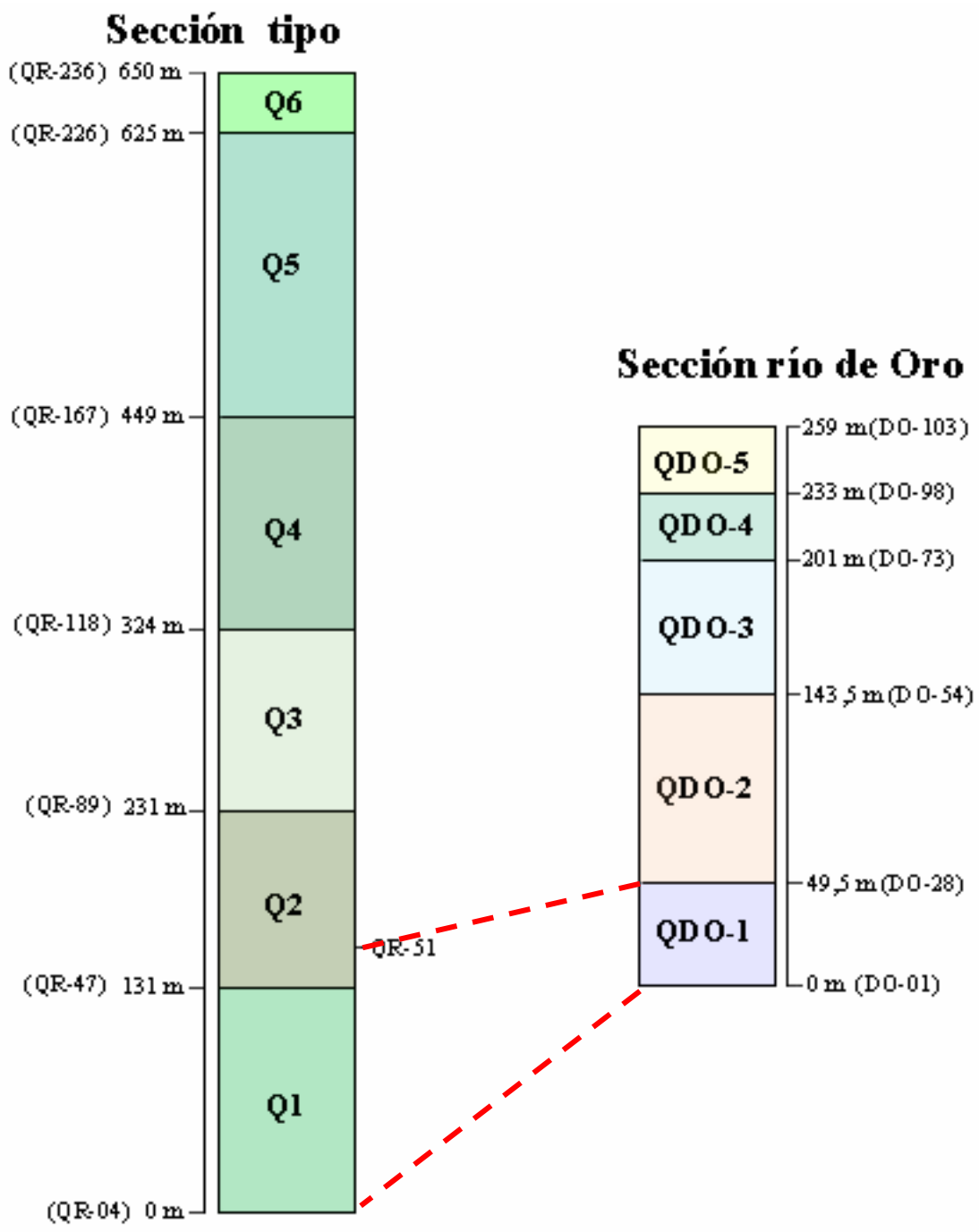


Figura 5.16. Comparación química de las secciones de la Formación Querecual, según las funciones discriminantes determinadas para la sección Río de Oro.

Perfiles químicos de concentración

En los perfiles químicos de la sección tipo de la Formación Querecual se observan características comparables con las de la sección Río de Oro. En la sección tipo los perfiles de componentes de la asociación clástica (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3 y Fe_2O_3) muestran comportamientos similares y una tendencia a aumentar hacia el tope de la formación.

También es notorio el cambio que sufre el V a los 300 m de altura estratigráfica en la sección tipo (unidad química Q4), donde sus valores decrecen de manera abrupta para mantenerse en valores cercanos a cero hacia el contacto con la Formación San Antonio. Un cambio similar se observa en los componentes de las asociaciones orgánica y carbonática (Mo, Ni, CaO y Sr), los cuales decrecen también a la misma altura.

Se observan también discrepancias entre las dos secciones, entre ellas la presencia de MnO en la sección tipo, componente prácticamente ausente en Río de Oro. El MgO es otro componente cuyas concentraciones son mayores en la sección tipo que en Río de Oro.

Con el fin de realizar una correlación entre las secciones por medio de estos perfiles de concentración, y descartando el análisis mediante funciones discriminantes, en el perfil del V y Mo, la altura estratigráfica a la cual se "atarían" ambas secciones correspondería con el punto donde estos elementos decrecen abruptamente (Figura 5.17); en Río de Oro este punto se ubica estratigráficamente a la altura de la muestra DO-74. Este punto, indicativo de un cambio en las condiciones de óxido-reducción del ambiente de sedimentación, ha sido reportado por otros autores tanto en la Formación La Luna (BRICEÑO & CALLEJÓN 2000, GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001) como en la Formación Querecual (PAREDES *et al.* 1998, ARREAZA 2002), y bioestratigráficamente coincide con el límite Coniaciense-Santoniense (BRICEÑO & CALLEJÓN 2000 y PAREDES *et al.* 1998). En la figura 5.18 se muestra la correlación cronoestratigráfica realizada por PAREDES *et al*. (1998) entre algunas secciones Cretácicas del Oriente de Venezuela, y donde aparecen además las secciones objeto de este estudio.

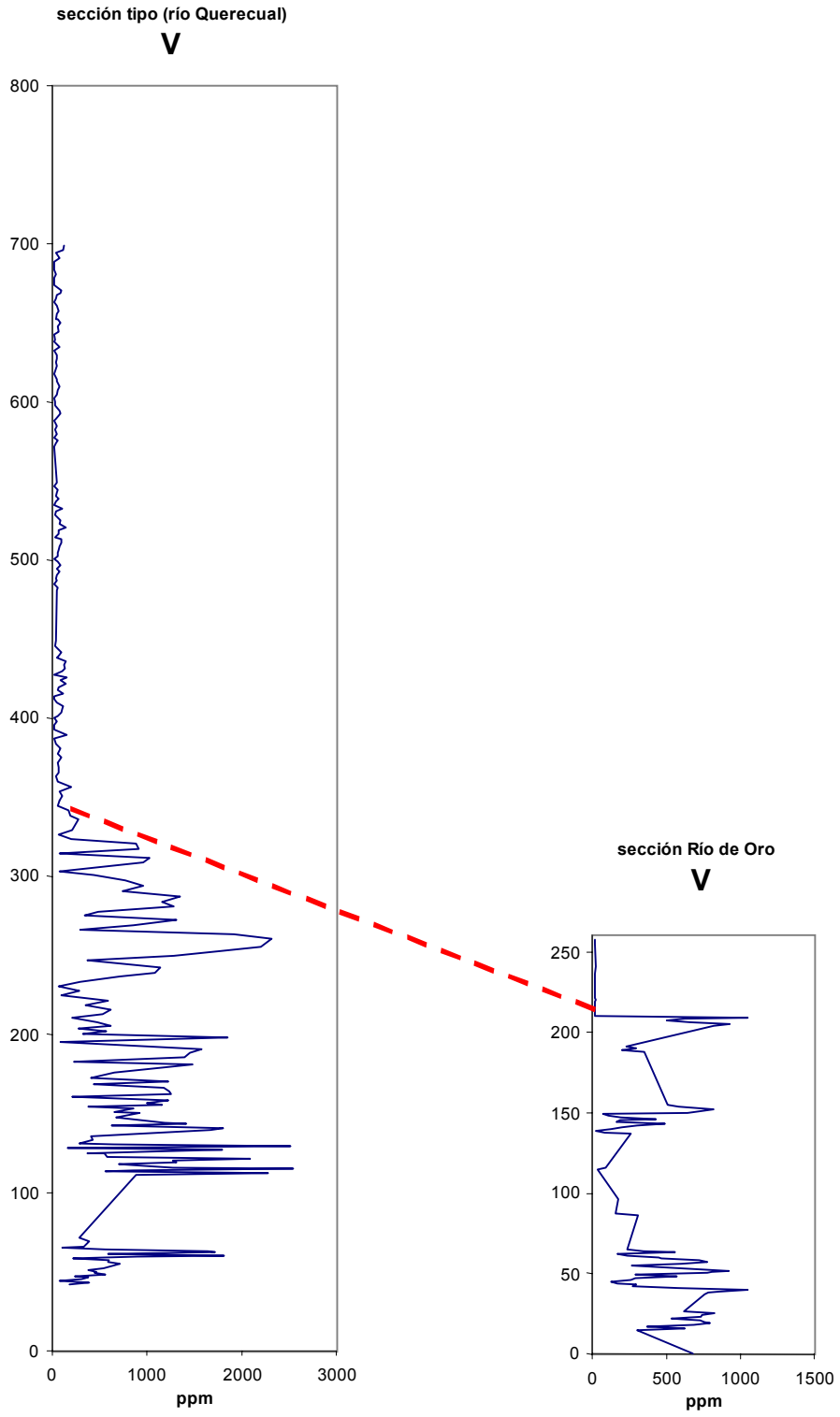


Figura 5.17. Correlación química a través de los perfiles de concentración de V de la Formación Querecual.

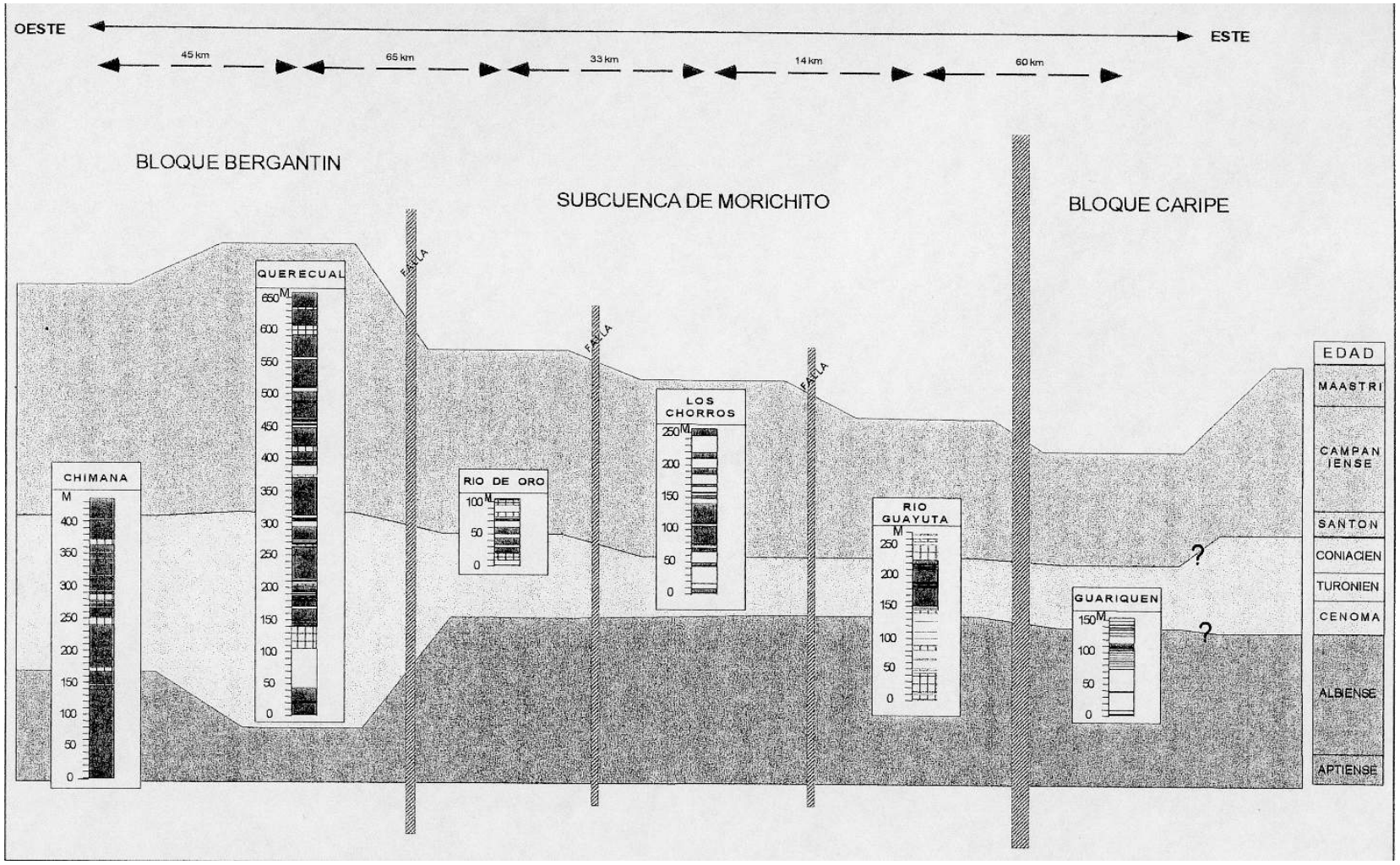


Figura 5.18. Correlación cronoestratigráfica con dirección W-E entre las principales rocas cretácicas de Venezuela Oriental. Tomado de PAREDES *et al*. (1998).

5.2.5. INTERPRETACIONES GENERALES DE LA FORMACIÓN QUERECUAL

Características litológicas de la formación

La Formación Querecual en la sección de Río de Oro, está constituida por intercalaciones de lutitas carbonáticas y calizas laminadas de color negro y abundantes nódulos y concreciones. Estas características reflejan condiciones de depositación de baja energía y probablemente alta profundidad, aptas para la acumulación de materia orgánica y la precipitación de carbonatos. YORIS (1989) estima un rango de profundidades entre la parte media e inferior de un talud (ambiente pelágico); por otro lado PAREDES *et al*. (1998) sugieren un ambiente nerítico medio a externo (profundidades más someras). El trabajo de MÉNDEZ (1989) apoya lo propuesto por PAREDES *et al*. (1998), al mencionar que las condiciones anóxicas reflejadas en la Formación La Luna no necesariamente indican altas profundidades, sino que pueden deberse a la interacción de:

- Incremento y transgresión rápida del nivel del mar sobre amplias zonas plataformales de los continentes.
- Incremento y expansión de la zona de aguas anóxicas en el proto Caribe.
- Expansión de las zonas mínimas de oxígeno sobre la plataforma debido a la transgresión marina, manteniéndose las aguas superficiales bien oxigenadas y deficientes en oxígeno las de fondo.
- Presencia de corrientes ascendentes (upwelling) en los márgenes de la plataforma, cuya riqueza de nutrientes fue favorable para el desarrollo de la biota planctónica, y contribuyeron al carácter anóxico de las aguas de fondo.
- Por otro lado el incremento en la subsidencia de la cuenca controla los espesores y profundidades de la formación, donde el aporte de sedimentos a la cuenca, representado únicamente por fauna pelágica y esporádicos aportes de biota bentónica, no logra contrarrestar a la tasa de subsidencia.

MACSOTAY *et al.* (1997) mencionan que la subsidencia que afectó al margen cratónico en el Cretácico Tardío fue posterior a una subsidencia de carácter termal (Cretácico Temprano) dentro de un margen pasivo, previo a la colisión de la placa suramericana con la placa Caribe.

PÉREZ INFANTE & PACHECO (1997) agregan que la ocurrencia del evento anóxico oceánico del Cenomaniense-Turoniense tuvo una influencia relativa menor en la acumulación de la materia orgánica. Procesos de mayor duración en escala geológica, incluyendo variaciones de productividad primaria y cambios verticales y areales de la zona de mínimo oxígeno en la columna de agua en respuesta a cambios eustáticos, fueron los controles primarios de la preservación de materia orgánica que permitió a la Formación Querecual desarrollar características geoquímicas de roca madre de hidrocarburos.

La presencia de ftanitas en la parte superior de la sección tipo, es indicativa de una sedimentación más distal de la plataforma (PAREDES *et al*. 1998) con profundidades ligeramente mayores con respecto a la sección que aflora en Río de Oro, a partir de lo cual se podría interpretar que hacia el oeste de la región hay una tendencia a la profundización de la cuenca.

Perfiles de concentración

El comportamiento creciente de los elementos de la asociación clástica (SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3), acompañado por valores decrecientes de las asociaciones carbonática (CaO, Sr) y orgánica (V, Mo, Ni, Zn y Cu) hacia el tope de la Formación Querecual, refleja que las condiciones físico-químicas iniciales del ambiente sedimentario estuvieron dominadas por períodos de alta anoxicidad, que permitieron la preservación de altas cantidades de materia orgánica. Éstas características cambian posteriormente a condiciones más oxigenadas y posiblemente de menor profundidad, las cuales se reflejan en la base de la unidad química QDO-4. PAREDES *et al.* (1998), con ayuda de la bioestratigrafía, indican que el inicio de este cambio coincide con el Santoniense Temprano. Este cambio de condiciones también es observado en la sección tipo (unidad Q4), e incluso en trabajos realizados en secciones de la Formación La Luna (BRICEÑO & CALLEJÓN (2000) y GONZÁLEZ & SÁNCHEZ (2001)), equivalente diacrónico de la Formación Querecual, lo cual soportaría la hipótesis de que este evento ocurre a nivel regional.

Las condiciones de alta anoxicidad observadas en la base de la formación, ocurrieron como producto de un evento transgresivo de gran escala que tuvo lugar en el límite Cenomaniense-

Turoniense, asociado a un evento anóxico oceánico. El cambio de estas condiciones, reflejado en el límite de las unidades QDO-3 y QDO-4, marca además el punto máximo de este evento transgresivo (una superficie de máxima inundación, MFS). PÉREZ INFANTE & PACHECO (1997) mencionan que la parte inferior a éste límite dentro de la secuencia, corresponde con un sistema transgresivo (Transgressive System Track, TST) de segundo orden, mientras que la parte superior corresponde con un sistema de alto nivel (Highstand System Track). Agregan además que este sistema de alto nivel ocurre a partir del Coniaciense hasta el Campaniense. Por otro lado, PAREDES *et al*. (1998) marcan su inicio en el Santoniense.

KAUFFMAN *et al.* (1993, en PÉREZ INFANTE & PACHECO 1997) mencionan que generalmente los sistemas transgresivos de tercer orden (observados en la mitad inferior de la secuencia) coinciden con un incremento de contenido de carbonatos pelágicos, sugiriendo profundización y quizás tendencia a la condensación de la secuencia.

La relación Al_2O_3/K_2O está controlada por cambios mineralógicos de los minerales de arcilla en ambientes marinos someros. El perfil de concentración de esta relación muestra un incremento en el contenido de K_2O hacia la base de la formación, pudiendo ser asociado con ilita o caolinita. En análisis de difracción de rayos X sobre lutitas de esta formación, FRÍAS & QUINTANA (1983) determinaron la presencia de estos dos minerales, y por otro lado PDVSA (2001) detecta la presencia de illita y vermiculita.

YARINCIK & MURRAY (2000) indican que la illita es un producto de la meteorización en climas cálidos a áridos, mientras que la caolinita se forma por lo general bajo climas tropicales húmedos. De acuerdo con las interpretaciones anteriores, se propone que posiblemente climas cálidos pudieron dominar durante la fase de depositación anóxica de la secuencia.

Estadística univariable

Los histogramas de frecuencia químicos muestran un predominio de carbonatos sobre componentes siliciclásticos, reflejados altas frecuencias bajo concentraciones de 50% de CaO y 25% de SiO_2. Se presentan además casos de bimodalidad en componentes químicos como

SiO_2, Al_2O_3 y CaO entre otros, los cuales son interpretados como cambios en los tipos litológicos. En el caso del SiO_2 en la sección de Río de Oro el carácter bimodal se ve reflejado en la estructura silícea de organismos bénticos presentes en rocas de la base, y en componentes detríticos de litologías ubicadas en el tope de la formación. En la sección tipo, el carácter multimodal del histograma puede reflejarse además en la presencia de las ftanitas hacia el tope de la secuencia.

Para el Al_2O_3, las mayores frecuencias pueden corresponder a lutitas y calizas arcillosas, mientras que el carácter unimodal observado en la sección tipo, puede reflejar la ausencia de calizas arcillosas y el predominio de calizas y lutitas.

En los diagramas de caja son numerosos los casos que presentan medianas parecidas. Sin embargo son notorios los casos del SiO_2 y CaO, en los cuales hay una gran dispersión de los datos, aunque presentan medianas distintas. El Al_2O_3 presenta dispersión y medianas muy similares en las dos secciones. Entre los elementos traza, el V, Sr y Zn presentan altas dispersiones, siendo mucho mayores en Río de Oro que en la sección tipo. Las similitudes encontradas entre estos diagramas, reflejan que las condiciones de sedimentación de ambas secciones fueron muy parecidas, con ligeras variaciones.

Los diagramas de caja y perfiles químicos de concentración reflejan que la sección Río de Oro tiende a ser más carbonática que la sección tipo, siendo las máximas concentraciones de CaO en ésta última de 47%, mientras que en Río de Oro alcanzan un 56%, indicando una tendencia a la disminución de carbonatos hacia el oeste de la región. Las concentraciones de V son menores en Río de Oro, a partir de lo cual se propone que el contenido de materia orgánica disminuye hacia el este de la región, sugiriendo una somerización de la cuenca en esta dirección.

A través de los diagramas de dispersión se observa que el 54% de las lutitas de Río de Oro y 45% de calizas de la sección tipo presentan los mejores ajustes (C>99%). Caso contrario sucede con ajustes cuya confiabilidad no alcanza el 95%, los cuales son observados mayormente en calizas de Río de Oro y lutitas de la sección tipo (Tabla 5.3).

En los diagramas de dispersión del Al_2O_3 se observan mejores ajustes cuando este óxido es relacionado con K_2O y Rb. Esto puede indicar que estos dos componentes se comportan de manera relativamente inmóvil, sin haber sufrido alteración en el proceso de meteorización y diagénesis. Además, las ligeras desviaciones de la linealidad observadas en estos gráficos pueden ser el reflejo de pequeñas diferencias en el material parental (REATEGUI 2001). Los buenos ajustes de estas relaciones pueden indicar una alta afinidad del K_2O y Rb con la fase arcillosa, donde el K_2O aparece asociado con minerales de arcilla contenidos tanto en lutitas como en calizas arcillosas de la sección de Río de Oro. En el caso del TiO_2, los elementos al cual se relacionan están asociados con la fracción clástica relativa con los minerales pesados (MARTÍNEZ 2001).

Análisis multivariado

En la comparación de los tipos litológicos de ambas secciones, los resultados muestran una separación de las litologías según la localidad, lo cual indica que en la zona la composición química del material aportado al ambiente sedimentario varía lateralmente de una sección a otra. Se proponen además las siguientes litofacies para esta formación, apoyadas en las características químicas observadas en los perfiles de concentración:

- Facies carbonática: Parte basal de la secuencia donde el V y CaO presentan altas concentraciones.
- Facies no carbonática: Donde se agrupan aquellas muestras que no reaccionan al contacto con el ácido clorhídrico.
- Facies carbonática con contenido clástico: intervalo ubicado estratigráficamente hacia el tope de la formación, por encima del punto donde el V disminuye hacia valores mínimos, y donde ocurre el cambio en las condiciones físico-químicas de sedimentación.

Por medio de las funciones discriminantes se observa también que las litofacies definidas tienden a coincidir con los niveles estratigráficos en los cuales se definen también los cambios ambientales, de esta forma la facies carbonática es depositada bajo un ambiente marino de plataforma interna a externa, la facies carbonática con contenido clástico está asociada con un ambiente próximo costero (PAREDES *et al*. 1998), mientras que la facies no carbonática se presenta bajo el ambiente anteriormente mencionado y otro transicional entre las condiciones

euxínicas de la Formación Querecual y las condiciones más oxigenadas de la Formación San Juan (MARCUCCI, 1976). Las figuras 5.19 y 5.20 muestran respectivamente la separación de las litofacies y paleoambientes a través de las funciones discriminantes.

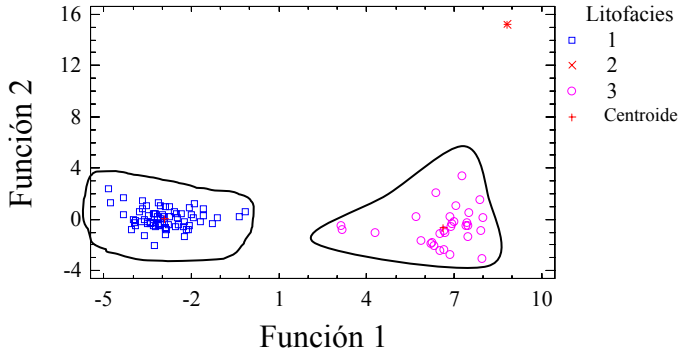


Figura 5.19. Representación gráfica de las funciones discriminantes de la sección Río de Oro, separadas según las litofacies propuestas (1: Facies carbonática, 2: Facies no carbonática, 3: Facies carbonática con contenido clástico).

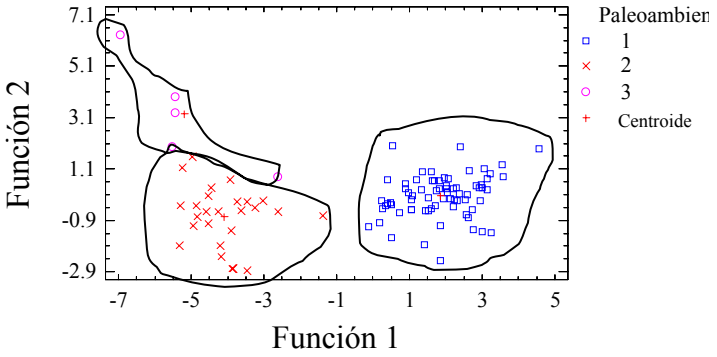


Figura 5.20. Representación gráfica de las funciones discriminantes de la sección Río de Oro, separadas según los paleoambientes propuestos por PAREDES *et al*. (1998) y MARCUCCI (1976). (1: Plataforma interna a externa, 2: Plataforma interna a externa con barras o próximo costero, 3: Transicional).

Los análisis de agrupaciones soportan las interpretaciones anteriores, donde se puede observar separaciones entre un grupo definido por las unidades químicas QDO-1, QDO-2 y QDO-3 y otro grupo conformado por QDO-4 y QDO-5. Los límites entre estos grupos coinciden estratigráficamente con los cambios ambientales y de litofacies observados. Un

tercer grupo, compuesto por las muestras DO-103 y DO-104 parece estar representado por condiciones menos carbonáticas y de menor profundidad, y que podrían corresponder con la Formación San Antonio. A grandes rasgos, en la sección tipo se observa un comportamiento similar, reflejado a través de la separación de unidades químicas con funciones discriminantes (Figura 5.11).

En la comparación de ambas secciones a través de las funciones discriminantes, se puede observar que hay una separación entre el grupo litológico de la sección tipo con respecto al grupo litológico que compone a la sección de Río de Oro (Figura 5.13). Esta separación sugiere la posibilidad de que las características químicas de las litologías en ambas secciones son distintas y características de la localidad donde los sedimentos fueron depositados, a pesar de que las condiciones regionales fueron comunes. Esto puede reflejar cambios en la naturaleza del material parental o incluso variaciones laterales en las condiciones de sedimentación (energía, profundidad, etc.).

Con respecto a las unidades químicas determinadas en ambas secciones, se observa que las muestras correspondientes a la sección Río de Oro en su totalidad presentan una afinidad química con la unidad Q5 definida por ARREAZA (2002) para la sección tipo, mientras que las muestras que integran la unidad Q1 y parte de Q2 en esta sección son químicamente similares a la unidad QDO-1 de Río de Oro (Figuras 5.15 y 5.16). Sin embargo, es posible establecer un nivel de correlación entre las dos secciones a través de los perfiles químicos. Este nivel correspondería con el punto de separación entre condiciones anóxicas y condiciones ligeramente más oxigenadas, donde el aporte de material clástico aumenta relativamente (Figura 5.17).

Tabla 5.19. Tabla resumen de las interpretaciones generales en la Formación Querecual (sección Río de Oro)

Unidad Química	Intervalo estratigráfico (m)	Litofacies asociada	Marcadores de 1er orden	Asociación mineralógica propuesta	Composición de la fuente	Condiciones físico-químicas	Condiciones paleoclimáticas y/o ambientes sedimentarios
QDO-5	233 - 259	Carbonática con contenido siliciclástico		Minerales de arcilla (illita, caolinita) y Calcita baja en magnesio (FRÍAS & QUINTANA 1983, BUSTAMANTE 1984)	Mayoritariamente de origen ígneo, ubicada al sur de la cuenca (CISNEROS & LÓPEZ, 1986), y compuesta por rocas sedimentarias retrabajadas (CISNEROS & LÓPEZ 1986, FRÍAS & QUINTANA 1983)	Reductoras (anóxicas) a subóxicas hacia el tope	Ambiente nerítico medio a externo (PAREDES *et al.* 1998).
			SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, K_2O, Rb, Sr				
QDO-4	201 – 233	Carbonática con contenido siliciclástico					
			SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, V, Cr, Ni, Cu, Zn, Se, Rb				
QDO-3	143,5 – 201	Carbonática					
			SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, V, Cr, Cu, Zn, Se, Mo				
QDO-2	49,5 – 143,5	Carbonática					
			SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, CaO, V, Cr, Cu, Zn, Se, Mo, Pb				
QDO-1	0 - 49,5	Carbonática					

5.3. FORMACIÓN NARICUAL

5.3.1. APLICACIÓN DEL ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN DE HERRON (1988)

Al observar el esquema de clasificación de HERRON (1988) se puede observar que la nube de muestras en general está constituida por tres grupos principales (lutita-Fe, arenita-Fe y lutita) así como algunas cuarzoarenitas, wacas, litarenitas y sublitarenitas. Sin embargo ninguna muestra entró dentro de la clasificación de arcosas y subarcosas (Figura 5.21).

Al comparar las litologías determinadas a partir del esquema de clasificación con la descripción macróscopica realizada en campo (Tabla 5.20), se puede decir que el método resulta muy bueno, ya que discrimina los sedimentos terrígenos adecuadamente, además que permite diferenciar los sedimentos argiláceos de las areniscas, lo cual no es fácil de realizar a nivel macroscópico (muestra de mano) sin la realización de estudios petrográficos.

En esta investigación se realizó la clasificación de 233 muestras pertenecientes a la sección río Orégano, obteniéndose: 92 arenitas-Fe, 73 Lutitas-Fe, 56 Lutitas, 5 Wacas, 4 cuarzoarenitas, 2 sublitarenitas y 1 litarenita.

En la figura 5.22, se observan los porcentajes de las distintas litologías reconocidas, mostrando que hay una mayor proporción de Arenitas-Fe, seguida en segundo lugar por Lutitas-Fe y por último lutitas.

Con respecto al % Ca en la tabla de datos de la Formación Naricual (Apéndice IV.2) es notorio que en la sección casi todas las muestras se presentan como de tipo no calcáreo, sin embargo se observan algunas muestras calcáreas (OR-01, OR-25,OR-36, OR-100, OR-124, OR-156, OR-166) a lo largo de la secuencia.

Tabla 5.20. Clasificación de las muestras de la sección río Orégano según el esquema de sedimentos terrígenos de HERRON (1988)

Muestras	Clasificación	Descripción de campo
OR-1	Arenita- Fe	Arenisca gris oscuro, muy compacta, grano fino
OR-2	Arenita- Fe	Arenisca gris claro , compacta, grano fino a grueso, masiva
OR-3	Lutita-Fe	Arenisca blanco a gris, masiva , grano medio a grueso ,con qz.
OR-4	Lutita-Fe	Arenisca blanco a rosado claro, masiva, compacta , grano medio
OR-5	Lutita-Fe	Arenisca gris, grano medio, masiva, compacta, con muscv.
OR-6	Arenita- Fe	Arenisca gris claro , compacta, grano fino , masiva, con musgo
OR-7	Lutita	Lutita marrón oscuro a negro, muy disgregada
OR-8	Lutita	Lutita marrón oscuro , laminada, deleznable
OR-9	Arenita- Fe	Arenisca gris oscuro a negro, grano fino, muy compacta, laminada
OR-10	Sublitarenita	Lutita marrón rojizo, laminada, deleznable
OR-11	Lutita	Lutita marrón oscuro, con materia orgánica, disgregada
OR-12	Lutita	Lutita marrón oscuro, laminada
OR-13	Lutita	Lutita marrón oscuro a negro, laminada, muy disgregada
OR-14	Arenita- Fe	Arenisca gris, grano fino, laminada, muy compacta
OR-15	Arenita- Fe	Arenisca , grano fino, laminada, muy compacta
OR-16	Cuarzoarenita	Arenisca gris verdoso claro, grano muy fino, laminada, meteorizada
OR-17	Lutita	Lutita marrón rojizo, laminada, algo compacta
OR-18	Lutita-Fe	Arenisca gris, grano fino, laminada, compacta
OR-19	Arenita- Fe	Arenisca rosado, grano fino, masiva, compacta, con qz. y muscv.
OR-20	Arenita- Fe	Arenisca, grano medio, inequigranular, deleznable
OR-21	Arenita- Fe	Arenisca gris claro, muy compacta, masiva
OR-22	Arenita- Fe	Arenisca blanco a rosado, grano medio, masiva, deleznable
OR-23	Arenita- Fe	Arenisca rosado pálido, grano fino, muy compacta, masiva
OR-24	Arenita- Fe	Arenisca blanco a rosado, grano medio a fino, masiva, deleznable
OR-25	Arenita- Fe	Arenisca marrón, grano fino, laminada, compacta, reacción al HCL.
OR-26	Lutita	Lutita marrón oscuro, muy disgregada
OR-27	Arenita- Fe	Arenisca gris claro, grano fino, laminada, compacta, meteorizada
OR-28	Arenita- Fe	Limolita gris verdoso muy compacta, masiva
OR-29	Arenita- Fe	Arenisca gris a rosado, grano fino, muy compacta, estriada
OR-30	Lutita	Lutita marrón oscuro, laminada, deleznable
OR-31	Lutita	Lutita marrón rojizo, con yeso, muy deleznable
OR-32	Lutita	Lutita marrón rojizo, muy deleznable
OR-33	Lutita	Lutita marrón claro a amarillento, con yeso, muy disgregada
OR-34	Lutita	Lutita marrón claro a rojizo con yeso
OR-35	Arenita- Fe	Arenisca gris, grano muy fino, muy compacta, masiva
OR-36	Arenita- Fe	Arenisca gris oscuro, calcita post- diagénetica, grano fino, masiva.
OR-37	Lutita	Lutita marrón rojizo y gris, deleznable
OR-38	Lutita	Lutita marrón oscuro a negro, laminada
OR-39	Lutita	Lutita marrón oscuro a negro
OR-40	Lutita	Lutita marrón oscuro a negro, laminada, deleznable

Tabla 5.20. Continuación

Muestras	Clasificación	Descripción de campo
OR-41	Waca	Lutita marrón oscuro, laminada, compacta
OR-42	Arenita -Fe	Arenisca gris, grano fino, muy compacta, masiva
OR-43	Lutita	Lutita marrón oscuro, tamaño limoso
OR-44	Arenita -Fe	Arenisca gris oscuro, laminada, compacta
OR-45	Arenita -Fe	Arenisca gris pardo, con qz, Ox. de Fe y muscovita, grano fino ,masiva
OR-46	litarenita	Lutita gris oscuro, con micas, laminada
OR-47	Arenita -Fe	Arenisca gris , con qz, Ox. de Fe, grano fino, laminada
OR-48	Lutita -Fe	Arenisca marrón claro, con qz.,micas, de grano fino
OR-49	Arenita -Fe	Arenisca marrón claro, grano fino, compacta.
OR-50	Carbón	Lignito negro, compacto (capa guía)
OR-51	Arenita -Fe	Arenisca gris oscura, con micas y qz, laminada de grano fino
OR-52	Cuarzoarenita	Arenisca amarilla, qz, micas y Ox. de Fe, grano fino, algo compacta
OR-53	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, qz y Ox. de Fe, grano muy fino, compacta
OR-54	Cuarzoarenita	Arenisca gris parduzca, con cuarzo y micas claras, grano fino.
OR-55	Arenita -Fe	Arenisca gris parduzco, con qz y micas, laminada de grano fino
OR-56	Arenita -Fe	Arenisca amarillo claro, con qz, micas , con grano fino a medio
OR-57	Lutita -Fe	Arenisca gris claro , con qz. y Ox. de Fe, grano fino, algo compacta
OR-58	Arenita -Fe	Arenisca amarillo claro con qz y minerales pesados, con grano fino.
OR-60	Lutita	Lutita marrón claro, tamaño arcilla
OR-61	Arenita -Fe	Arenisca marrón claro, con qz. y micas, grano fino, algo compacta
OR-62	Lutita -Fe	Arenisca marrón clara, con qz. y micas, grano muy fino , masiva
OR-63	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, con muscv. y qz, grano fino, masiva
OR-64	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, Ox. de Fe, grano fino
OR-65	Arenita -Fe	Arenisca amarilla, qz, micas, grano grueso, terrosa
OR-66	Lutita	Lutita gris claro, tamaño limo
OR-67	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, cuarzo y Ox. de Fe.,grano fino, compacta
OR-68	Lutita -Fe	Lutita marrón claro, laminar
OR-69	Lutita	Lutita marrón claro, laminar
OR-70	Arenita -Fe	Arenisca marrón , con cuarzo, micas y muscv. , grano grueso
OR-71	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, con qz., grano grueso
OR-72	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, con qz., mica, minerales de arcilla, grano fino
OR-73	Arenita -Fe	Arenisca marrón grisáceo, con qz. y micas, grano grueso, terrosa
OR-74	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, qz. y micas claras, grano grueso
OR-75	Lutita -Fe	Arenisca marrón claro, qz. y micas claras, grano fino
OR-76	Lutita	Lutita gris oscuro, tamaño limoso
OR-77	Lutita	Lutita gris oscuro, laminar, tamaño arcilla
OR-78	Lutita	Lutita marrón claro, micas, laminar, tamaño limo
OR-79	Lutita	Lutita marrón oscuro, tamaño limo
OR-80	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, con qz. y minerales pesados, grano grueso
OR-81	Lutita-Fe	Arenisca marrón grisáceo, grano fino, masiva

Tabla 5.20. Continuación

Muestras	Clasificación	Descripción de campo
OR-82	Lutita-Fe	Arenisca marrón claro, con qz y Ox. de Fe., grano fino , masiva
OR-83	Arenita- Fe	Arenisca gris, con cuarzo, micas y Ox. de Fe.,grano grueso
OR-84	Arenita- Fe	Arenisca amarillo claro, con qz, micas y Ox. de Fe., grano grueso
OR-85	Arenita- Fe	Arenisca gris claro, con qz, mica clara, grano grueso, masiva
OR-86	Lutita-Fe	Arenisca gris claro, con qz., micas claras y Ox. de Fe., grano fino.
OR-87	Lutita-Fe	Arenisca amarillo claro, con qz, y Ox. de Fe., grano fino a medio
OR-88	Arenita- Fe	Arenisca amarillo claro, qz. y Ox. de Fe.,grano grueso
OR-89	Arenita- Fe	Arenisca amarillo, con qz., micas y minerales de arcilla, grano fino
OR-90	Lutita-Fe	Arenisca gris claro, con cuarzo y micas claras, grano fino, laminada
OR-91	Lutita-Fe	Arenisca marrón claro, con minerales pesados, qz., grano fino.
OR-92	Arenita- Fe	Arenisca gris marrón clara, con muscv. y qz., grano fino
OR-93	Lutita	Lutita amarilla clara, con jarosita y muscov., laminada
OR-94	Waca	Limolita marrón oscuro, laminada
OR-95	Lutita-Fe	Arenisca rosada, con niveles de materia orgánica?, grano fino a medio
OR-96	Lutita-Fe	Arenisca gris claro a rosado, grano fino, laminada , tabular
OR-97	Lutita-Fe	Arenisca gris claro a rosado, grano medio a grueso, masiva
OR-98	Arenita -Fe	Arenisca beige oscuro, con qz., grano grueso, masiva, compacta
OR-100	Arenita -Fe	Arenisca gris, laminación cruzada, con estrías
OR-101	Lutita	Lutita marrón claro, con jarosita, laminada
OR-102	Lutita	Lutita marrón oscuro, con yeso y jarosita
OR-104	Arenita -Fe	Arenisca marrón claro, con muscovita, de grano muy fino
OR-105	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, con qz., muscovita, grano medio, masiva, porosa
OR-106	Arenita -Fe	Arenisca rojiza, con cuarzo y materia orgánica, grano medio a fino.
OR-107	Lutita -Fe	Arenisca marrón claro, con muscv. y qz.,grano fino, masiva, compacta
OR-108	Arenita -Fe	Arenisca blancuzca, con jarosita y qz, con niveles de oxidación
OR-109	Lutita -Fe	Arenisca blanca, con qz., muscov., de grano medio a fino, masiva
OR-110	Arenita -Fe	Arenisca rosada, con qz., grano medio a grueso.
OR-112	Arenita -Fe	Arenisca blanca, con qz., de grano fino a medio, masiva, compacta
OR-113	Lutita -Fe	Arenisca gris-rosado, muscv., materia orgánica, grano muy fino,
OR-114	Arenita -Fe	Arenisca beige, con qz., grano medio, masiva, compacta
OR-115	Lutita -Fe	Arenisca rosada, con muscv. y qz., grano fino a medio, masiva.
OR-116	Arenita -Fe	Arenisca rosado, con muscv. y qz., grano fino, muy meteorizada.
OR-117	Arenita -Fe	Arenisca gris, grano fino, muy compacta, masiva, muy meteorizada
OR-118	Arenita -Fe	Arenisca parda, con qz.
OR-121	Lutita -Fe	Arenisca gris, grano medio a grueso, con Ox. de Fe, masiva
OR-122	Lutita -Fe	Arenisca gris, con qz.,muscv., grano fino a medio, masiva,
OR-123	Lutita	Arenisca marrón , con muscv., grano fino, laminada
OR-124	Arenita -Fe	Arenisca rosado a marrón , grano fino, masiva, meteorizada
OR-125	Lutita	Lutita marrón oscuro, laminada, deleznable
OR-126	Lutita	Limolita marrón, masiva, deleznable

Tabla 5.20. Continuación

Muestras	Clasificación	Descripción de campo
OR-127	Lutita	Lutita marrón claro, algo micácea, masiva, compacta
OR-128	Waca	Lutita marrón oscuro, laminada, algo compacta
OR-129	Lutita	Limolita marrón oscuro, laminada, deleznable
OR-130	Lutita	Rítmita (Arenisca +Lutita) Lutita marrón oscuro y Arenisca rojiza
OR-131	Arenita -Fe	Arenisca amarillo oscuro, con Ox. de Fe., grano fino, masiva
OR-132	Carbón	Lignito negro, compacto (capa guía)
OR-133	Lutita -Fe	Arenisca gris pardo, grano fino a medio.
OR-134	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, grano medio, meteorizada, masiva
OR-135	Arenita -Fe	Arenisca marrón claro, grano fino.
OR-136	Lutita	Lutita gris oscuro, tamaño arcilla
OR-137	Lutita	Limolita marrón oscuro, algo micácea (muscv.), compacta
OR-138	Arenita -Fe	Arenisca marrón oscuro, grano muy fino
OR-139	Lutita	Lutita marrón oscuro, laminar, tamaño arcilla
OR-140	Lutita -Fe	Arenisca gris claro laminada, deleznable
OR-141	Lutita -Fe	Arenisca gris oscuro, con óxido de Fe., grano fino compacta
OR-143	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, grano medio
OR-144	Lutita	Lutita marrón claro, laminar, tamaño arcilla
OR-145	Waca	Lutita marrón oscuro, laminar, tamaño arcilla
OR-146	Arenita -Fe	Arenisca marrón oscuro, grano medio, algo compacta
OR-147	Arenita -Fe	Arenisca marrón claro, grano medio a fino
OR-150	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, grano medio, algo compacta
OR-151	Sublitarenita	Lutita marrón, laminada, tamaño arcilla
OR-152	Lutita	Lutita gris claro, laminar, tamaño arcilla
OR-153	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, con qz., y muscv., grano fino a medio
OR-154	Lutita	Lutita marrón claro, tamaño arcilla, laminar
OR-155	Lutita -Fe	Arenisca pardo oscuro, con ox. de Fe., grano fino, laminada
OR-156	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, ox. de Fe.,grano fino
OR-157	Arenita -Fe	Arenisca gris claro a rosado, grano medio, masiva
OR-158	Lutita	Limolita marrón claro a gris, laminada, algo compacta
OR-159	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, con qz.,muscv., grano fino, masiva.
OR-160	Lutita	Lutita marrón claro, con materia orgánica, tamaño arcilla
OR-161	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, con qz.,ox. de Fe.,grano fino, masiva
OR-162	Lutita	Arenisca gris claro, con qz. y ox. de Fe, grano muy fino, compacta
OR-163	Lutita -Fe	Arenisca marrón oscuro, con qz., y ox. de Fe., grano muy fino,.
OR-164	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, con qz. y ox. de Fe, grano fino, algo compacta
OR-165	Arenita -Fe	Arenisca rojiza en bandas oscuras y ox. de Fe.,grano medio
OR-166	Arenita -Fe	Arenisca marrón claro, con qz., micas, grano medio
OR-167	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, con ox. de Fe., grano medio
OR-168	Lutita -Fe	Arenisca marrón claro, de grano fino
OR-169	Lutita -Fe	Arenisca rojizo muy claro, de grano grueso

Tabla 5.20. Continuación

Muestras	Clasificación	Descripción de campo
OR-170	Arenita -Fe	Arenisca marrón claro, con qz., micas, de grano fino a medio
OR-171	Arenita -Fe	Arenisca rosado claro, con muscv., algo laminada
OR-172	Lutita	Lutita marrón claro a amarillenta, laminada
OR-173	Lutita -Fe	Arenisca blanca a gris, con muscv., qz., grano fino, masiva, compacta
OR-174	Lutita -Fe	Arenisca beige, con qz., masiva, de grano fino
OR-175	Lutita -Fe	Arenisca rosado, con muscv., algo laminada
OR-176	Arenita -Fe	Arenisca rosado claro, con cuarzo
OR-177	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, con muscv., algo laminada
OR-178	Lutita -Fe	Arenisca rosado, con qz., muscv, masiva
OR-179	Arenita -Fe	Arenisca beige, con qz., muscv., de grano medio
OR-180	Arenita -Fe	Arenisca gris a rosado claro, con qz., muscv., grano medio a fino
OR-181	Arenita -Fe	Arenisca gris a rosado pálido, con qz, grano medio a grueso.
OR-182	Arenita -Fe	Arenisca gris a rosado con qz., conglomerática, masiva
OR-183	Lutita -Fe	Arenisca gris a claro rosado, grano medio a grueso, con oxidación
OR-186	Lutita	Lutita marrón oscuro, laminada, algo compacta
OR-187	Lutita	Lutita marrón oscuro, laminada, algo compacta
OR-188	Lutita	Lutita marrón oscuro a negro, con muscv.
OR-189	Waca	Lutita marrón oscura a negro, algo micácea, masiva, algo compacta
OR-190	Lutita	Lutita marrón oscuro, algo compacta
OR-191	Lutita -Fe	Arenisca gris, con niveles de materia orgánica, grano fino.
OR-192	Lutita -Fe	Arenisca rosado a gris, grano fino, con niveles de materia orgánica
OR-193	Lutita	Limolita marrón oscuro, con muscv., y materia orgánica, compacta
OR-196	Arenita -Fe	Arenisca gris pardo, ox. de Fe.,grano fino, laminada
OR-197	Arenita -Fe	Arenisca rojiza, con jarosita, muy meteorizada
OR-198	Lutita -Fe	Arenisca gris a beige, grano fina, masiva, compacta
OR-199	Lutita -Fe	Arenisca marrón claro, con qz y minerales pesados, grano medio
OR-200	Lutita	Lutita marrón oscuro, tamaño limoso
OR-201	Lutita -Fe	Arenisca rojiza, con qz., muscv., de grano fino, laminada, compacta
OR-202	Lutita -Fe	Rítmita (Arenisca + Lutita) Lutita marrón y Arenisca marrón claro.
OR-203	Lutita -Fe	Arenisca marrón claro, de grano grueso con ox. de Fe.
OR-204	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, con cuarzo, muscv. grano medio, masiva
OR-205	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, grano fino, muy meteorizada
OR-206	Lutita -Fe	Arenisca amarillo claro, con qz., micas, grano medio, algo compacta
OR-207	Arenita -Fe	Arenisca amarillo claro, con ox. de Fe., de grano grueso
OR-208	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, con qz., y micas claras, de grano grueso.
OR-209	Arenita -Fe	Arenisca gris claro, grano grueso con bandeamientos de ox. de Fe.
OR-210	Cuarzoarenita	Arenisca rosado a beige, con qz, grano medio, muy meteorizada, masiva
OR-212	Arenita -Fe	Arenisca marrón claro, grano medio a fino
OR-213	Lutita -Fe	Arenisca gris, con qz., muscv.,grano fino, masiva, compacta
OR-214	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, materia orgánica, grano medio a fino, masiva

Tabla 5.20. Continuación

Muestras	Clasificación	Descripción de campo
OR-215	Lutita -Fe	Arenisca gris-rosado claro, con jarosita, grano fino,
OR-216	Lutita -Fe	Arenisca marrón claro, con qz., grano fino, masiva
OR-217	Lutita -Fe	Limolita marrón oscuro, con materia orgánica, masiva
OR-218	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, con muscv.,laminaciones, de grano fino
OR-219	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, materia orgánica, de grano fino , compacta
OR-220	Lutita -Fe	Arenisca gris, con muscv., de grano fino, laminada, compacta
OR-221	Lutita	lutita marrón a ocre, laminada
OR-222	Arenita -Fe	Arenisca negro con tonos rojizos, grano medio
OR-223	Lutita -Fe	Arenisca marrón, con qz., y minerales pesados, grano fino, masiva
OR-224	Arenita -Fe	Arenisca gris, grano medio, masiva, deleznable, meteorizada
OR-225	Arenita -Fe	Arenisca rojizo con bandeamientos gris claro, grano medio
OR-226	Lutita -Fe	Arenisca gris muy claro, con qz., mica clara y ox. de Fe., grano medio
OR-227	Lutita -Fe	Arenisca beige, grano medio a fino , compacta
OR-228	Arenita -Fe	Arenisca blancuzca,,grano fino, meteorizada, masiva
OR-229	Arenita -Fe	Arenisca rosado claro, grano grueso, deleznable, masiva
OR-230	Lutita -Fe	Arenisca gris claro a rosado, con qz.,muscv.,grano fino, compacta
OR-231	Lutita -Fe	Arenisca gris, grano muy fino, meteorizada, laminada, compacta
OR-232	Lutita -Fe	Arenisca gris a rosado, compacta, de grano muy fino
OR-233	Arenita -Fe	Arenisca marrón rojizo, compacta, masiva
OR-234	Lutita	lutita marrón a gris, laminada
OR-235	Lutita -Fe	Arenisca gris a rosado claro, con muscv.,laminada, grano fino
OR-236	Lutita -Fe	Arenisca, color gris, con qz. y micas claras, grano fino a medio
OR-237	Lutita	lutita marrón claro, laminada
OR-238	Lutita	lutita marrón grisáceo, laminar, tamaño arcilla
OR-239	Arenita -Fe	Arenisca rosado pálido, grano fino, compacta, masiva
OR-240	Lutita -Fe	Arenisca blancuzca, con qz., grano fino, masiva, muy compacta
OR-241	Lutita -Fe	Arenisca rojizo claro, con qz., grano fino a medio
OR-242	Lutita -Fe	Arenisca gris, con qz., muscv.,grano medio, con niveles de oxidación
OR-243	Lutita -Fe	Arenisca gris claro, con qz. mica, y minerales pesados, grano fino
OR-245	Lutita -Fe	Arenisca gris, con qz, muscv., grano fino, masiva, compacta
OR-246	Lutita	lutita marrón rojizo, muy disgregada
OR-247	Lutita	lutita marrón rojiza, laminada
OR-248	Lutita	lutita marrón, jarosita, laminada, deleznable
OR-249	Arenita -Fe	Arenisca rosado claro, de grano fino a grueso, gradada
OR-250	Lutita -Fe	Limolita rosado claro, con jarosita, laminaciones

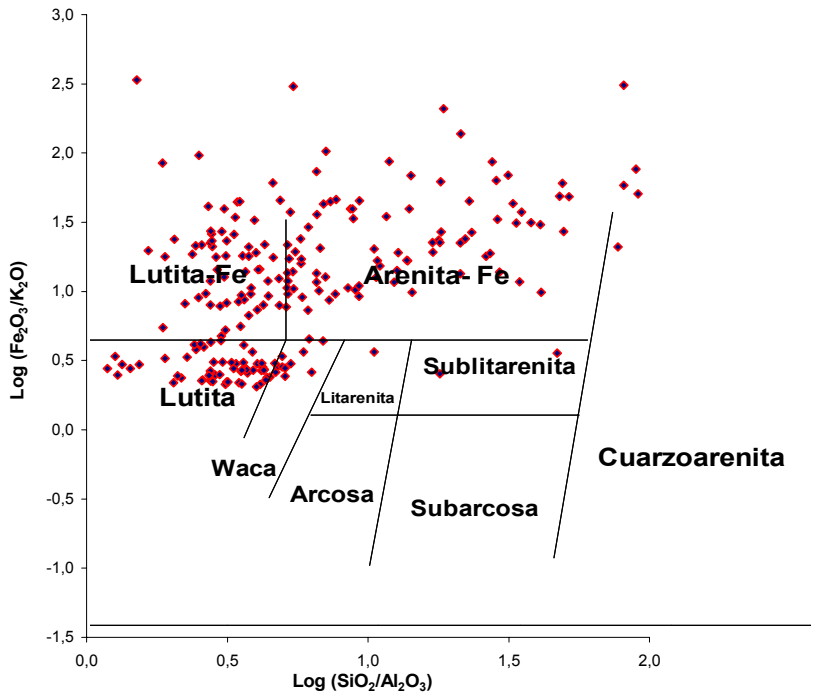


Figura 5.21. Esquema de clasificación de sedimentos terrígenos usando las muestras pertenecientes a la Formación Naricual en la sección río Orégano (Sistema de clasificación de HERRON 1988).

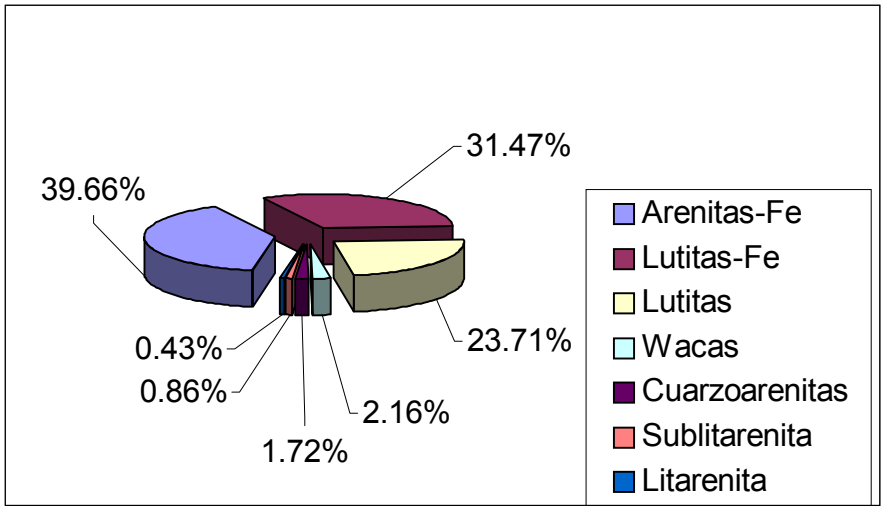


Figura 5.22. Abundancia en % de las distintas litologías reconocidas mediante el esquema de HERRON (1988) para la Formación Naricual, en la sección río Orégano.

5.3.2. ESTADÍSTICA UNIVARIANTE

5.3.2.1. Histogramas de frecuencia químicos

En este capítulo se analizan los histogramas de frecuencia químicos de la sección río Orégano y de la sección tipo (canteras de Naricual, minas de Naricual, río Naricual y río Capiricual) al mismo tiempo utilizando para ello cada una de las 21 variables químicas (componentes mayoritarios y elementos traza). Estos gráficos sirven como herramienta para familiarizarse con el conjunto de datos. Su utilidad radica en que resalta y aclara patrones o tendencias o puntos anómalos así como también sirve como control de calidad.

Tabla 5.21. Tipos de distribución y valores máximos alcanzados por los polígonos de frecuencia en los histogramas de frecuencia de la Formación Naricual, en ambas secciones, usando todas las litologías combinadas.

	sección Río Orégano	**sección tipo**
SiO_2	Multimodal Máximo (1)= 92,5% Máximo (2)= 77,5% Máximo (3)= 55%	Unimodal con sesgo (-) Máximo = 72,5%
TiO_2	Bimodal Máximo (1)= 0,25% Máximo (2)= 0,75%	Bimodal Máximo (1)= 0,57% Máximo (2)= 0,8%
Al_2O_3	Bimodal Máximo (1)= 3% Máximo (2)= 21,5%	Bimodal Máximo (1)= 9,5% Máximo (2)= 15,5%
Fe_2O_3	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 3,5%	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 3%
MnO	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,03%	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,02%
MgO	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,8%	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,9%
CaO	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,16%	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,28%

Tabla 5.21. Continuación

	sección Río Orégano	**sección tipo**
K_2O	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,13%	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 0,4 %
V	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 25 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 35 ppm
Cr	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 150 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 151 ppm
Co	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 12 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 12 ppm
Ni	Multimodal Máximo (1)= 240 ppm Máximo (2)= 560 ppm Máximo (3)= 960 ppm	Simétrico Máximo = 480 ppm
Cu	Unimodal simétrico Máximo = 40 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 40 ppm
Zn	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 10 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 98 ppm
Se	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 10 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 12 ppm
Rb	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 30 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 30 ppm
Sr	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 102 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 129 ppm
Zr	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 142 ppm	Bimodal Máximo (1)= 142 ppm Máximo (2)= 604 ppm
Mo	Simétrico Máximo = 12 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 12 ppm
Hg	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 10 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 13 ppm
Pb	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 23 ppm	Unimodal con sesgo (+) Máximo = 23 ppm

Tanto en la tabla 5.21, como en la figura 5.23 se puede apreciar que de las 21 variables estudiadas, 3 de ellas: Al_2O_3, TiO_2 y Zr (Zr sólo sección tipo) presentan un marcado comportamiento bimodal en ambas secciones. Esta bimodalidad marca claramente la presencia de dos tipos litológicos predominantes como lutitas altas en Al_2O_3 y areniscas bajas en Al_2O_3 (Figura 5.23). Por otro lado en las 18 variables químicas restantes el comportamiento es unimodal, excepto en el Ni (sección tipo) y en el SiO_2 (sección río Orégano) que se comportan de manera multimodal. La multimodalidad en el SiO_2 en la sección río Orégano puede indicar el predominio de areniscas sobre otros grupos, probablemente integrados por areniscas cuarzosas y areniscas con cantidades menores de cuarzo, y un grupo con menor contenido de SiO_2, constituido por limolitas.

El MnO y Fe_2O_3 en la sección tipo se presenta en concentraciones ligeramente mayores que en río Orégano, el comportamiento en el histograma es similar en ambas localidades, siendo unimodal con sesgo positivo. Por otro lado, el CaO alcanza concentraciones relativamente mayores en la sección tipo (1,4 % vs. 1,1% en río Orégano), indicando el carácter ligeramente más calcáreo de la sección tipo con respecto a la sección río Orégano.

El carácter unimodal del histograma del K_2O indica el predominio de este componente dentro de la fracción arcillosa, presente como mineral de arcilla (probablemente illita o caolinita). En la sección río Orégano se observa una pequeña tendencia a mostrar una segunda población (con frecuencia de muestras bajo 1,7% de concentración), lo cual puede ser indicativo de la presencia de feldespatos dentro de las areniscas (reportadas como areniscas arcósicas por SOCAS 1991).

Casi 50% de las muestras en río Orégano presentan concentraciones de MgO cercanas al 1%, mientras que en la sección tipo la frecuencia de muestras se reduce al 13%. Según LU *et al*. (2000) la presencia de este componente puede indicar la existencia de minerales de arcilla autigénicos como por ejemplo la montmorillonita.

El V y Mo presentan comportamientos similares en ambas secciones, pudiendo asociarse a litologías con alto contenido de materia orgánica (lutitas y lutitas carbonosas). La

multimodalidad del Ni en río Orégano también puede estar asociada a estas litologías (HILL, 1990).

Casos de comportamiento similar en ambas secciones se presentan en el Cr, el cual es un elemento casi exclusivo de arenas, y cuya proporción es controlada por la granulometría (IRINO & PEDERSEN 2000). En ambas secciones el comportamiento de este elemento es estrictamente unimodal, afirmando su presencia dentro de las fracciones siliciclásticas de grano medio a grueso.

Algo parecido ocurre con el Cu, cuyo comportamiento unimodal es similar en ambas secciones. Este elemento suele estar asociado con materia orgánica y a la fracción de filosilicatos (HILL 1990, CORADOSSI *et al*. 1991), indicando de esta manera su ocurrencia dentro de litologías arcillosas y con alto contenido de materia orgánica (lutitas carbonosas).

Tanto en río Orégano como en la sección tipo, el Zr presenta la mayor frecuencia de muestras bajo concentraciones cercanas a los 156 ppm, además de presentar un comportamiento unimodal. Las alta frecuencias de este elemento dentro de una población, pueden ser indicativas de litologías terrígenas predominantemente arenosas de grano medio a grueso (IRINO & PEDERSEN 2000, WATANABE *et al*. 2000), como por ejemplo los cuerpos arenosos de gran espesor presentes hacia el tope de la formación.

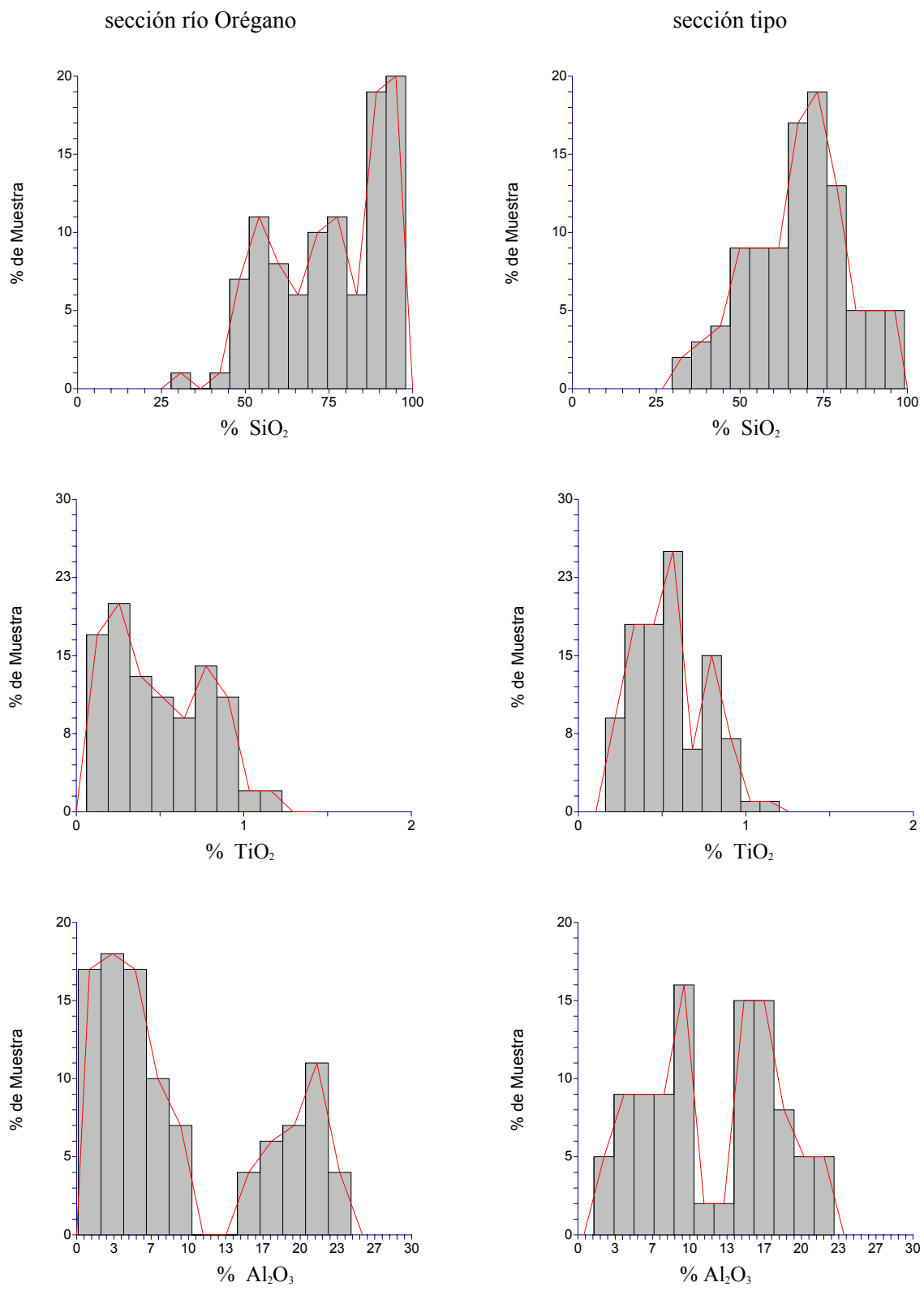


Figura 5.23. Histogramas y polígonos de frecuencia químicos de la Formación Naricual en la secciones río Orégano y tipo (Cantera de Naricual, Minas de Naricual, Río Naricual y Río Capiricual).

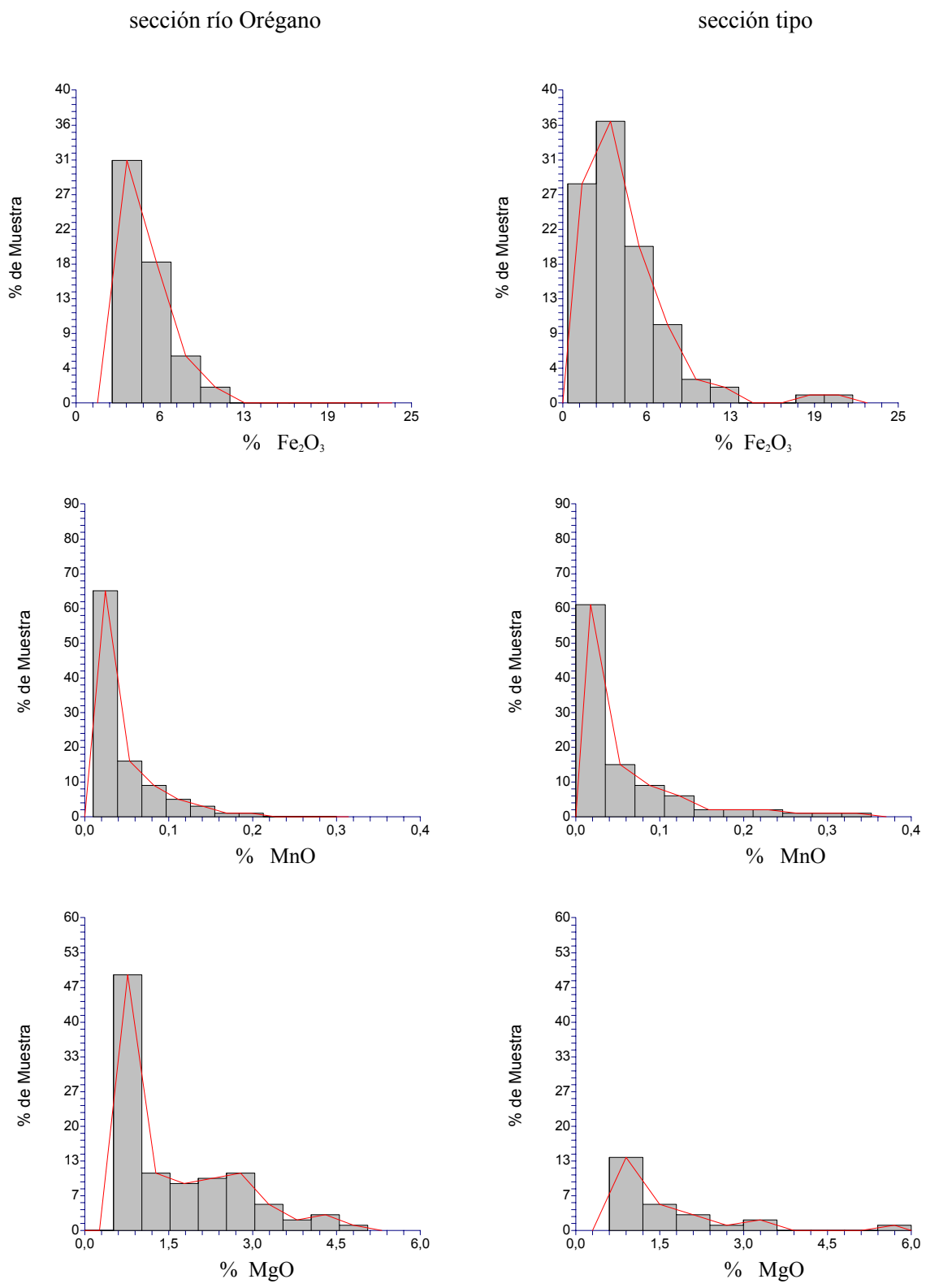


Figura 5.23. Continuación

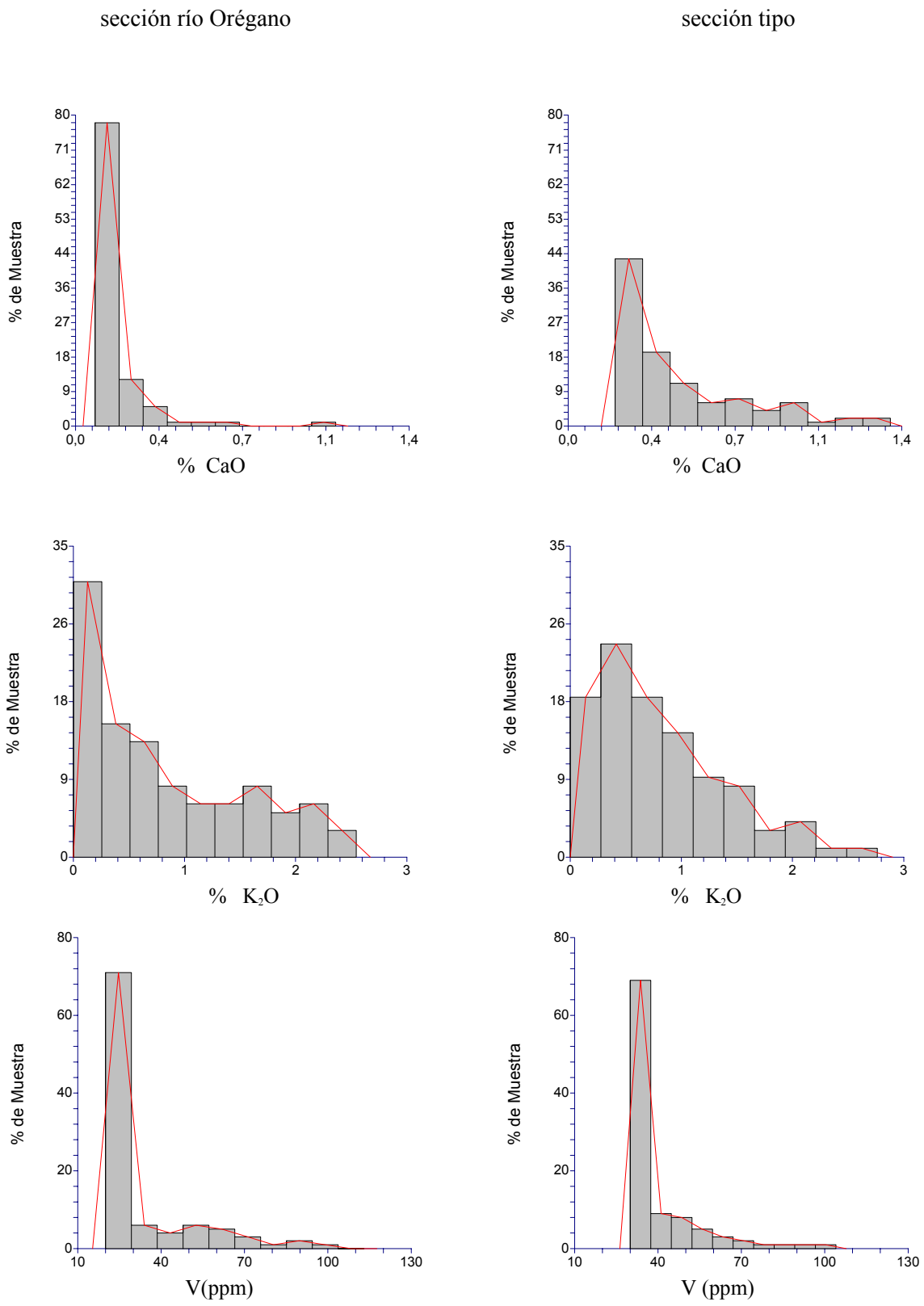


Figura 5.23. Continuación

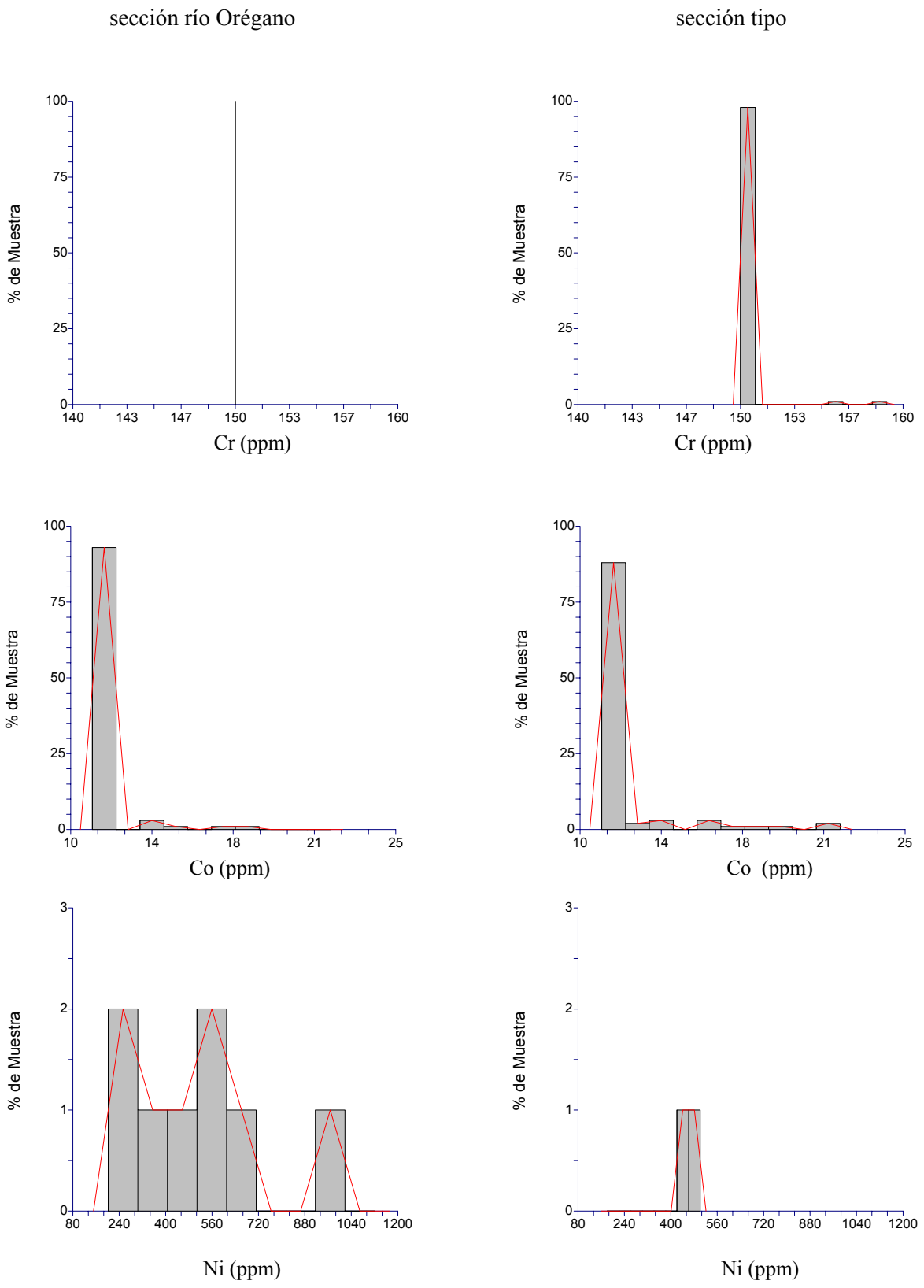


Figura 5.23. Continuación

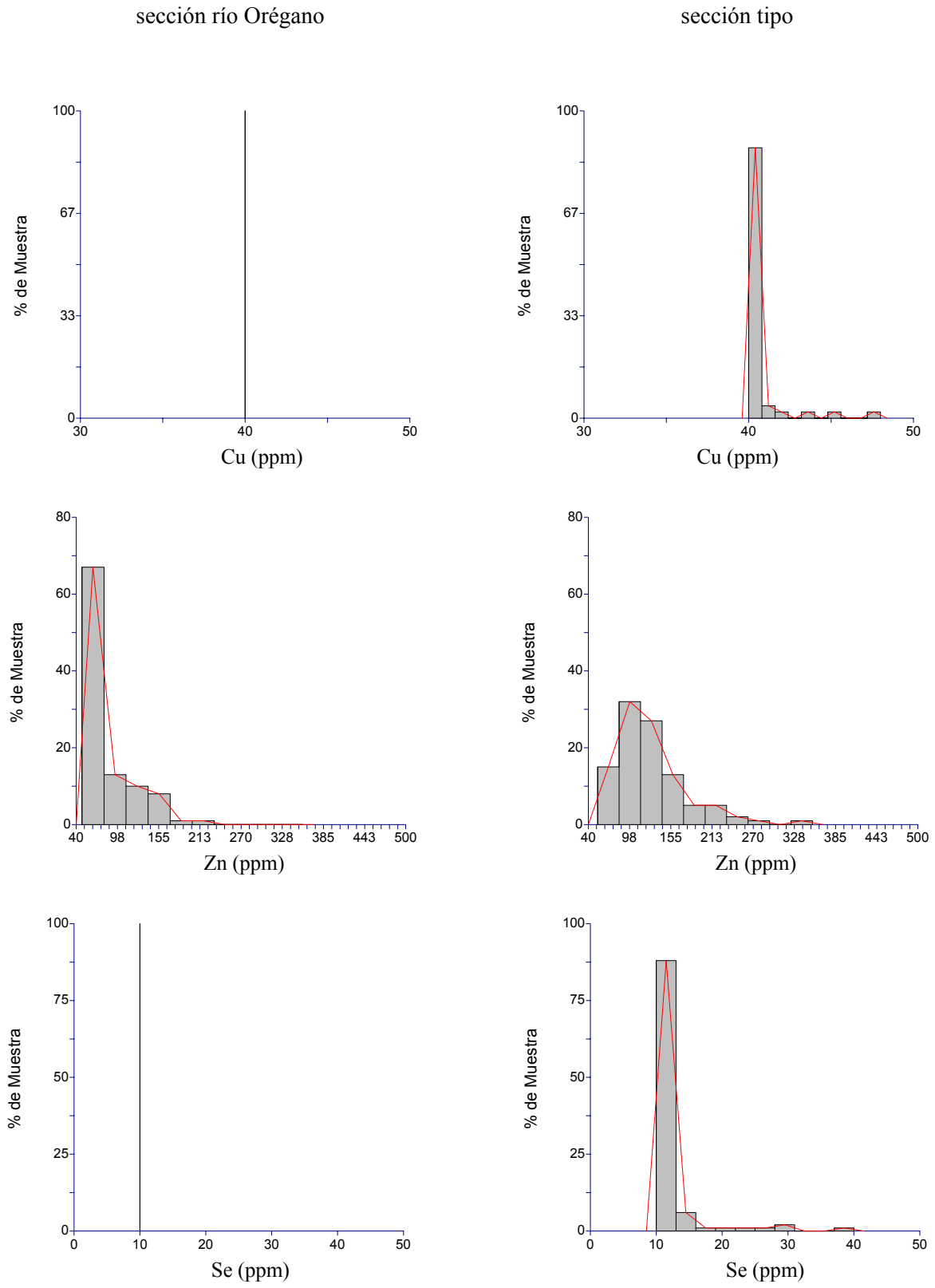


Figura 5.23. Continuación

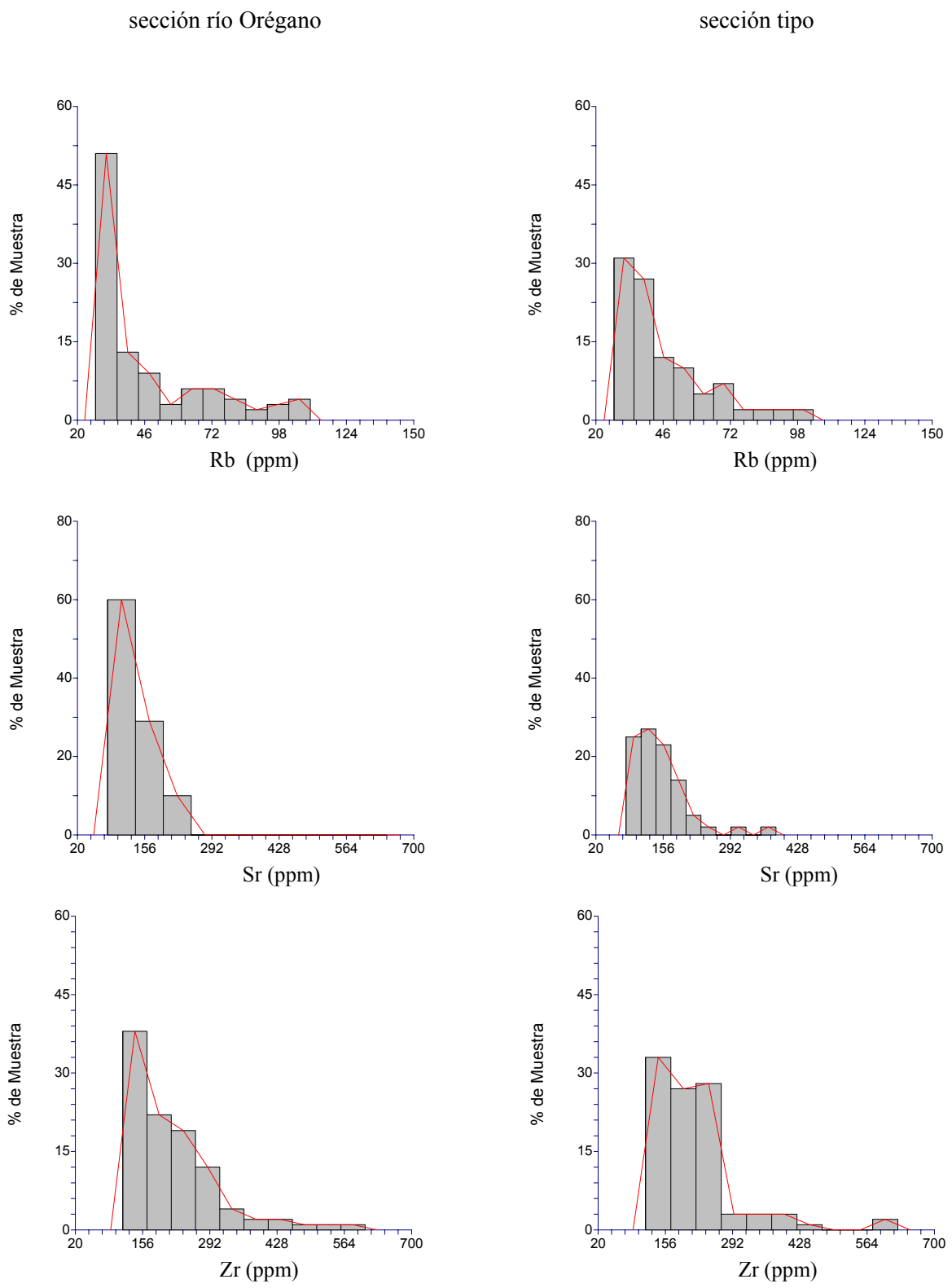
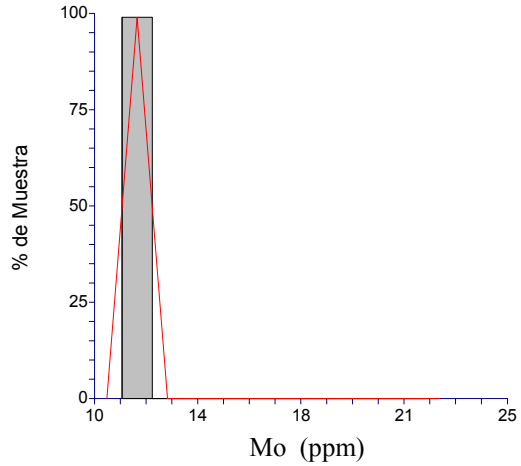
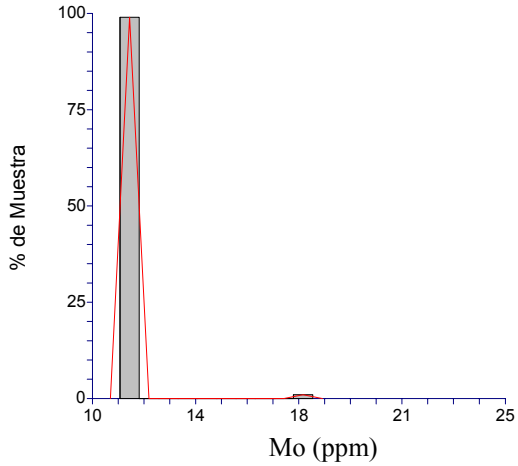


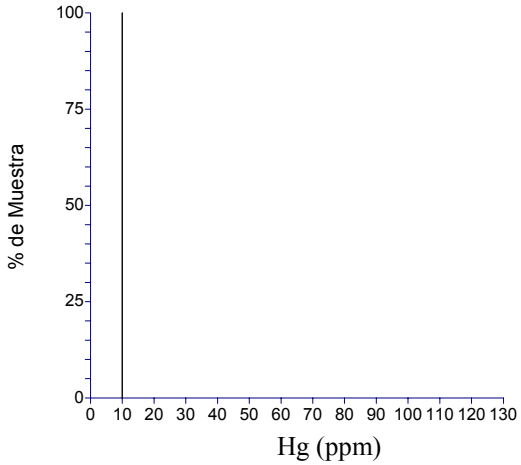
Figura 5.23. Continuación

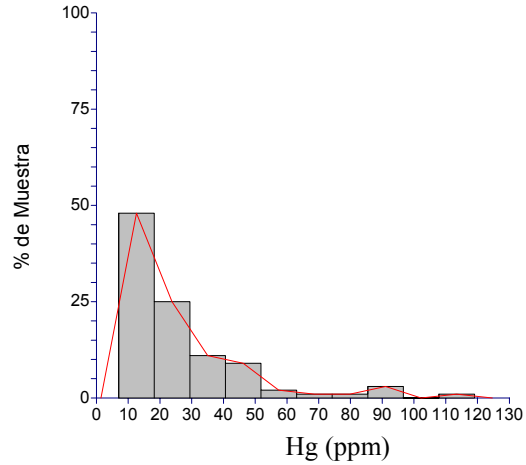
sección río Orégano

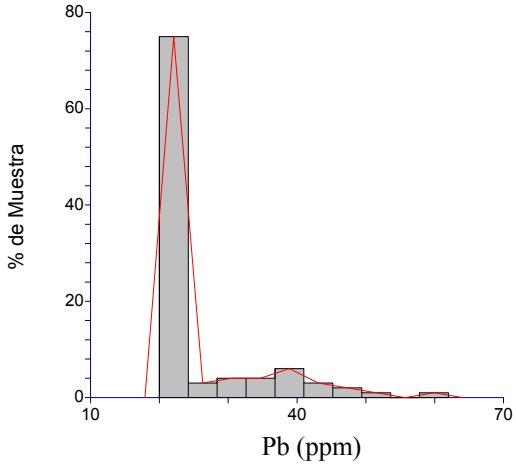
sección tipo











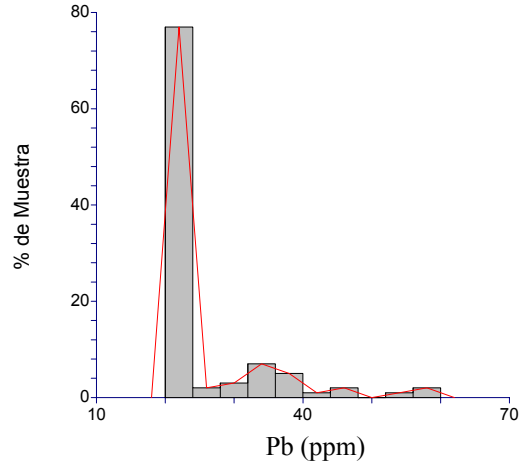


Figura 5.23. Continuación

5.3.3.3. Diagramas de caja químicos

Estas representaciones gráficas son de gran utilidad para presentar los datos contenidos en los cuartiles de una manera resumida. Los diagramas de caja resultan eficaces en la descripción de comparaciones entre muestras de las secciones de río Orégano y tipo (cantera de Naricual, minas de Naricual, río Naricual, río Capiricual) dado que se puede observar las semejanzas o diferencias que hay en las variables químicas que se analizaron (Tabla 5.22).

Tabla 5.22. Cuadro comparativo de las dos secciones estratigráficas de la Formación Naricual mediante el uso de diagramas de caja.

	sección río Orégano	**sección tipo**
SiO_2	La mediana alcanza casi el 81%, observándose una mayor dispersión en esta sección, evidenciado por el tamaño de la caja.	La mediana alcanza un 70%, se aprecia una dispersión menor que en la otra sección aunque los valores extremos se mantienen casi iguales.
TiO_2	La dispersión se presenta muy parecida a la sección tipo al observar el tamaño de las cajas, al igual que las medianas (≅ 0,5 %).	Los valores extremos resaltan en comparación a la otra sección, obteniéndose valores de hasta 4,2%, en contraste a la sección río Orégano con 1,6%.
Al_2O_3	La mediana presenta menor porcentaje (6%) que la sección tipo, aunque la dispersión es mayor evidenciado por el espesor de la caja. Los valores extremos no superan el 24%. El diagrama es muy asimétrico.	La dispersión en esta sección parece ser menor, aunque la mediana alcanza un valor por encima de la mediana de la sección río Orégano (12%). Los valores extremos se mantienen muy parecidos en las dos secciones.
Fe_2O_3	La mediana se presenta con 3%, siendo esta muy parecida a la de la sección tipo por lo que los valores se mantienen en general iguales, dado que la dispersión en los datos también es muy parecida.	Los valores extremos de ambas secciones también alcanzan valores similares entre 28% y 30%. El tamaño de la cajas en ambas secciones es casi igual.
MnO	La mediana alcanza un 0,18% notándose una dispersión menor en esta sección aunque es mínima en comparación a la sección tipo, ya que el tamaño de las cajas es muy similar.	Los valores extremos inferiores en esta sección se mantienen casi igual, aunque en esta sección los valores extremos máximos contrastan en tamaño alcanzando el 1%. A diferencia de la otra sección que presenta un 0,75%.

Tabla 5.22. Continuación

	sección río Orégano	**sección tipo**
CaO	Hay poca concentración de este óxido mayoritario, observándose poca dispersión en este diagrama, lo que sugiere que en comparación a la otra sección esta secuencia es menos calcárea	Hay mayor dispersión en comparación con la otra sección, al igual que la mediana alcanza un valor de 0,20% y los valores extremos presentan un valor de 6% y 0,25%.
K_2O	La mediana en esta sección es mayor (0,5%) que en la sección tipo, evidenciando que hay muestras con altos porcentajes de este componente, así como mayor dispersión por el tamaño de la caja. Presentan suave asimetría.	La dispersión es menor en esta sección, aunque los valores extremos se mantienen muy parecidos a la otra sección.
V	La mediana en esta sección alcanza los 21ppm , siendo la dispersión un poco mayor que en la sección tipo. Los valores extremos alcanzan 117 ppm.	La mediana alcanza un valor mayor a la sección río Orégano (32 ppm) lo que indica que hay muestras con mayor ppm en esta secuencia. Los valores extremos son menores también.
Cr	La dispersión en ambas secciones es igual ya que el tamaño de la caja es el mismo , la única característica resaltante son los valores anómalos mayores en la sección tipo.	La mediana es de 153 ppm solapándose con los cuartiles, ya que el contenido de Cr es casi constante a lo largo de la secuencia.
Co	Los diagramas muestran que no hay mucha dispersión, aunque se observan algunos valores anómalos que alcanzan valores de hasta 22 ppm.	Al igual que la sección anterior, la dispersión es casi igual, observándose valores anómalos de hasta 38 ppm.
Ni	No hay una buena dispersión, dando como información algunos valores anómalos suaves y fuertes, pero que no aportan gran información.	Aquí también se observa que no hay una buena dispersión, solo resaltan los valores anómalos alcanzando valores de hasta 600 ppm. Se observa que hay menos valores anómalos que en la otra sección.
Cu	No hay buena dispersión, tampoco se observa valores anómalos lo que indica que todos los valores están por debajo del límite de detección.	En contraste con la otra sección, los valores de este componente son mayores, ya que se observa una mayor mediana (60 ppm), al igual que hay una mayor dispersión dado el tamaño de la caja.
Zn	El valor de la mediana llega a 53 ppm, apreciándose una dispersión muy parecida a la sección tipo dado el tamaño de las cajas.	La mediana es mayor a la otra sección (120 ppm) lo que sugiere que los valores son mas altos en ppm. Los valores extremos lucen muy parecidos.
Se	Los valores se mantienen constantes a 10 ppm.	Los valores se mantienen casi constantes a 10 ppm, excepto por algunas muestran que se presentan como valores anómalos.
Rb	La dispersión de este elemento es mayor que en la sección tipo ya que el tamaño de la caja es mucho mayor. La mediana alcanza un valor de 34 ppm. Los valores extremos en ambas secciones son muy parecidos. Es muy asimétrico.	Menor dispersión que la sección río Orégano, aunque presentando una mediana mucho mayor (40 ppm), lo que sugiere que hay valores de mayor ppm en esta secuencia.

Tabla 5.22. Continuación

	sección río Orégano	**sección tipo**
Sr	Se observan pequeñas diferencias entre las medianas y valores un poco mayores para río Orégano (> 630 ppm).	La mediana llega hasta 140 ppm lo que indica que hay más valores altos en ppm , que en la Sección río Orégano. El valor extremo máximo es menor que el alcanzado en la sección río Orégano.
Zr	Las medianas no muestran mucha diferencia (200 ppm aprox.), al igual que la poca dispersión de los datos es muy parecida por lo que se aprecia dado el tamaño de las cajas.	Baja concentración, poca dispersión y con una mediana aproximada de 200 ppm.
Mo	No hay una buena dispersión, también muestra información de algunos valores anómalos suaves, de 12 y 22 ppm, que no son de gran importancia.	Al igual que en la otra sección no hay buena dispersión de los datos, sólo se observa un valor atípico de 18 ppm.
Hg	En esta sección los datos se encuentran con un valor constante de 10 ppm.	En comparación con la otra sección los datos de esta secuencia presenta una buena dispersión, con una mediana de 15 ppm aproximadamente. Con un valor máximo de 120 ppm.
Pb	Con mediana de 23 ppm en ambas secciones, y desplegando la misma dispersión evidenciado por el tamaño de las cajas.	Poca concentración en ppm de este elemento. Alcanzando valores máximos de 65 ppm casi parecidos a los de la otra sección.

En la figura 5.24 se presenta de manera general los diagramas de caja agrupados de los componentes mayoritarios y traza detectados en la Formación Naricual. De esta forma es posible observar que elementos mayoritarios como el SiO_2, Al_2O_3 y Fe_2O_3, y elementos traza como Cu, Zn, Rb, Sr y Zr presentan dispersiones considerables (proporcionales con el tamaño de la caja).

Las altas dispersiones del SiO_2 pueden reflejar presencia de dos tipos litológicos arenosos con proporciones distintas de este componente: areniscas y limolitas. En el Al_2O_3 y Fe_2O_3 las dispersiones son menores, siendo reflejo de facies terrígenas más arcillosas (MURRAY *et al*. 1995).

Los elementos traza mencionados anteriormente presentan comportamiento similar, a excepción del Cu, cuya dispersión en río Orégano es menor que en la sección tipo.

El TiO_2 se presenta en mayores concentraciones en la sección tipo que en la sección río Orégano, presentando además una dispersión ligeramente mayor en esta última sección (Figura 5.25). El CaO presenta mayores concentraciones y dispersión en la sección tipo. El comportamiento del MnO es similar en ambas secciones, con mayor dispersión en la sección tipo. Otros elementos con comportamientos similares son el Sr, Zr y Pb, cuyas pequeñas diferencias radican en las medianas.

Por otro lado, el Co, Ni y Se presentan también comportamientos similares dentro de valores de concentración mínimos, y con frecuentes valores anómalos (Figura 5.25).

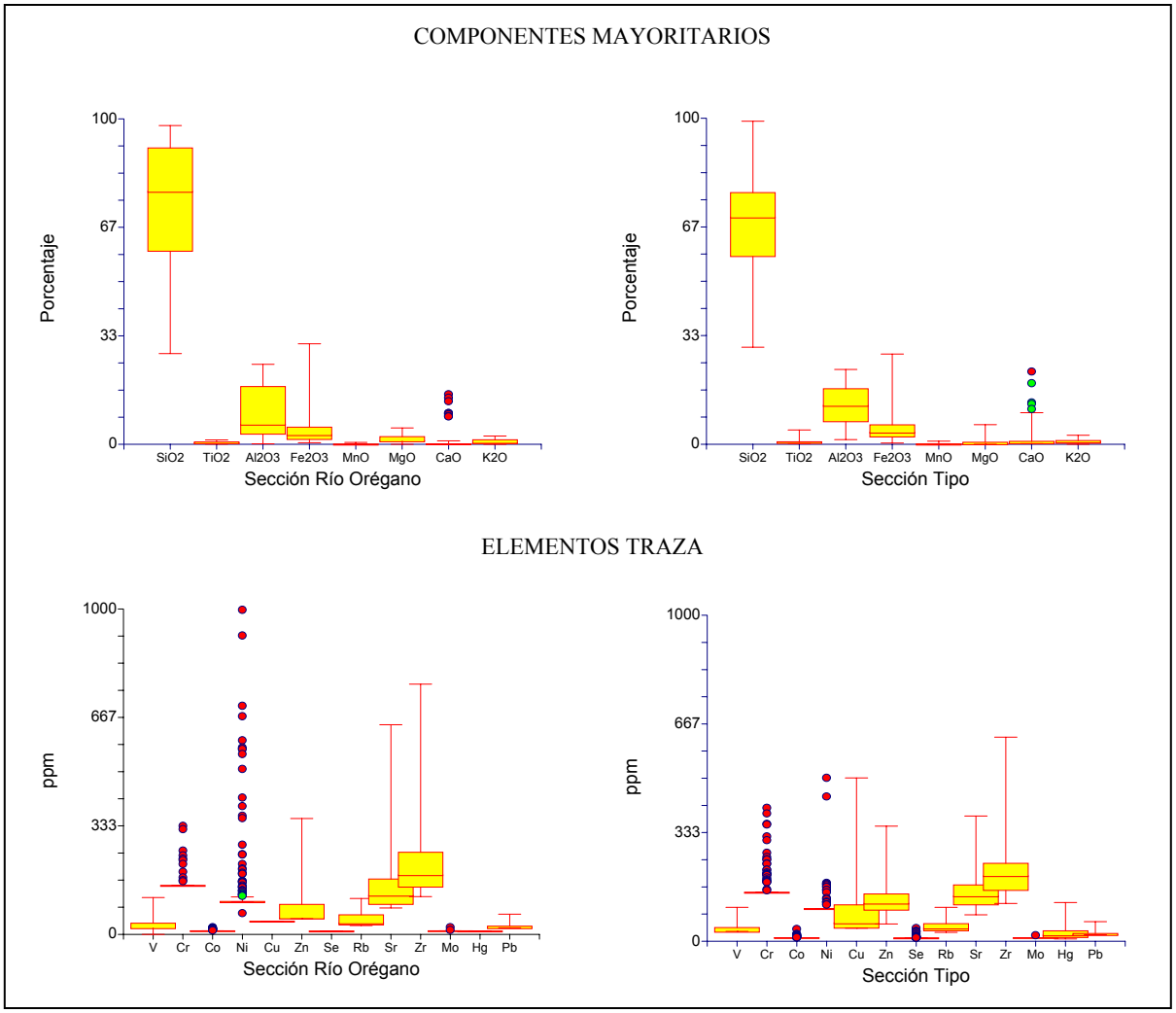


Figura 5.24. Diagramas de Caja generales de la Formación Naricual en las secciones río Orégano y tipo (cantera de Naricual, minas de Naricual, río Naricual y río Capiricual).

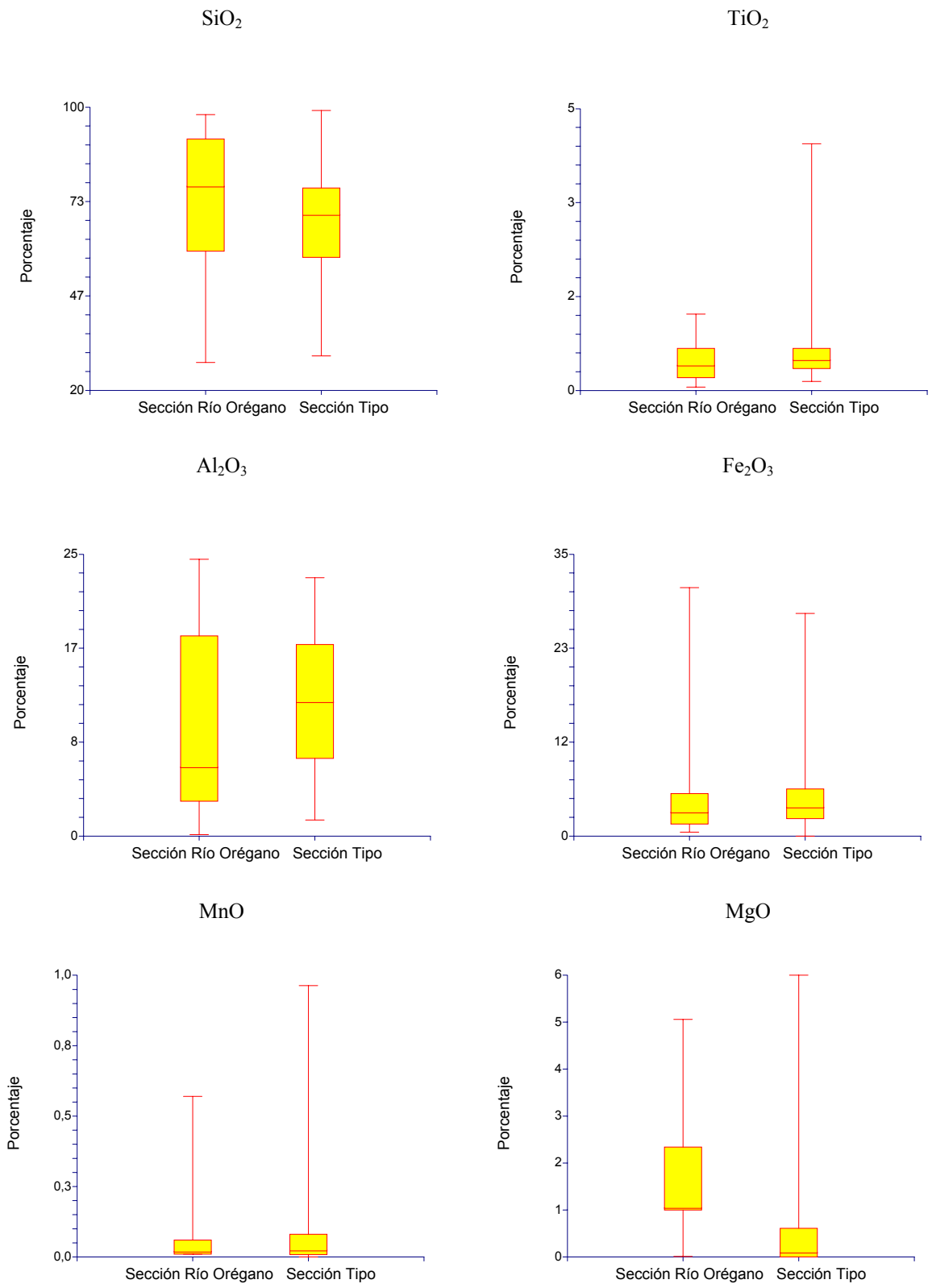


Figura 5.25. Diagramas de caja químicos de la Formación Naricual en las secciones río Orégano y tipo (cantera de Naricual, minas de Naricual, río Naricual y río Capiricual).

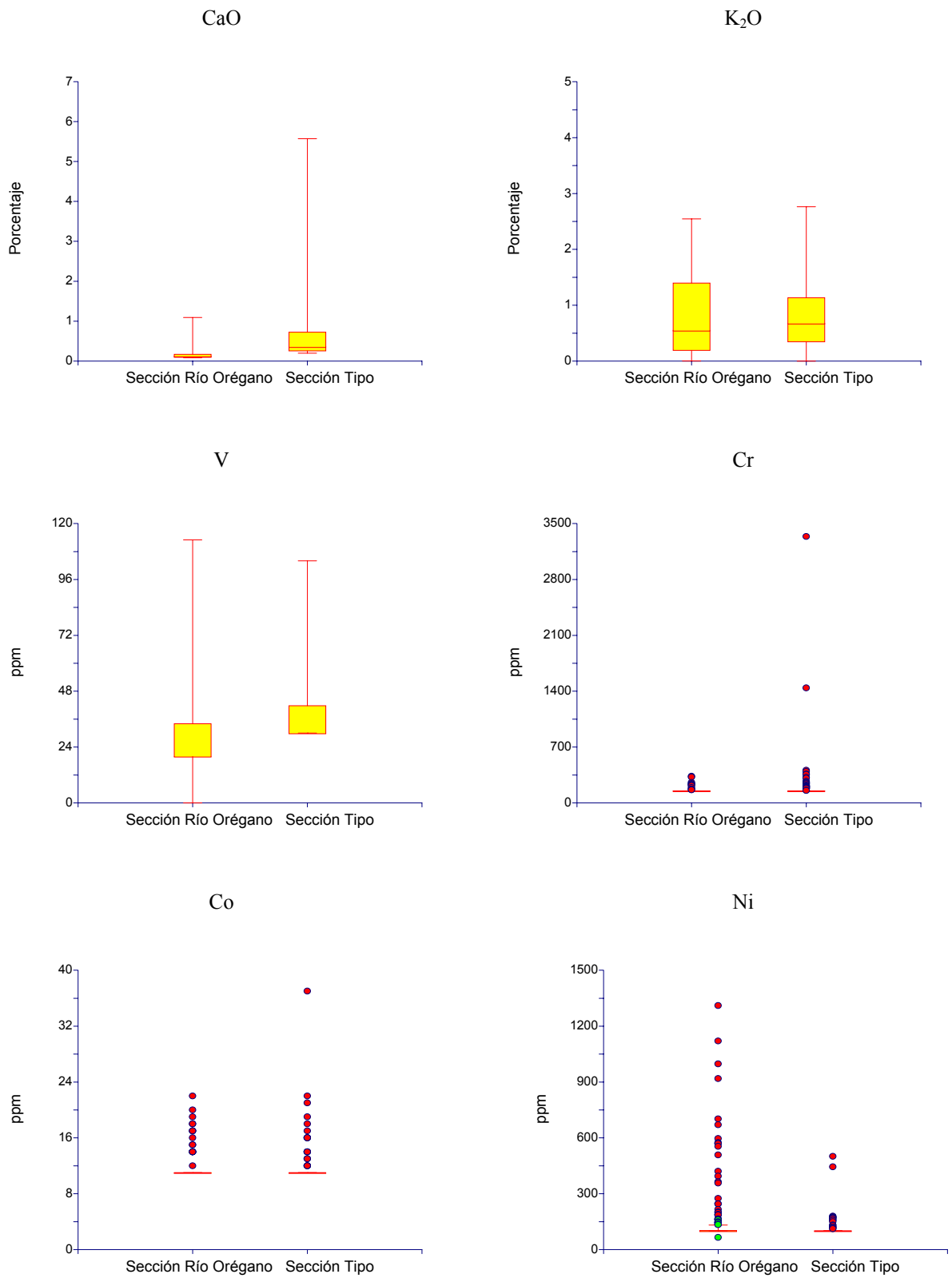


Figura 5.25. Continuación

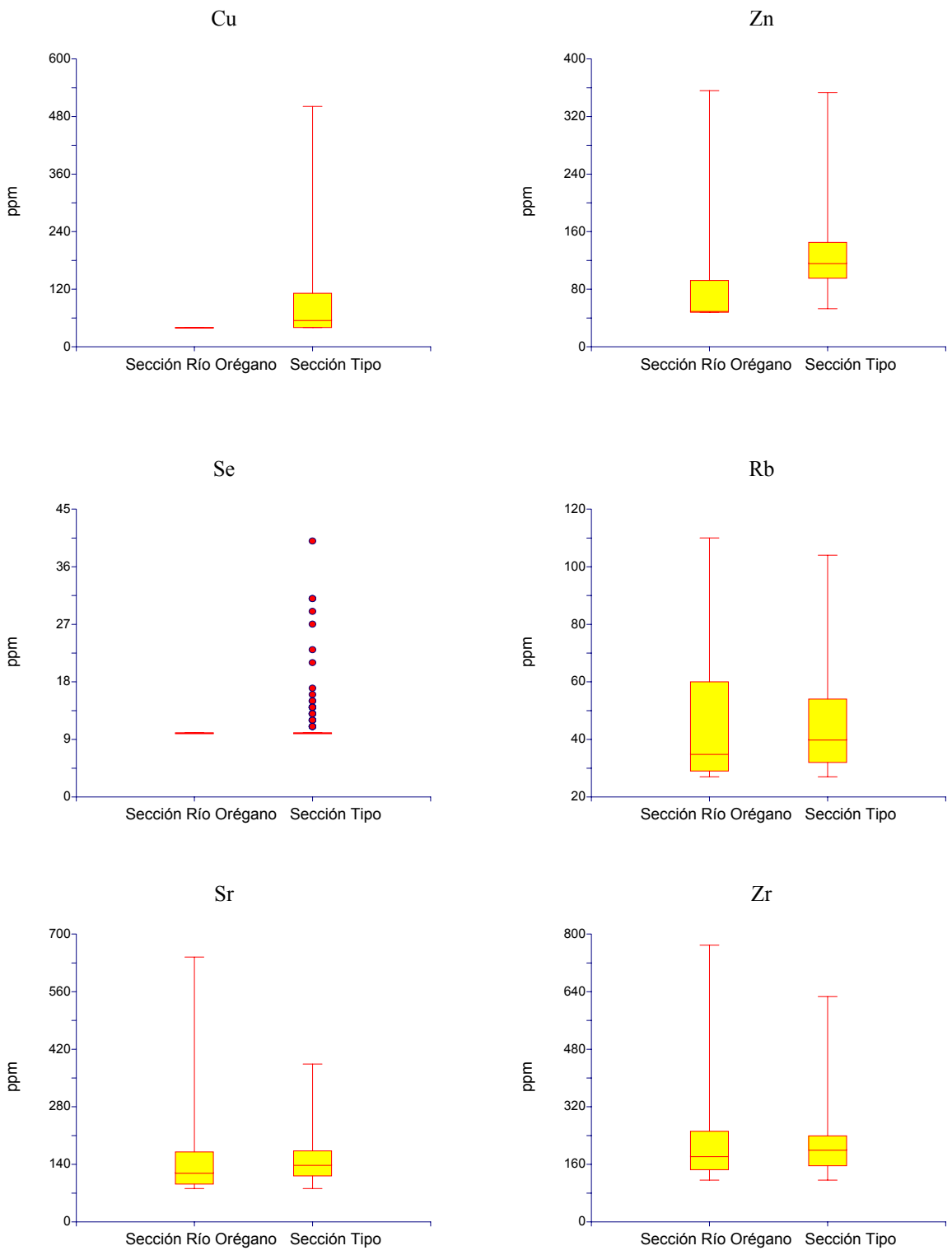


Figura 5.25. Continuación.

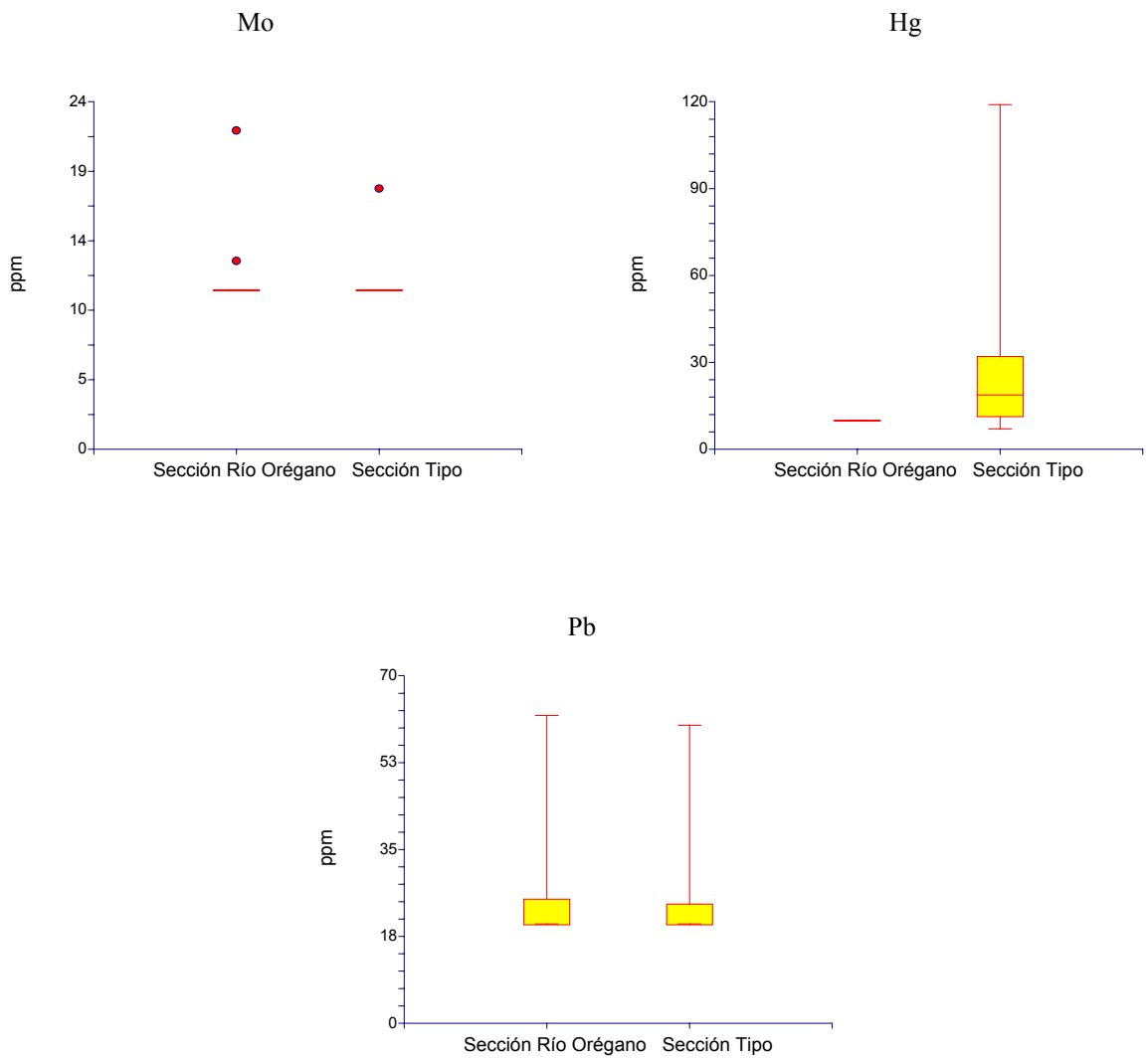


Figura 5.25. Continuación.

5.3.2.3. Diagramas de dispersión químicos

En este capítulo se muestran los diagramas de dispersión como una herramienta que permite comparar dos componentes o elementos estableciendo de esta manera si hay una relación lineal entre estos.

En cada uno de los diagramas de dispersión los datos están diferenciados por litologías y se ubican de la siguiente manera (Apéndice V.2.2): del lado derecho se ubica a la sección tipo

(ARREAZA 2002) la cual incluye: cantera de Naricual, minas de Naricual, río Naricual y río Capiricual) y del lado izquierdo a la sección de río Orégano.

En los diagramas de dispersión de las secciones se pueden observar las diversas combinaciones entre las variables químicas, desplegadas a manera general y diferenciadas de acuerdo a su litología. Por otra parte se muestran las ecuaciones de las líneas de tendencia y los valores de los coeficientes de correlación "r" para cada una de las combinaciones de estas variables (Apéndice V.2.2).

Para el caso de la sección tipo sólo hay dos clasificaciones que se obtuvieron de acuerdo a la descripción de campo; la primera, una mezcla de areniscas con algunas limolitas y una segunda caracterizada por lutitas. Es de hacer notar que para la sección tipo no se realizó el análisis a las muestras de carbones, aún cuando fueron muestreadas, dado que los análisis químicos obtenidos en este tipo de muestras no resultan confiables, ya que para los carbones los más idóneo sería calcular el contenido de carbono orgánico total (COT).

Para una mejor visualización de los datos por litologías se pueden observar en las tablas 5.23, 5.2, 5.25 y 5.26 cuadros comparativos de los coeficientes de correlación "r", de las dos secciones de la Formación Naricual, a estos datos les fue aplicado los valores críticos para coeficientes de correlación de SNEDECOR (1946, en DIXON *et al*. 1957), al igual que se hizo anteriormente con las secciones de la Formación Querecual, para destacar las relaciones que poseen un alto porcentaje de linealidad, según el número de muestras. De esta forma, los valores de los coeficientes de correlación para la Formación Naricual en la sección río Orégano son: C = 0,170 (cuando C> 99%) y C = 0,129 cuando (95% ≤ C < 99%). Para la sección tipo se obtuvo un coeficiente de correlación C = 0,227 (C > 99%) y C = 0,173 (95% ≤ C < 99%).

Para facilitar el análisis de los diagramas de dispersión se genera la tabla 5.27, en la cual se despliegan los porcentajes de las distintas combinaciones de elementos donde se muestran los que poseen buenas correlaciones lineales, así como también los que presentan correlaciones lineales deficientes.

Tabla 5.23. Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación general para las dos secciones de la Formación Naricual.

sección tipo \ sección río Orégano	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb
SiO_2		0,747	0,815	0,727	0,491	0,315	0,179	0,798	0,698	0,184	0,252	0,014	0,000	0,709	0,000	0,817	0,726	0,000	0,037	0,000	0,684
TiO_2	0,082		0,799	0,419	0,187	0,371	0,057	0,747	0,701	0,211	0,196	0,044	0,000	0,519	0,000	0,732	0,560	0,555	0,138	0,000	0,624
Al_2O_3	0,422	0,152		0,515	0,296	0,253	0,075	0,948	0,757	0,250	0,205	0,000	0,000	0,657	0,000	0,924	0,633	0,173	0,066	0,000	0,773
Fe_2O_3	0,679	0,059	0,046		0,736	0,010	0,000	0,463	0,384	0,169	0,311	0,068	0,000	0,775	0,000	0,513	0,403	0,124	0,014	0,000	0,386
MnO	0,465	0,067	0,154	0,835		0,052	0,175	0,229	0,045	0,330	0,177	0,056	0,000	0,454	0,000	0,249	0,418	0,000	0,010	0,000	0,147
MgO	0,041	0,140	0,124	0,317	0,324		0,010	0,291	0,256	0,017	0,000	0,121	0,000	0,066	0,000	0,273	0,273	0,184	0,057	0,000	0,249
CaO	0,353	0,113	0,148	0,194	0,178	0,057		0,107	0,079	0,024	0,044	0,000	0,000	0,050	0,000	0,069	0,414	0,037	0,014	0,000	0,059
K_2O	0,574	0,127	0,769	0,138	0,109	0,137	0,123		0,788	0,211	0,191	0,000	0,000	0,615	0,000	0,961	0,622	0,083	0,030	0,000	0,812
V	0,270	0,099	0,326	0,139	0,032	0,087	0,020	0,354		0,097	0,216	0,060	0,000	0,556	0,000	0,831	0,512	0,014	0,017	0,000	0,793
Cr	0,194	0,046	0,087	0,228	0,211	0,054	0,299	0,051	0,079		0,141	0,020	0,000	0,182	0,000	0,191	0,187	0,084	0,117	0,000	0,150
Co	0,017	0,041	0,039	0,055	0,028	0,000	0,095	0,054	0,237	0,039		0,020	0,000	0,400	0,000	0,231	0,162	0,072	0,020	0,000	0,264
Ni	0,189	0,026	0,069	0,200	0,158	0,066	0,250	0,014	0,010	0,874	0,061		0,000	0,124	0,000	0,000	0,028	0,049	0,022	0,000	0,037
Cu	0,360	0,065	0,371	0,234	0,155	0,024	0,066	0,315	0,261	0,100	0,102	0,144		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zn	0,022	0,070	0,014	0,064	0,000	0,069	0,081	0,030	0,000	0,163	0,110	0,179	0,515		0,000	0,669	0,475	0,084	0,020	0,000	0,557
Se	0,000	0,058	0,303	0,142	0,088	0,017	0,046	0,244	0,158	0,058	0,097	0,078	0,910	0,547		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rb	0,395	0,136	0,462	0,218	0,048	0,041	0,085	0,556	0,651	0,000	0,224	0,082	0,460	0,045	0,314		0,621	0,037	0,000	0,000	0,893
Sr	0,400	0,075	0,351	0,150	0,000	0,086	0,158	0,386	0,471	0,073	0,104	0,177	0,423	0,186	0,297	0,678		0,099	0,000	0,000	0,527
Zr	0,000	0,097	0,033	0,116	0,000	0,103	0,103	0,017	0,055	0,014	0,103	0,000	0,169	0,191	0,154	0,033	0,040		0,410	0,000	0,195
Mo	0,014	0,118	0,055	0,071	0,037	0,052	0,035	0,026	0,017	0,000	0,026	0,020	0,010	0,036	0,030	0,092	0,030	0,400		0,000	0,033
Hg	0,389	0,032	0,377	0,248	0,158	0,037	0,067	0,357	0,320	0,115	0,116	0,162	0,961	0,464	0,879	0,560	0,492	0,157	0,032		0,000
Pb	0,220	0,081	0,243	0,069	0,082	0,107	0,086	0,330	0,215	0,051	0,010	0,000	0,000	0,030	0,000	0,233	0,156	0,195	0,124	0,000	

Rojo: C >99%; Azul: 95% ≤ C <99% ; Negro: < 95% donde C es Confiabilidad. # de muestras: sección río Orégano (235) y sección tipo (128)
Coeficientes de correlación: sección río Orégano C = 0,170 y C = 0,129 / sección tipo C = 0,227 y C = 0,173.

Tabla 5.24. Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación para las areniscas y areniscas/limolitas de las dos secciones de la Formación Naricual.

sección río Orégano

sección tipo

r	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Co	Ni	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb
SiO_2		0,441	0,516	0,709	0,607	0,315	0,430	0,471	0,245	0,105	0,233	0,055	0,551	0,564	0,550	0,364	0,289
TiO_2	0,113		0,497	0,348	0,052	0,322	0,000	0,355	0,282	0,077	0,147	0,091	0,291	0,450	0,172	0,878	0,169
Al_2O_3	0,558	0,085		0,381	0,222	0,135	0,041	0,841	0,244	0,075	0,000	0,017	0,352	0,879	0,246	0,320	0,122
Fe_2O_3	0,600	0,000	0,157		0,666	0,179	0,028	0,299	0,203	0,050	0,479	0,120	0,788	0,397	0,213	0,364	0,518
MnO	0,392	0,000	0,100	0,727		0,153	0,396	0,175	0,020	0,030	0,204	0,042	0,512	0,232	0,505	0,084	0,428
MgO	0,020	0,129	0,070	0,245	0,194		0,024	0,167	0,071	0,081	0,039	0,091	0,066	0,215	0,196	0,196	0,084
CaO	0,439	0,089	0,085	0,222	0,237	0,057		0,101	0,042	0,014	0,035	0,000	0,040	0,082	0,629	0,066	0,010
K_2O	0,645	0,062	0,781	0,194	0,030	0,050	0,051		0,253	0,122	0,072	0,028	0,259	0,952	0,229	0,180	0,028
V	0,290	0,066	0,254	0,166	0,162	0,033	0,026	0,233		0,022	0,250	0,000	0,269	0,287	0,085	0,210	0,235
Cr	0,159	0,035	0,017	0,041	0,020	0,040	0,141	0,000	0,033		0,017	0,028	0,062	0,149	0,010	0,063	0,014
Co	0,048	0,047	0,039	0,040	0,017	0,022	0,089	0,063	0,100	0,039		0,047	0,569	0,022	0,033	0,174	0,197
Ni	0,088	0,036	0,026	0,053	0,000	0,036	0,072	0,000	0,085	0,849	0,049		0,039	0,050	0,050	0,091	0,028
Zn	0,096	0,056	0,149	0,032	0,000	0,022	0,071	0,122	0,032	0,030	0,206	0,082		0,338	0,146	0,297	0,588
Rb	0,333	0,108	0,381	0,205	0,145	0,044	0,095	0,447	0,550	0,041	0,203	0,084	0,000		0,261	0,279	0,114
Sr	0,470	0,041	0,279	0,252	0,104	0,050	0,214	0,345	0,513	0,192	0,113	0,250	0,112	0,708		0,125	0,295
Zr	0,068	0,103	0,083	0,000	0,146	0,079	0,125	0,095	0,017	0,058	0,088	0,033	0,209	0,127	0,075		0,175
Pb	0,139	0,056	0,193	0,095	0,017	0,066	0,111	0,230	0,146	0,047	0,024	0,000	0,077	0,155	0,138	0,249	

Rojo: C >99%; Azul: 95% ≤ C <99% ; Negro: < 95% donde C es Confiabilidad. # de muestras: sección río Orégano (235) y sección tipo (128)
Coeficientes de correlación: sección río Orégano C = 0,170 y C = 0,129 / sección tipo C = 0,227 y C = 0,173.

Tabla 5.25. Cuadro comparativo de los coeficientes de correlación para las lutitas de las dos secciones de la Formación Naricual.

sección río Orégano

sección tipo

r	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Co	Ni	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb
SiO_2		0,344	0,162	0,632	0,318	0,055	0,375	0,170	0,173	0,108	0,098	0,071	0,420	0,412	0,142	0,578	0,268
TiO_2	0,507		0,510	0,601	0,449	0,340	0,504	0,457	0,562	0,059	0,020	0,032	0,245	0,267	0,369	0,214	0,320
Al_2O_3	0,403	0,869		0,387	0,444	0,167	0,318	0,756	0,457	0,137	0,202	0,124	0,039	0,671	0,225	0,339	0,589
Fe_2O_3	0,835	0,601	0,350		0,714	0,600	0,467	0,346	0,190	0,061	0,073	0,217	0,595	0,101	0,075	0,352	0,214
MnO	0,692	0,590	0,402	0,912		0,505	0,583	0,481	0,514	0,331	0,090	0,108	0,217	0,337	0,123	0,039	0,351
MgO	0,457	0,362	0,223	0,525	0,505		0,184	0,374	0,296	0,197	0,130	0,220	0,336	0,257	0,122	0,010	0,299
CaO	0,305	0,483	0,447	0,224	0,166	0,073		0,283	0,559	0,100	0,000	0,134	0,127	0,122	0,000	0,135	0,135
K_2O	0,381	0,777	0,742	0,389	0,538	0,296	0,516		0,610	0,042	0,184	0,146	0,014	0,935	0,286	0,554	0,790
V	0,210	0,374	0,384	0,113	0,190	0,221	0,157	0,385		0,196	0,072	0,081	0,054	0,571	0,042	0,380	0,479
Cr	0,247	0,234	0,274	0,265	0,254	0,060	0,705	0,260	0,052		0,156	0,042	0,000	0,094	0,155	0,104	0,080
Co	0,084	0,032	0,064	0,045	0,120	0,097	0,130	0,079	0,757	0,071		0,000	0,214	0,184	0,143	0,139	0,198
Ni	0,236	0,206	0,245	0,225	0,211	0,085	0,729	0,239	0,032	0,948	0,110		0,284	0,092	0,124	0,155	0,179
Zn	0,109	0,215	0,316	0,000	0,089	0,085	0,323	0,017	0,054	0,350	0,321	0,316		0,157	0,117	0,376	0,026
Rb	0,192	0,451	0,559	0,122	0,280	0,146	0,120	0,534	0,746	0,132	0,475	0,073	0,026		0,244	0,712	0,798
Sr	0,119	0,388	0,479	0,188	0,264	0,143	0,075	0,350	0,354	0,045	0,095	0,000	0,345	0,577		0,000	0,175
Zr	0,462	0,014	0,219	0,556	0,313	0,239	0,057	0,359	0,314	0,122	0,228	0,098	0,119	0,330	0,127		0,445
Pb	0,190	0,284	0,225	0,289	0,389	0,157	0,035	0,287	0,165	0,162	0,060	0,147	0,187	0,096	0,036	0,047	

Rojo: C >99%; Azul: 95% ≤ C <99% ; Negro: < 95% donde C es Confiabilidad. # de muestras: sección río Orégano (235) y sección tipo (128)
Coeficientes de correlación: sección río Orégano C = 0,170 y C = 0,129 / sección tipo C = 0,227 y C = 0,173.

Tabla 5.26. Cuadro de los coeficientes de correlación para las limolitas de la sección río Orégano.

sección río Orégano

Sección Tipo

r	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Co	Ni	Zn	Rb	Sr	Zr	Mo	Pb
SiO_2		0,271	0,755	0,545	0,446	0,020	0,610	0,714	0,536	0,289	0,401	0,182	0,628	0,809	0,674	0,347	0,358	0,825
TiO_2			0,568	0,524	0,462	0,443	0,274	0,575	0,619	0,624	0,062	0,161	0,064	0,368	0,366	0,571	0,451	0,335
Al_2O_3				0,171	0,236	0,212	0,340	0,928	0,570	0,024	0,282	0,318	0,408	0,843	0,743	0,144	0,212	0,714
Fe_2O_3					0,745	0,544	0,728	0,044	0,287	0,689	0,462	0,076	0,639	0,305	0,022	0,505	0,417	0,081
MnO						0,113	0,723	0,037	0,410	0,369	0,117	0,324	0,335	0,137	0,102	0,356	0,248	0,000
MgO							0,121	0,075	0,322	0,314	0,704	0,169	0,329	0,158	0,230	0,399	0,261	0,035
CaO								0,208	0,118	0,313	0,225	0,057	0,829	0,379	0,502	0,414	0,201	0,396
K_2O									0,727	0,024	0,408	0,143	0,397	0,937	0,871	0,289	0,321	0,830
V										0,000	0,218	0,302	0,130	0,661	0,759	0,180	0,329	0,812
Cr											0,261	0,181	0,265	0,178	0,014	0,708	0,816	0,283
Co												0,180	0,681	0,632	0,175	0,327	0,217	0,560
Ni													0,085	0,032	0,010	0,116	0,151	0,199
Zn														0,625	0,400	0,420	0,184	0,635
Rb															0,832	0,476	0,000	0,918
Sr																0,490	0,451	0,844
Zr																	0,000	0,516
Mo																		0,000
Pb																		

Rojo: C >99%; Azul: 95% ≤ C <99% ; Negro: < 95% donde C es Confiabilidad. # de muestras: sección río Orégano (235)
Coeficientes de correlación: sección río Orégano C = 0,170 y C = 0,129

Tabla 5.27. Porcentajes de los coeficientes generales de correlación de la Formación Naricual

	Todos los datos	
Confiabilidad	**sección río Orégano**	**sección tipo**
C > 99%	41%	26%
95% < C < 99%	3%	7%
C < 95%	56%	67%

A manera general se puede decir que hay un 40% aproximadamente de muestras con una buena correlación lineal (C> 99%) en la sección río Orégano en contraste con la sección tipo, que muestra casi la cuarta parte. Además ambas secciones presentan valores bajos con buenas correlaciones lineales (95% < C < 99%), mientras que hay un 56% y 67% de muestras que presentan correlaciones lineales deficientes.

Tabla 5.28. Porcentajes de los coeficientes de correlación por litología de la Formación Naricual

	sección río Orégano			**sección tipo**	
Confiabilidad	**Arenisca**	**Lutita**	**Limolita**	**Arenisca/ Limolita**	**Lutita**
C > 99%	53%	59%	77%	19%	51%
95% ≤ C < 99%	5%	10%	5%	7%	11%
C < 95%	42%	31%	18%	74%	38%

En la tabla anterior (Tabla 5.28) se puede observar que para las areniscas de la sección río Orégano hay más del 50% de éstas con una buena correlación lineal, lo cual redunda en una buena linealidad, es decir, una confiabilidad de 99%, además de un 5 % aproximadamente con 95% ≤ C < 99%, y un poco más de 40 % para muestras con pobre correlación lineal donde la confiabilidad es menor a 95%. En general hay buena linealidad para las combinaciones entre todos los componentes y elementos traza, excepto con las combinaciones ligadas a los elementos Cu, Se, Mo y Hg, esto motivado en ciertos casos a valores constantes en algunos de estos elementos a lo largo de la secuencia (por lo que no se muestran en la tabla). Por otra parte la sección tipo presenta un comportamiento distinto a la sección río Orégano, ya que hay un bajo porcentaje de areniscas/limolitas (19%) con confiabilidad de 99%, casi un 7% con 95% ≤ C < 99%, y más de 70% de esta litología con una confiabilidad menor a 95%. En este caso los óxidos mayoritarios presentan buena correlación lineal (excepto en el TiO_2, MgO y

CaO), mientras que para las combinaciones con la mayoría de los elementos traza la correlación lineal está por debajo de una confiabilidad < 95%.

En ambas secciones las lutitas muestran valores similares en los porcentajes que muestran buenas linealidades (con una confiabilidad >99%), al igual que para las lutitas que presentan correlaciones lineales entre 95% y 99% de confiabilidad con aproximadamente un 10%. En este caso para cada una de las secciones las buenas correlaciones lineales se presentan en casi todos los componentes y elementos, excepto en aquellos que presentan valores constantes como el Hg, Se y Mo.

Finalmente sólo para la sección de río Orégano se observa que hay casi un 77% de limolitas que presenta buena correlación lineal, contrastando bastante con las litologías anteriores de ambas secciones. Para las muestras de limolitas que tienen una confiabilidad entre 95% y 99% hay un porcentaje de 7%, mientras que el resto corresponde a correlaciones lineales con confiabilidad por debajo de 95%.

En general, para las dos secciones se aprecia bastante bien que hay una mayor confiabilidad en las relaciones lineales en el caso de las limolitas (sólo sección río Orégano) y lutitas, mientras que existe una baja confiabilidad para el caso de las areniscas y mezclas de areniscas con limolitas.

Por otra parte se puede decir que a partir de los diagramas de dispersión se puede comprobar que el ajuste de las líneas de regresión está en función de la litología y de las combinaciones de elementos relacionados a ellas. De esta forma es posible observar (en río Orégano) en la combinación Al_2O_3 vs. SiO_2 una tendencia de las muestras a agruparse en dos poblaciones: una conformada por areniscas de la formación, con valores altos de SiO_2 y bajos de Al_2O_3, y otro grupo compuesto por lutitas y limolitas, donde los valores de Al_2O_3 son altos con respecto a los de SiO_2 (Apéndice V.2.2).

En la combinación K_2O vs. SiO_2 ocurre también un caso similar. Las areniscas tienden a agruparse donde las concentraciones de SiO_2 son altas y el K_2O (contenido en minerales de

arcilla) es bajo, mientras que las lutitas se agrupan en áreas donde estas relaciones son contrarias.

Los grupos observados en el par Rb vs. SiO_2, muestran una preferencia de las areniscas a agruparse donde los valores de SiO_2 son altos, mientras que las lutitas presentan valores bajos de este componente y altas concentraciones de Rb (Apéndice V.2.2). El mismo comportamiento se observa en el par Sr vs. SiO_2. Tanto el Rb como el Sr son elementos asociados a minerales de arcilla como la illita y caolinita (PEARCE *et al.* 1999) como al carbón (caso del Sr, según HILL 1990) respectivamente.

La combinación Al_2O_3 vs. TiO_2 muestra una tendencia lineal de pendiente positiva, donde existe una separación de las muestras según su naturaleza litológica. De esta forma es posible observar una población de areniscas bajo bajas concentraciones de TiO_2 y Al_2O_3. Cuando los valores de estos componentes aumentan, la litología asociada tiende a ser más arcillosa (lutitas y limolitas).

Otros casos donde existe esta separación por litología en la sección río Orégano son: K_2O vs. TiO_2, Fe_2O_3 vs. Al_2O_3, MnO vs. Al_2O_3, K_2O vs. Al_2O_3, Zn vs. Al_2O_3, Rb vs. Al_2O_3, Sr vs. Al_2O_3, Zr vs. Al_2O_3, K_2O vs. Fe_2O_3, Rb vs. Fe_2O_3, K_2O vs. MnO, Rb vs. MnO, Rb vs. K_2O, Sr vs. K_2O, Zn vs. Rb y Sr vs. Rb (Apéndice V.2.2).

Es importante resaltar el hecho de que las combinaciones que muestran una buena separación por litologías ocurren generalmente en la sección río Orégano, mientras que las combinaciones equivalentes en la sección tipo muestran solapes entre las poblaciones. Esto se refleja también en los coeficientes de correlación, cuya confiabilidad es muy variable de una sección a otra. Es posible que esto indique cambios en la fuente de sedimentos entre las localidades involucradas.

Movilidad de los elementos

Como se mencionó anteriormente en la descripción de los diagramas de dispersión de la Formación Querecual, el Al_2O_3 y TiO_2 son elementos que generalmente presentan un

comportamiento inmóvil ante los procesos de meteorización y diagénesis (MASON 1958, MARTÍNEZ 2001 y REATEGUI 2001). Para el caso de la Formación Naricual, esta afirmación es ratificada a través del diagrama de dispersión Al_2O_3 vs. TiO_2 (Apéndice V.2.1), donde la relación muestra un buen ajuste lineal, con r = 0,799 (Tabla 5.24).

El K_2O y Rb muestran una muy buena relación lineal con Al_2O_3 (r = 0,94 y 0,92 respectivamente), pudiendo asociarse con la fracción arcillosa (minerales de arcilla), presente en lutitas y limolitas de la formación. Cuando se combinan el Rb y K_2O, se obtiene también una buena relación lineal (r = 0,96), de esta forma el K_2O presente podría estar contenido en micas y minerales de arcilla como muscovita e illita.

Otras combinaciones donde se observan buenos ajustes lineales (sección río Orégano) son: Pb vs. V (r = 0,79), K_2O vs. TiO_2 (r = 0,74), Pb vs. Rb (r = 0,89), V vs. TiO_2 (r = 0,701), Rb vs. TiO_2 (r = 0,732) y V vs. K_2O (r = 0,78) (Tabla 5.23 y Apéndice V.2.2).

En el caso específico de la combinación V vs. TiO_2, donde la correlación es alta (r = 0,7), MURRAY *et al.* (sin fecha) plantean la posibilidad de que el V (elemento de hidrolizato) esté marcando cambios de proveniencia, suposición que estaría apoyando la hipótesis planteada anteriormente de un cambio en la fuente de sedimentos de una sección a otra.

Finalmente, de acuerdo a lo propuesto anteriormente por MASON & MOORE (1958), MARTÍNEZ (2001) y REATEGUI (2001), es posible plantear que componentes como K_2O, Rb y V, los cuales presentaron buena correlación con Al_2O3 y TiO_2, presentan también un comportamiento relativamente inmóvil ante los procesos de meteorización y/o diagénesis.

5.3.3. DEFINICIÓN DE UNIDADES QUÍMICAS

Unidad NOR-1

Este intervalo se ubica hacia la parte más basal de la secuencia estratigráfica, ocupando un espesor promedio de 365 m, del cual 250 m corresponden a zonas cubiertas. Se encuentra delimitada por las muestras OR-01 y OR-24, encontrándose en contacto suprayacente con la sección NOR-2 e infrayacente (de falla) con la Formación Areo.

Este intervalo se caracteriza por tres paquetes:

- El primero arenoso hacia la base con grandes espesores de areniscas de color gris claro con estratificación gradada inversa e intercaladas con algunas lutitas, ubicándose entre las muestras OR-1 y OR-6.
- Un segundo paquete constituido por lutitas marrón oscuro a negro con laminación paralela, que en general se presentan de manera laminar deleznable, con presencia de materia orgánica (muestras OR-07 a OR-13).
- Finalmente, un último paquete constituido por grandes espesores de areniscas competentes que al alcanzar el tope comienzan a intercalarse con algunas lutitas y limolitas. En este intervalo es posible observar ichnofósiles del tipo *Thalassinoides,* además estructuras sedimentarias como estratificación cruzada planar en algunas de las capas de gran grosor.

Se puede apreciar a lo largo del intervalo una tendencia positiva en los componentes mayoritarios TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO y K_2O y en los elementos traza V, Co, Zn, Rb, Sr y Pb, siendo el SiO_2, el que se comporta de manera especular (-) (Apéndice VII.2). Esto es explicable en el hecho de que hacia la parte intermedia de esta unidad se encuentra un intervalo arcilloso, donde los componentes que repuntan con altos valores en su concentración son el Al_2O_3, Fe_2O_3 y K_2O, dada su asociación a este tipo de litología (asociación clástica, según BRICEÑO *et al*. 1996 y BRICEÑO & CALLEJÓN 2000).

Las principales características químicas son los altos niveles de concentración de los componentes principales de TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO y K_2O a los 120 m de la secuencia

estratigráfica (muestra OR-11), en contraste a la disminución de la concentración de SiO_2. El CaO presenta un pico en su concentración hacia la parte más basal de este intervalo, tal vez debido a que en las cercanías del contacto con la Formación Areo (infrayacente) la secuencia comienza a ser más calcárea. En el resto de la unidad la concentración es casi nula.

En los elementos traza también se ve registrado este cambio a los 120 m (OR-11) de la sección, tal es el caso de V, Co, Zn, Rb, Sr y Pb. Mientras que el Ni y Zr muestran un comportamiento contrario al decaer sus concentraciones en este punto. Dentro de esta unidad, el Cr presenta valores por debajo del límite de detección.

La tabla 5.29 presenta los valores mínimos, máximos y promedio de concentración de los componentes químicos que ayudan a definir las unidades químicas.

Tabla 5.29. Cuadro comparativo de los componentes químico que ayudan a definir las distintas unidades químicas en la sección río Orégano. Los óxidos mayoritarios están en %, mientras los elementos traza en ppm.

		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Co	Ni	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb
NOR-5	máximo	93,00	0,87	22,00	8,00	1,08			1,68	40	254	12		134	75	213	236	34
	mínimo	60,00	0,10	2,00	2,00	0,01			0,12	20	150	11		50	31	96	129	20
	promedio	76,50	0,49	12,00	5,00	0,55			0,90	30		12		92	53			27
NOR-4	máximo	92,00	0,83	20,00	9,40	0,09		3,00	1,60	48		13		148	70	211	332	
	mínimo	55,00	0,20	3,00	1,60	0,01		0,01	0,40	20		11		48	34	114	150	
	promedio	73,50	0,52	11,50	5,50	0,05		1,51	1,00	34		12		98	52	163	241	
NOR-3	máximo	95,00	0,70	15,00	6,00		2,80		1,30	44			370	116	61	208		
	minino	60,00	0,20	2,00	1,00		0,80		0,15	20			100	50	30	85		
	promedio	77,50	0,45	8,50	3,50		1,80		0,73	32			235	83	46	147		
NOR-2	máximo	90,00	0,80	22,50	6,50			2,80	2,10					150	100	185	320	41
	mínimo	50,00	0,35	2,00	2,50			0,10	0,15					50	30	80	170	20
	promedio	70,00	0,58	12,25	4,50			1,45	1,13					100	65	133	245	31
NOR-1	máximo	90,00	0,70	17,00	11,00	0,13			1,60	60		15		130	80			36
	mínimo	50,00	0,25	2,50	2,50	0,01			0,15	20		11		50	30			20
	promedio	70,00	0,48	9,75	6,75	0,07			0,88	40		13		90	55			28

La relación de SiO_2/Al_2O_3, reitera el carácter lutáceo de la parte intermedia de este intervalo al establecerse la diferenciación entre dos ciclos arenosos (alta energía) hacia el tope y la base y una intercalación lutítica (baja energía) hacia la parte media. Esto también lo

expresa claramente el perfil de la relación TiO_2/Al_2O_3 (reflejando el nivel de energía del medio).

La relación $(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$, muestra la tendencia calcárea de algunas lutitas hacia la parte intermedia (Apéndice 7.2), mientras que hacia la base y el tope de la unidad se observa el carácter siliciclástico propio de paquetes arenosos (BRICEÑO *et al*. 1996).

La relación Al_2O_3/K_2O, indica que el intervalo lutítico puede estar enriquecido por minerales de arcilla del tipo illita (Apéndice 7.2), dado los altos valores de K_2O con respecto al Al_2O_3, dentro de la relación caolinita / illita (YARINCIK & MURRAY 2000).

La relación de MnO/Fe_2O_3 resalta los ciclos mayores de somerización y/o profundización. El comportamiento de Fe y del Mn en ambientes sedimentarios tiene mucho que ver con las condiciones de óxido-reducción, tanto de la columna de agua como de los primeros centímetros de la columna sedimentaria (THAMDRUP *et al.* 1994, BALISTRIERI *et al.* 1994). En condiciones óxicas, el Fe (III) y el Mn (IV) se asocian y se fraccionan hacia la parte particulada (como las arcillas). Al entrar en condiciones subóxicas, ya sea por decantación en una columna de agua estratificada o al sedimentarse, la transformación a especies reducidas de Fe (II) y Mn (II) aumenta la solubilidad de estos iones y causa el fraccionamiento preferencial hacia la fase acuosa. Esto se traduce en una pérdida diferencial de Fe y Mn en el sedimento (subóxico o reductor), en comparación a aquel donde predominan en condiciones oxidantes (THAMDRUP *et al.* 1994, BALISTRIERI *et al.* 1994).

Al observar la relación de MnO/Fe_2O_3 en el perfil es posible ver estos cambios o zonaciones en las muestras OR-08 (MnO = 0,01%: Fe_2O_3 = 6%), OR-09 (MnO = 0,01%: Fe_2O_3 = 6%) , OR-10 (MnO = 0,57%: Fe_2O_3 = 31%) a los 120 m donde aparentemente la secuencia sedimentaria estuvo expuesta y sometida a un evento erosivo. Se nota un pico en la concentración (donde la relación de MnO/Fe_2O_3 está a mas de 1:10), infiriendo de esta manera que hubo una exposición subaérea con bioturbación, lo que podría traducirse en un potencial paleosuelo (BRICEÑO *et al.* 1996).

La tabla 5.30 presenta los valores máximos y mínimos que alcanzan las relaciones anteriormente mencionadas en cada una de las unidades definidas.

Tabla 5.30. Cuadro comparativo de las relaciones químicas en la sección río Orégano.

		SiO_2/Al_2O_3	$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	MnO/Fe_2O_3	Al_2O_3/K_2O	TiO_2/V	TiO_2/Al_2O_3
NOR-5	máximo	65	914	0,030	51,40	267	0,07
	mínimo	4	257	0,010	6,00	57	0,02
	promedio	35	586	0,020	28,70	162	0,05
NOR-4	máximo	32	1000	0,017	46,00	371	0,13
	mínimo	4	229	0,005	9,00	48	0,04
	promedio	18	615	0,011	27,50	210	0,09
NOR-3	máximo	166	886	0,020	114,00	286	0,68
	mínimo	4	314	0,010	9,00	76	0,05
	promedio	85	600	0,015	61,50	181	0,37
NOR-2	máximo	73	914	0,018	63,00	219	0,24
	mínimo	4	229	0,005	11,40	104	0,01
	promedio	39	572	0,012	37,20	162	0,13
NOR-1	máximo	158	900	0,032	49,00	305	0,32
	mínimo	4	390	0,002	6,00	67	0,04
	promedio	81	645	0,017	27,50	186	0,18

Unidad NOR-2

Esta unidad presenta un espesor de 340 m, de los cuales 200 m están cubiertos, encontrándose limitada por las muestras OR-25 y OR-56.

Esta sección se caracteriza por 2 paquetes principales

- El primero comenzando desde la base que comprende una intercalación de areniscas de grano fino con limolitas observándose en éste la presencia de ichnofósiles como *Ophiomorpha*, estrías de falla y hacia el tope en las limolitas hay jarosita y yeso.
- Un segundo paquete constituido por intercalaciones de areniscas grises de grano fino con lutitas en donde el espesor de la arenisca aumenta gradualmente hacia el tope de este intervalo (hasta 10,5 m). En esta zona es posible apreciar una capa de carbón (OR-50), así como bioturbación sin diferenciar y láminas de materia orgánica.

El SiO_2, al igual que en el intervalo anterior se comporta de manera especular, por tanto continúa con una tendencia negativa, mientras que los componentes TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO y K_2O y los elementos trazas V, Co, Zn, Rb, Zr y Pb resaltan con una tendencia positiva (Apéndice 7.2).

En cuanto a los cambios en las concentraciones químicas que se han dado en esta unidad, es de hacer notar que a los 545 m (OR-34), ocurre un aumento en la fracción arcillosa evidenciado por los altos porcentajes de Al_2O_3, TiO_2, K_2O y levemente el Fe_2O_3.

Destacan también cambios en el perfil de CaO presentando altos en sus concentraciones de máximo 15% hacia la parte más basal de este intervalo (muestras OR-25 y OR-36). Por otro lado el MgO refleja valores bajos a estas mismas alturas estratigráficas.

En general las concentraciones de Al_2O_3 y K_2O aumentan con respecto a la unidad NOR-1, ocurriendo al mismo tiempo una disminución de los valores de Fe_2O_3.

Es importante destacar que a lo largo de esta unidad ocurren muchas variaciones en el comportamiento de los perfiles y esto se refleja en las intercalaciones de areniscas y lutitas que dominan la sección y que producen altos y bajos en los porcentajes de SiO_2, Al_2O_3 y TiO_2, siendo el pico más importante (el que marca el ciclo) el que se registra a los 545 m, el cual ya se mencionó anteriormente.

Los elementos traza también muestran el mismo patrón que registran algunos de los óxidos mayoritarios (Apéndice VII.2), al reportar altos en los valores de su concentración a los 545 m. El V, Zn, Rb, Sr y Zr mantienen una tendencia a aumentar sus concentraciones a la parte media, para luego disminuir drásticamente en muchos casos al entrar en contacto con la unidad suprayacente. Por otro lado, el Cr, Co y el Ni mantienen bajas sus concentraciones a lo largo de la unidad.

Las relaciones SiO_2/Al_2O_3 y TiO_2/Al_2O_3, indican diferencias entre arenas y arcillas, granulometría y condiciones de energía del medio (YARINCIK & MURRAY 2000). Se observa

en el perfil desde la parte más basal de la unidad un primer ciclo arcilloso (baja energía) y el predominio de un segundo ciclo arenoso (alta energía) que se puede apreciar desde la parte intermedia hasta el tope de la unidad.

La relación (Al_2O_3+ SiO_2)/CaO marca un predominio ligeramente calcáreo hacia la parte intermedia (dado los bajos porcentajes de CaO no se puede utilizar el término carbonático), que luego cambia a un predominio siliciclástico dominado por capas de areniscas a esta distancia de la secuencia (570-650 m) (BRICEÑO & CALLEJÓN 2000).

Las relaciones MnO/Fe_2O_3 y TiO_2/V no muestran cambios trascendentes. Sin embargo la relación Al_2O_3/K_2O marca el predominio de minerales de arcilla (illita principalmente), dada su correspondencia directa con la relación caolinita / illita (YARINCIK & MURRAY 2000).

Unidad NOR-3

Esta unidad presenta un espesor promedio de 235 m de los cuales 44 m son zonas cubiertas, encontrándose delimitada por las muestras OR-57 y OR-109.

Se caracteriza por 2 paquetes principales:

- Uno basal arenoso con intercalaciones de lutitas, delimitado por el intervalo de muestreo (OR-57 - OR-83). Las areniscas hacia la base son de grano fino y hacia el tope éstas comienzan a aumentar el tamaño de grano hacia uno más grueso y de color gris claro, son masivas, teniendo espesores de hasta 8 m, algunas de ellas presentando bioturbación sin diferenciar. Las lutitas presentan color marrón claro con laminación paralela y restos de plantas.
- Un segundo paquete de areniscas de grano grueso intercaladas con limolitas, estando delimitado entre las muestras OR-84 y OR-109. Al principio de este intervalo es posible apreciar una capa de carbón (OR-103) al igual que láminas de materia orgánica y bioturbación sin diferenciar. Desde la base se presentan areniscas de color amarillo claro más competentes, intercaladas con limolitas marrón oscuro. Hacia la parte intermedia del paquete hay una

intercalación de areniscas finas masivas con lutitas donde se observan algunos niveles de materia orgánica. Finalmente hacia el tope hay una intercalación de areniscas de grano fino con limolitas, donde hay presencia de estructuras sedimentarias como estratificación cruzada planar y rizaduras.

Las características químicas más importantes en este intervalo son las altas concentraciones en los componentes mayoritarios de TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, K_2O a los 825 m (OR-79). El SiO_2 continúa comportándose a manera de espejo (tendencia negativa) con respecto a los componentes y elementos traza que muestran una tendencia positiva como el TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, K_2O, V, Ni, Zn, Rb, Sr y Zr (Apéndice VII.2).

El CaO mantiene valores bajos a lo largo de toda la unidad, excepto por un pico de 10% de concentración a los 910 m (OR-100), existiendo una relación opuesta en este punto con el MgO.

Los elementos traza V, Ni, Zn, Rb y Sr también reportan cambios significativos en sus concentraciones a los 825 m (OR-79). Mientras que el Cr, Co y Pb no presentan cambios notorios, por lo tanto no muestran una tendencia en particular a lo largo de la unidad.

Se aprecia un aumento en la fracción arcillosa por los altos contenidos del K_2O y V, aún cuando a este nivel el Ni decrece en su concentración. El aumento del V y la disminución de Ni podría indicar el inicio de un ciclo de condiciones reductoras (BRICEÑO & CALLEJÓN, 2000), donde tal vez fueron generadas las capas de carbón que comienzan a aparecer en la secuencia. En este caso, las bajas concentraciones de Ni pueden estar asociadas al contenido orgánico del carbón (HILL, 1990).

Al observar la relación Al_2O_3/K_2O se puede ubicar un alto aproximadamente a los 780 m, lo cual indica el posible enriquecimiento de caolinita en una lutita ubicada en este lugar (OR-68), al haber una consistencia entre la relación caolinita / illita (YARINCIK & MURRAY 2000). SOCAS (1991), mediante análisis de Difracción de Rayos X (DRX) y petrografía determina la presencia de caolinita como mineral de la fracción arcillosa (55% de promedio) y como

cemento en areniscas de la formación en la sección tipo. Este mineral también ha sido reportado por la autora como producto de la alteración de feldespato potásico (ortosa) y plagioclasas.

Las relaciones SiO_2/Al_2O_3 y TiO_2/Al_2O_3 reflejan que hay un mayor dominio de material arenáceo hacia la base de este intervalo, cambiando abruptamente luego a materiales más lutáceos al avanzar hacia el tope (Tabla 5.31) (YARINCIK & MURRAY 2000).

Unidad NOR-4

Esta unidad presenta un espesor promedio de 605 m de los cuales 313 m están cubiertos, además está delimitada por las muestras OR-110 y OR-178. Dentro de ella se observan tres paquetes bien diferenciados:

- El primero conformado por intercalaciones de areniscas de grano fino con estratificación gradada y lutitas. En este intervalo hay presencia de restos de carbón, bioturbaciones sin diferenciar, así como también se localizan algunas capas de carbón (OR-132).
- Un segundo paquete constituido por intercalaciones de areniscas de grano fino con lutitas y limolitas. Entre las estructuras sedimentarias que dominan están las laminaciones paralelas, rizaduras, restos de plantas, así como también se puede observar jarosita y yeso en algunas de las capas. Hay tres capas de carbón que fueron reconocidas es este sector (sólo muestreada OR-142).
- Un último paquete, constituido por capas de areniscas más competentes a las capas anteriores (espesor de 10 a 13 m). Hacia la base éstas son de grano grueso intercaladas con algunas lutitas mientras que hacia el tope se muestran como capas individuales de gran espesor.

Los cambios más importantes que se producen en este intervalo es el aumento considerable de las concentraciones de los componentes mayoritarios de TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO y MgO hacia la parte intermedia a los 1.100 m (OR-126). Al mismo tiempo el SiO_2 baja su concentración en este punto.

La tendencia de la curva es positiva en los componentes mayoritarios de TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO, K_2O y en los elementos traza V, Co, Ni, Zn, Rb, Sr, Zr y Pb. Mientras que el SiO_2 se comporta con una tendencia (-) (Apéndice VII.2).

El CaO también reporta cambios notorios en el intervalo con concentraciones que alcanzan (~3 %) opuestas a las que reporta el MgO al mismo nivel. También en las muestras OR-147, OR-148, OR-157 y OR-164 se reportan concentraciones altas de estos componentes mayoritarios.

Los elementos traza V, Co, Ni, Zn, Rb, Sr y Zr muestran cambios representativos en sus concentraciones a los 1.100 m (OR-126) (Apéndice VII.2). Al mismo tiempo el Cr y el Pb se mantienen constantes con concentraciones bajas a lo largo del intervalo.

Es importante destacar que en general la secuencia es muy monótona, ya que son siempre los mismos elementos que repuntan con altas concentraciones o que se mantienen constantes. Además es posible apreciar que en general los óxidos tienden a aumentar sus concentraciones con respecto a las unidades químicas infrayacentes. Esto es explicable ya que en las cercanías al tope comienzan a aumentar los espesores de arenas (se está en presencia de un evento regresivo), aumentando la energía del medio sedimentario.

La relación $(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$ muestra cuatro tendencias principales, una primera tendencia con predominio calcáreo hasta la muestra OR-130, luego un predominio siliciclástico hasta OR-144, posteriormente hay un cambio calcáreo hasta la muestra OR-158, y finalmente un predominio siliciclástico hasta el tope de la unidad. En esta unidad es posible observar mejor los paquetes producto de aporte clástico y ver las deflexiones que constituyen paquetes de algunas muestras donde domina el carácter calcáreo.

Las relaciones Al_2O_3/K_2O y TiO_2/Al_2O_3 no reportan cambios significativos en las curvas, de modo que no aportan información en la caracterización química de la unidad.

La relación TiO_2/V muestra los cambios de condiciones de óxido-reducción. Entre la base y la parte intermedia dominan condiciones oxidantes, que luego cambian a reductoras hasta el tope de la unidad, donde se hace posible la generación de los carbones que se presentan en esta unidad.

Los cambios resaltantes en esta relación dentro de la unidad están reflejados por el incremento relativo del TiO_2, y un relativo decrecimiento en el V, evidenciando el dominio de material más detrítico (HILL 1989) (Tabla 5.31).

Unidad NOR-5

Esta unidad tiene un espesor promedio de 240 m de donde 116 m corresponden a intervalos cubiertos, estando delimitada por las muestras OR-179 y OR-212. Este intervalo muestra la mayor cantidad de marcadores químicos de primer orden en los distintos perfiles, por tanto es la que se aprecia con una mayor definición.

Esta unidad está constituida por un único paquete arenoso, el cual presenta hacia la base grandes espesores de grano grueso, seguido de una intercalación de areniscas de grano fino con lutitas donde las estructuras sedimentarias que dominan son las laminaciones paralelas, estratificación gradada inversa, estratificación cruzada y estratificación gradada normal hacia el tope. El paquete se caracteriza por la presencia de restos de plantas y láminas de materia orgánica, encontrando también en algunos sectores jarosita. Los espesores de areniscas hacia el tope llegan a medir hasta 28 m, siendo estas capas en general de color marrón claro, masivas y presentando en éstas bandeamientos de óxido de Fe.

Las deflexiones de las curvas en este intervalo son fuertes, indicando una tendencia positiva en los componentes mayoritarios TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO y K_2O y en los elementos traza V, Cr, Zn, Rb, Sr, Zr y Pb, excepto el SiO_2 que muestra un comportamiento contrario (tendencia negativa).

En este intervalo de la secuencia se observan grandes cambios en las concentraciones de casi todos los componentes mayoritarios de TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO y K_2O, continuando con la tendencia de altas concentraciones al mismo nivel estratigráfico de 1.690 m (OR-189).

El CaO por otra parte no muestra cambios significativos en su concentración. Paralelamente a esto, el MgO muestra un alto en la concentración hacia la parte intermedia de la unidad.

Los elementos traza V, Cr, Zn, Rb, Sr, Zr y Pb muestran al igual que los óxidos mayoritarios una alta concentración a los 1.690 m (OR-189). El Co y Ni tienden a mantenerse en concentraciones bajas.

La fracción arcillosa aumenta, reflejada por las altas concentraciones de Al_2O_3 y TiO_2, así como también la asociación de óxidos evidenciado por los altos contenidos de Fe_2O_3 y MnO, éste último alcanzando la mayor concentración de todas las unidades (Tabla 5.30). De acuerdo a la relación MnO/Fe_2O_3, la parte inferior de la unidad parece haber sido sometida a exposición subaérea con potencial desarrollo de un paleosuelo (muestras OR-187, OR-188, OR-189), donde el % de Fe_2O_3 es más de 10 veces mayor al % de MnO aproximadamente a los 1.690 m, muy parecido al que ocurre hacia la base de la secuencia estratigráfica (unidad NOR-1) (THAMDRUP *et al.* 1994, BALISTRIERI *et al.* 1994).

En esta unidad también aumenta la asociación de metales pesados al observar los valores de Zn y Cr. Es importante destacar que el Cr presenta sólo altas concentraciones en este intervalo (OR-187), ya que a partir de este punto hacia la base decrece abruptamente en todas las unidades antes descritas. El potencial redox del medio se puede establecer al comparar los contenidos de V y Ni, ya que estos están relacionados o se asocian a la fase orgánica de los sedimentos (BRICEÑO & CALLEJÓN 2000). En este intervalo a la profundidad de 1.685 m (OR-187) el V aumenta su concentración al igual que el Ni aunque levemente lo que estaría asociado con el contenido orgánico del carbón (NICHOLLS 1968), éste último presente como fragmento de roca en areniscas de la sección.

Resumen

En general, la sección río Orégano está caracterizada por 5 unidades químicas y un sector hacia el tope (NOR-X), que podría estar formando parte de otra unidad (delimitada por las muestras OR-225 y OR-250), pero que no se puede establecer como tal, ya que no se aprecian marcadores de primer orden que permitan definirla según el criterio utilizado, sin embargo para efectos del análisis de estadística multivariante en capítulos subsecuentes, este intervalo fue tratado como otra unidad química distinta.

En referencia a las características químicas más importantes de esta formación se encuentran la posible presencia de paleosuelos en las unidades NOR-1 y NOR-5, donde la relación MnO/Fe_2O_3 muestra los ciclos de somerización y/o profundización en la secuencia sedimentaria. (THAMDRUP *et al.* 1994, BALISTRIERI *et al.* 1994). La secuencia en general se caracteriza por un marcado predominio siliciclástico, cambiando las condiciones óxicas a reductoras, hacia la parte intermedia evidenciado por el aumento del V y el decrecimiento del Ni, lo que estaría asociado con el contenido orgánico del carbón presente como fragmento de roca en areniscas (NICHOLLS 1968, BRICEÑO & CALLEJÓN 2000, HILL 1990).

SOCAS (1991) determina la presencia de caolinita en la sección tipo, tanto como mineral de arcilla en lutitas y limolitas (producto de alteración de feldespatos), como cemento en areniscas de la formación. Este hecho se ve reflejado químicamente mediante el perfil de la relación Al_2O_3/K_2O.

Se observa además una perfecta correspondencia entre los elementos de las distintas asociaciones planteadas por BRICEÑO *et al.* (1996) y BRICEÑO & CALLEJÓN (2000) con los distintos litotipos de la sección. Tal es el caso de los componentes de las asociaciones clástica y orgánica.

Según SOCAS (1991), las altas concentraciones de SiO_2 pueden ser asociadas a la presencia de cuarzo detrítico (monocristalino y policristalino), cemento silíceo y fragmentos de chert

microcristalino con radiolarios y esferulitas de calcedonia. Por tanto se puede establecer un origen inorgánico y biogénico en menor proporción para el SiO_2.

La misma autora reporta también la presencia de fragmentos de roca volcánica máfica con plagioclasas formando textura ofítica, a partir de lo cual puede justificarse la presencia de caolinita, como producto de la alteración de los feldespatos calco-sódicos. Elementos traza como Ni, Co, Cr y Pb han sido asociados a rocas volcánicas máficas-ultramáficas (IRINO & PEDERSEN 2000, CRAIGIE *et al.* 2000, DINELLI *et al*. 1999, CORADOSSI *et al.* 1991), pero sus bajas concentraciones a lo largo de toda la sección, sugieren una mínima presencia de este tipo de roca fuente, pudiendo reflejar en su lugar un origen diferente. MURRAY & LEINEN (1993) indican que el Cr y Pb son elementos influenciados por aporte biogénico, y que el decrecimiento de sus concentraciones puede reflejar disolución de carbonato, lo cual podría coincidir con las bajas concentraciones de CaO dentro de la formación. Por otro lado, WINCHESTER & MAX (1996) señalan que bajos valores en la relación Cr/Zr son indicativos de un protolito dominantemente ácido, característica que difiere del trabajo de SOCAS (1991), quien no reporta la presencia de rocas félsicas dentro de la sección.

El CaO es un componente que se presenta en bajas concentraciones en la sección, que no superan el 15%. SOCAS (1991) reporta la presencia de trazas de calcita como cemento en areniscas de la formación, y de minerales accesorios como apatito y yeso (éste último presente en lutitas y limolitas), los cuales podrían justificar la relativa poca abundancia de este óxido.

Altos valores de Fe_2O_3 dentro de la formación pueden ser asociados con la presencia de este óxido como cemento y matriz en areniscas, y a minerales accesorios como magnetita y turmalina (SOCAS 1991).

5.3.4. ESTADÍSTICA MULTIVARIANTE

5.3.4.1. Análisis de agrupaciones

El dendrograma de la Figura 5.26 muestra 2 ramificaciones o grupos químicos principales, el primero compuesto por los subgrupos N1, N2, N3 y el segundo conformado por N4 y N5, además de un grupo de menor orden representado por N6.

En la tabla 5.31 se puede observar que todos los grupos muestran promedios y medianas muy parecidas en casi todos los intervalos de la secuencia, sólo habiendo cambios resaltantes en los intervalos N5 y N6, donde el SiO_2 muestra valores un poco más altos, esto posiblemente debido a que a partir de este intervalo comienza a apreciarse en la secuencia una tendencia litológica a capas de areniscas de gran espesor (muchas de ellas muy cuarzosas intercaladas con algunas lutitas con alto contenido de $SiO_2 \cong 50\%$), en contraste con los demás intervalos que están constituidos por intercalaciones de lutitas, areniscas y limolitas que aunque muestran alto contenido de SiO_2 los espesores de areniscas son menores.

Los grupos químicos definidos con el dendrograma coinciden en general con las unidades químicas propuestas independientemente a través de los perfiles, ocurriendo ciertos desfases entre los límites. Estas diferencias podrían deberse a que los cambios químicos observados en los perfiles quizás sean muy sutiles, debido a la heterogeneidad en la litología de la sección, y por lo tanto no se ven reflejados con precisión en el dendrograma.

Si se observan los límites de los grupos con los cambios de litofacies (Figura 5.27) también es posible observar una buena correspondencia, ya que los grupos discriminan muy bien las litofacies establecidas por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001) dentro de la secuencia, solo que a veces se presenta un poco antes, lo que estaría indicando que los cambios químicos se producen antes que los cambios en la litología.

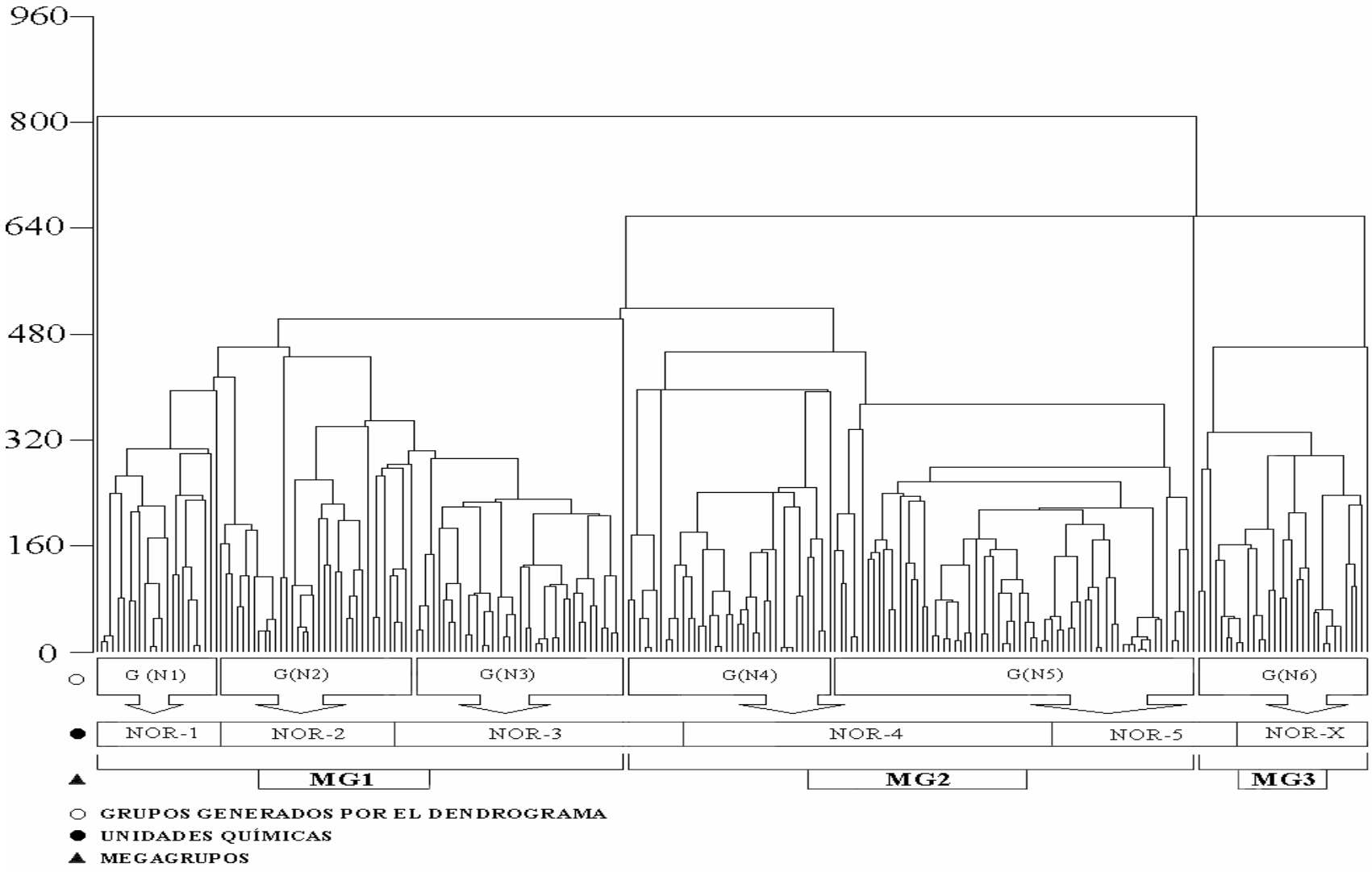


Figura 5.26. Dendrograma generado a partir de las variables químicas de la sección río Orégano (Formación Naricual).

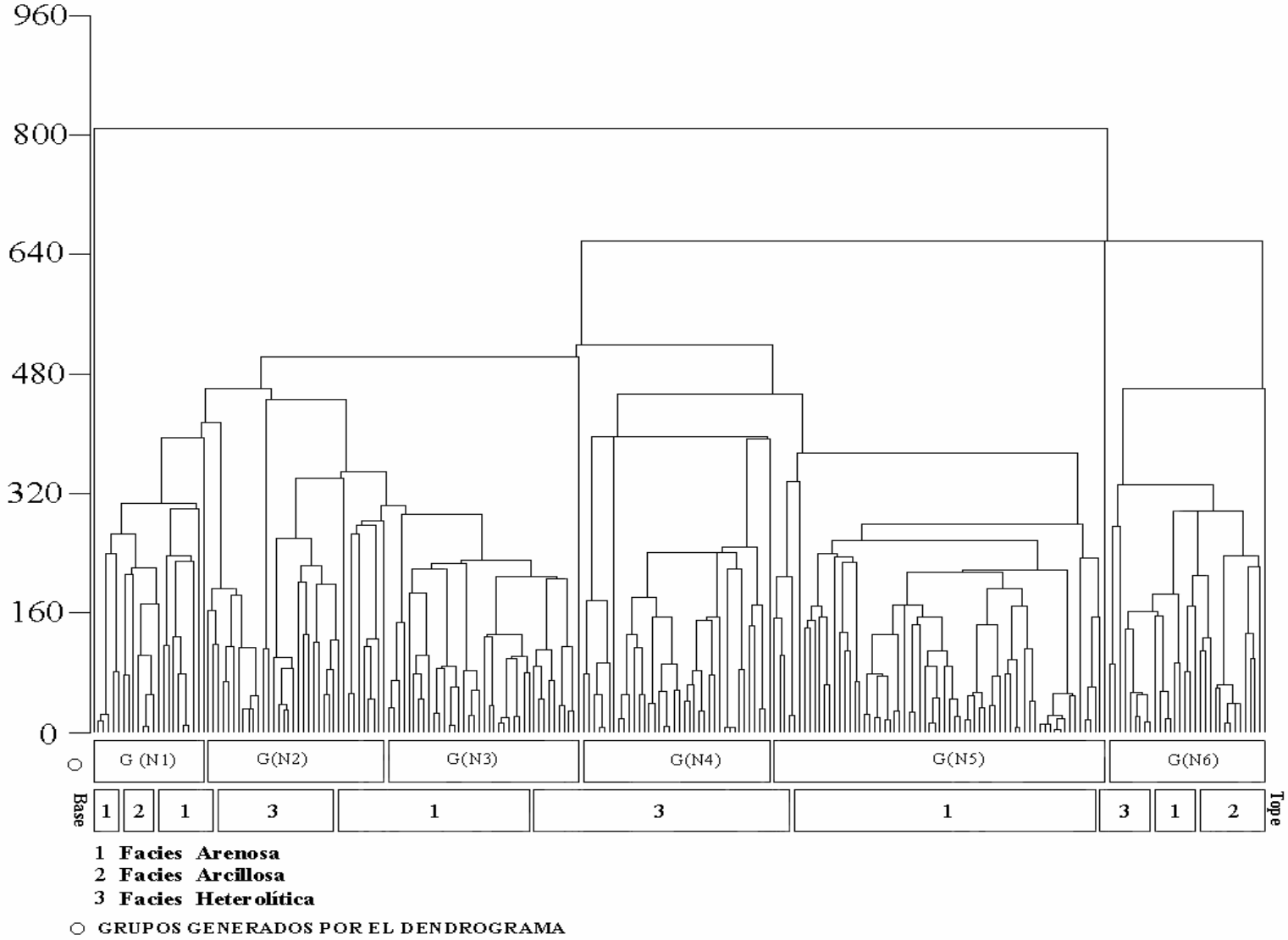


Figura 5.27. Dendrograma de la sección río Orégano (Formación Naricual) mostrando las distintas litofacies establecidas por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001).

A manera general se observa que la secuencia se divide en tres megagrupos, el primero constituido por los subgrupos N1, N2 y N3, caracterizado por mezcla de areniscas, limolitas y lutitas. Un segundo megagrupo (conformado por N4 y N5) caracterizado por intercalaciones de areniscas de mayor espesor (expresado en el aumento de SiO_2, reflejado en la tabla 5.31), limolitas y lutitas carbonosas. Finalmente se presenta un último megagrupo (N6) caracterizado en general por intercalaciones de areniscas y lutitas y cuerpos espesos de areniscas.

En resumen, se puede decir que la sección tiende a comportarse químicamente muy similar en los distintos intervalos, sólo resaltando el SiO_2 al aumentar su concentración en intervalos ubicados hacia el tope dada la tendencia litológica a capas de areniscas de gran espesor.

Tabla 5.32. Análisis de agrupaciones de la sección perteneciente a la Formación Naricual

	Medidas de tendencia central	# de muestras	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb
AGRUPACIÓN (N1)	promedio	23	73,88	0,55	8,90	4,29	0,04	1,80	0,82	0,78	36	150	12	138	40	74	10	49	149	235	11	10	27
	mediana		82,57	0,56	5,49	3,13	0,01	1,27	0,11	0,29	20	150	11	100	40	48	10	32	121	185	11	10	20
	Desv. estándar		19,82	0,28	8,60	6,23	0,12	1,02	3,18	0,93	25	0	2	127	0	38	0	31	116	110	0	0	12
AGRUPACIÓN (N2)	promedio	36	67,79	0,59	11,33	4,75	0,05	1,42	0,78	0,98	36	150	11	107	40	92	10	56	142	213	11	10	28
	mediana		71,22	0,62	8,23	4,19	0,02	1,00	0,14	0,54	20	150	11	100	40	76	10	37	138	172	11	10	20
	Desv. estándar		17,80	0,27	8,56	2,57	0,05	0,69	2,56	0,94	21	0	2	21	0	47	0	32	55	105	0	0	12
AGRUPACIÓN (N3)	promedio	39	75,45	0,45	7,42	3,47	0,05	1,68	0,41	0,67	26	150	11	169	40	69	10	41	134	223	11	10	22
	mediana		74,86	0,40	5,78	3,25	0,04	1,00	0,14	0,61	20	150	11	100	40	53	10	38	120	219	11	10	20
	Desv. estándar		15,04	0,28	6,32	2,29	0,04	1,02	1,52	0,54	15	0	2	147	0	29	0	14	48	94	0	0	5
AGRUPACIÓN (N4)	promedio	38	74,52	0,50	9,93	3,76	0,04	2,01	0,73	0,86	30	152	11	156	40	81	10	47	131	216	11	10	25
	Mediana		78,04	0,46	6,00	3,64	0,02	1,70	0,12	0,60	20	150	11	100	40	57	10	36	117	204	11	10	20
	Desv. estándar		16,82	0,31	7,65	2,29	0,03	1,16	2,64	0,68	17	13	1	171	0	41	0	22	48	96	0	0	8
AGRUPACIÓN (N5)	promedio	67	79,91	0,45	9,44	3,32	0,05	1,74	0,47	0,78	28	161	11	174	40	72	10	43	135	198	11	10	23
	Mediana		86,21	0,37	6,12	2,32	0,02	1,07	0,13	0,52	20	150	11	100	40	48	10	34	124	180	11	10	20
	Desv. estándar		14,85	0,31	7,45	3,39	0,05	0,97	1,58	0,66	16	36	2	229	0	47	0	19	43	95	1	0	6
AGRUPACIÓN (N6)	promedio	32	79,44	0,49	8,80	3,36	0,03	1,60	0,15	0,81	34	153	11	101	40	71	10	44	122	217	11	10	24
	Mediana		87,33	0,38	6,14	2,56	0,02	1,00	0,11	0,76	20	150	11	100	40	48	10	36	109	175	11	10	20
	Desv. estándar		16,45	0,30	7,20	2,90	0,04	0,88	0,16	0,63	27	12	0	6	0	41	0	20	39	101	0	0	9

5.3.4.2. Funciones discriminantes

En la determinación de las funciones que diferenciarán la Formación Naricual según unidades químicas, litología y litofacies, se utilizaron los datos químicos de 235 muestras. De la nube de datos se descartaron aquellos componentes químicos que no permitían discriminar por presentar valores de concentración constantes dentro de la secuencia estratigráfica, estos componentes son: Cu, Se, Hg, Cr y Mo.

Separación de tipos litológicos en la sección río Orégano

En la diferenciación de litologías en la Formación Naricual se obtuvieron los coeficientes químicos (Tabla 5.32) que permitieron determinar las funciones discriminantes de cada tipo litológico (areniscas, limolitas y lutitas). Las variables químicas involucradas en este análisis son 24, incluyendo componentes mayoritarios (mas CO_2), traza y componentes mayoritarios normalizados con respecto al Al_2O_3.

Tabla 5.32. Tabla de clasificación de las muestras según litología de la sección río Orégano.

		Grupo de predicción		
Litología actual	**Tamaño del grupo**	**Areniscas**	**Lutitas**	**Limolitas**
Areniscas	166	157 (94,6%)	1 (0,6%)	8 (4,8%)
Lutitas	57	2 (3,5%)	50 (87,7%)	5 (8,8%)
Limolitas	10	1 (10%)	3 (30%)	6 (60%)

91,4 % de casos correctamente clasificados

Las funciones discriminan las muestras con 91,4 % de aciertos (90,5 % sólo componentes mayoritarios y traza). Los resultados mostrados en la tabla de clasificación indican una buena discriminación, donde el grupo mejor discriminado corresponde con las areniscas (94,6% de aciertos). En los casos donde hay fallas en la clasificación, los posibles errores pueden deberse a que la toma de estas muestras se ubicó en áreas muy cercanas a los contactos litológicos, en paquetes de intercalaciones de arena-limo y/o arena-arcilla.

La figura 5.28 muestra los resultados de esta discriminación, donde los solapes entre los grupos corresponden con las muestras que no fueron clasificadas exitosamente.

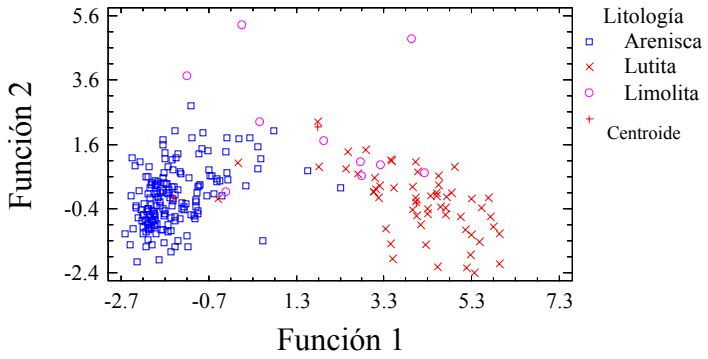


Figura 5.28. Representación gráfica de las funciones discriminantes según litología en la sección río Orégano.

Separación de tipos litológicos en la sección río Orégano (según esquema de clasificación de HERRON, 1988)

A manera de comprobar cuán efectivo es este sistema de clasificación, se realizaron funciones discriminantes a las muestras clásticas de río Orégano. En la tabla VIII.13 (Apéndice VIII.2) se muestran los coeficientes y ecuación de la función que discrimina a las arenitas-Fe.

La tabla de clasificación (Tabla 5.33) indica una buena discriminación entre los tipos petrográficos establecidos por HERRON, con un 88% de acierto (87,1 % utilizando sólo componentes mayoritarios y traza). Los grupos clasificados exitosamente (100% de acierto) corresponden con wacas, litarenitas y sublitarenitas; las lutitas-Fe presentan también una buena discriminación (97% de acierto). La figura 5.29 muestra la disposición de los grupos clasificados, donde se observa una separación aceptable entre los grupos con una superposición entre las arenitas-Fe, lutitas-Fe y cuarzoarenitas. Sin embargo, aunque estos litotipos se solapan, existe una buena diferenciación entre ellos.

Tabla 5.33. Tabla de clasificación según el sistema de HERRON (1988) para rocas de la sección río Orégano.

		Grupo de predicción						
HERRON actual	**Tamaño del grupo**	**Arenita-Fe**	**Lutita-Fe**	**Lutita**	**Sub-litarenita**	**Cuarzo-arenita**	**Waca**	**Litarenita**
Arenita-Fe	93	75 (80,6%)	11 (11,8%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (7,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Lutita-Fe	73	2 (2,7%)	71 (97,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Lutita	55	0 (0%)	1 (1,8%)	49 (89,1%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (9,1%)	0 (0%)
Sublitarenita	2	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cuarzoarenita	4	2 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (50%)	0 (0%)	0 (0%)
Waca	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)
Litarenita	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)

88 % de casos correctamente clasificados

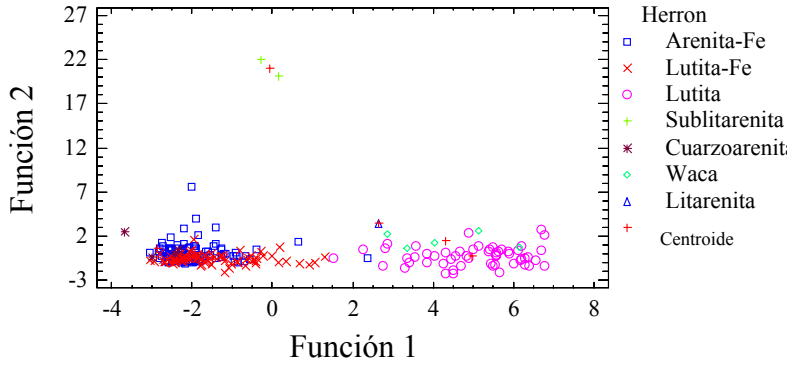


Figura 5.29. Diagrama de las funciones discriminantes de litología según el sistema de clasificación de HERRON (1988).

Separación de litofacies en la sección río Orégano

Al igual que lo realizado en la Formación Querecual (sección Río de Oro), se realizaron ensayos con dos sistemas de litofacies. En primer lugar, se presentan 7 de las 9 litofacies planteadas por ARREAZA (2002):

1) Areniscas cuarzosas de grano fino a medio
2) Areniscas de grano fino con laminaciones oscuras y limolitas

3) Areniscas tipo "sal y pimienta", de grano fino a medio
4) Areniscas carbonáticas
5) Lutitas negras carbonosas
6) Lutitas limosas y lutitas arenosas
7) Areniscas cuarzosa de grano grueso con alta silicificación

A partir de esto y de los datos químicos, se obtuvieron los coeficientes, con los cuales fue posible generar la ecuación de la primera función discriminante (Tabla VIII.15, Apéndice VIII.2).

La tabla 5.34, conjuntamente con el gráfico de dispersión de las funciones presentado en la figura 5.30, no muestra resultados óptimos en cuanto a la discriminación, se obtiene en este caso un porcentaje de aciertos de apenas 56 % (53,6 % con componentes mayoritarios y traza). Es notorio el solapamiento de las litofacies 1, 2, 3 y 7(correspondientes a areniscas) y su separación de las litofacies 4, 5 y 6 (correspondientes a areniscas carbonáticas y lutitas). A partir de estos resultados, se hace necesaria la simplificación a un número menor de litofacies, que tengan un carácter más general.

Tabla 5.34. Tabla de clasificación de las muestras de la sección río Orégano, según litofacies planteadas por ARREAZA (2002).

		Grupo de predicción						
Litofacies Actuales	**Tamaño del grupo**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	47	22 (46,8%)	14 (29,8%)	4 (8,5%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (4,3%)	5 (10,6%)
2	75	9 (12%)	35 (46,7%)	14 (18,7%)	1 (1,3%)	2 (2,7%)	4 (5,3%)	10 (13,3%)
3	28	4 (14,3%)	2 (7,1%)	15 (53,6%)	2 (7,1%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (17,9%)
4	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
5	29	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	21 (72,4%)	8 (27,6%)	0 (0%)
6	30	0 (0%)	2 (6,7%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (30%)	18 (60%)	1 (3,3%)
7	23	2 (8,7%)	0 (0%)	2 (8,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	19 (82,6%)

56,2 % de casos correctamente clasificados

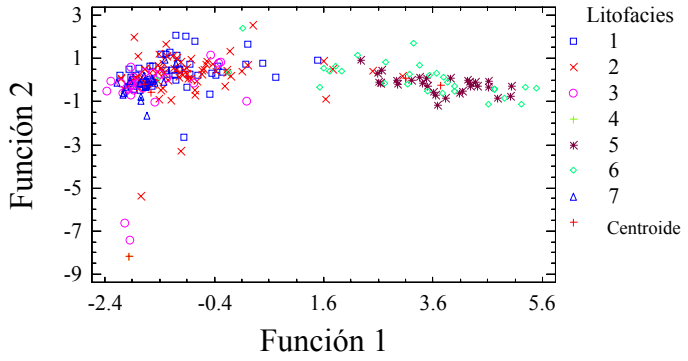


Figura 5.30. Diagrama de las funciones discriminantes por litofacies de la sección río Orégano (según ARREAZA 2002). (Leyenda: (1) areniscas cuarzosas de grano fino a medio, (2) areniscas de grano fino y limolitas, (3) Areniscas tipo "sal y pimienta", (4) Areniscas carbonáticas, (5) Lutitas carbonosas, (6) Lutitas limosas y lutitas arenosas, (7) Areniscas cuarzosas con alta silicificación).

A continuación se presenta un grupo de 4 litofacies, identificadas por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001), y que presentan las características mencionadas anteriormente:

1) *Facies arenosa:* donde se incluyen los grandes cuerpos de areniscas ubicados mayoritariamente hacia la base y tope de la sección.

2) *Facies heterolítica:* localizada preferencialmente en la parte media de la secuencia. Conformada por intercalaciones de areniscas y lutitas o limolitas.

3) *Facies arcillosa:* ubicada hacia la base y parte media de la sección. Incluye lutitas y limolitas.

4) *Facies carbonosa:* la cual incluye intervalos donde existen capas de carbón y lutitas negras carbonosas (parte intermedia de la sección).

La ecuación de la primera función discriminante, obtenida a partir de los coeficientes y los valores de concentración de las variables químicas involucradas, se presenta en el Apéndice VIII.2 (Tabla VIII.16).

Utilizando este nuevo grupo de litofacies, la discriminación mejora ligeramente. Se tiene ahora 61,7 % de aciertos (57,4% sólo mayoritarios y traza). Las causas por las cuales el resultado no mejora notablemente, pueden radicar en los siguientes hechos:

Tabla 5.35. Tabla de clasificación de las muestras de la sección río Orégano por litofacies (según ANGULO & RODRÍGUEZ 2001).

		Grupo de predicción			
Litofacie actual	**Tamaño del grupo**	**Facies arenosa**	**Facies heterolítica**	**Facies arcillosa**	**Facies carbonosa**
Facies arenosa	122	79 (64,7%)	34 (27,9%)	4 (3,3%)	5 (4,1%)
Facies heterolítica	76	21 (27,6%)	45 (59,2%)	9 (11,8%)	1 (1,3%)
Facies arcillosa	25	3 (12%)	7 (28%)	14 (56%)	1 (4%)
Facies carbonosa	12	3 (25%)	1 (8,3%)	1 (8,3%)	7 (58,3%)

61,7 % de casos correctamente clasificados

- La litología es muy variable dentro de la secuencia, habiendo cambios frecuentes de tipos litológicos en alturas cortas.
- La definición de litofacies se basa en la litología dominante, por lo que la parte minoritaria puede ser responsable de que la discriminación falle en algunas muestras.

En la figura 5.31 puede observarse el solape entre los grupos litológicos correspondientes a las facies arenosa y heterolítica, existiendo una tendencia de la litofacies arcillosa a separarse. Es posible que la facies heterolítica sea la causante del poco número de aciertos, dado que se están mezclando en un mismo grupo litologías con características químicas distintas entre si y a la vez similares a las de los otros grupos (litofacies arenosa y arcillosa).

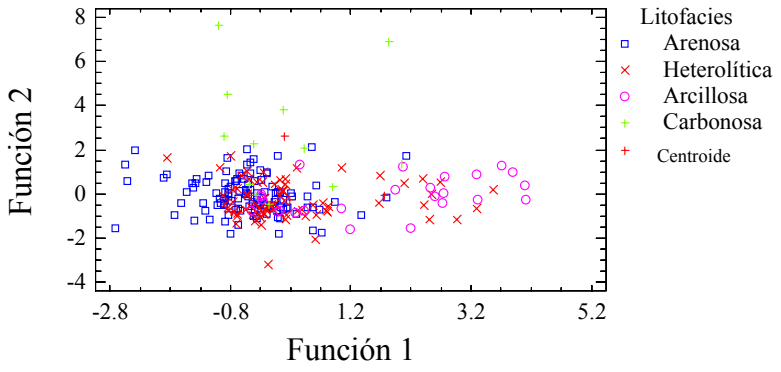


Figura 5.31. Diagrama de las funciones discriminantes de las litofacies de la sección río Orégano (según ANGULO & RODRÍGUEZ 2001).

Separación de paleoambientes de la sección río Orégano

ANGULO Y RODRÍGUEZ (2001), mediante comparación con el delta de Mahakam (Indonesia), proponen 4 subambientes para la Formación Naricual:

- Plano deltaico bajo
- Bahía (llanura de inundación)
- Frente deltaico
- Prodelta

En este trabajo, a través de la comparación con las litofacies identificadas, se hace uso de dos subambientes:

1) *Plano deltaico bajo:* Asociado con la litofacies arenosa ubicada en la parte superior de la sección, donde las arenas son de grano medio a grueso dentro de paquetes de gran espesor y con estratificación cruzada.

2) *Frente deltaico:* Donde se observan facies heterolíticas y/o facies arenosas con láminas de arcillas. También pueden indicar barras de desembocadura.

3) Adicionalmente, agregamos un tercer ambiente, en el cual se depositan las litofacies carbonosas, y que también es propuesto por ARREAZA (2002): *laguna y marismas*.

Tabla 5.36. Clasificación de muestras de la formación Naricual (sección río Orégano) según los ambientes propuestos por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001).

		Grupo de predicción		
Ambiente actual	**Tamaño del grupo**	**Plano deltaico bajo**	**Frente deltaico**	**Lagunas y marismas**
Plano deltaico bajo	150	109 (72,7%)	34 (22,7%)	7 (4,7%)
Frente deltaico	80	30 (37,5%)	45 (56,2%)	5 (6,2%)
Lagunas y marismas	3	0 (0%)	1 (33,3%)	2 (66,7%)

66,2 % de casos correctamente clasificados

Por los resultados obtenidos en la clasificación, la discriminación entre los grupos propuestos funciona hasta con un 66,2 % de aciertos (Tabla 5.36). La mayor cantidad de muestras se ubica como perteneciente al ambiente de plano deltaico bajo, y es dentro de este grupo donde se observa la mayor cantidad de aciertos (72,7%). Estos resultados se ven reflejados en la figura 5.30, donde se muestra el fuerte solape existente entre los ambientes

propuestos por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001). En el apéndice VIII.2 (Tabla VIII.17) se presentan los coeficientes de las dos primeras funciones discriminantes, así como ecuación de la primera función discriminante.

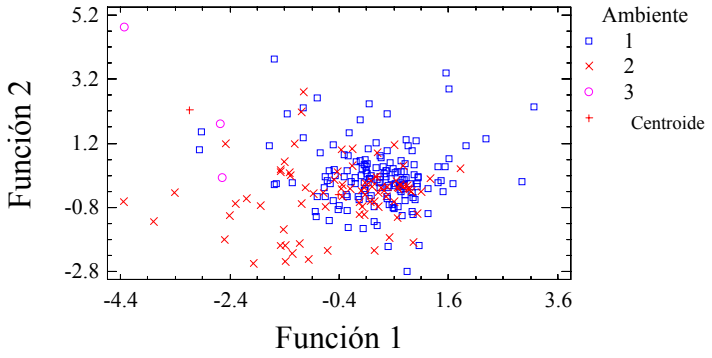


Figura 5.32. Representación gráfica de las funciones discriminantes de los ambientes planteados para la Formación Naricual en río Orégano (según ANGULO & RODRÍGUEZ 2001).(Leyenda: 1: plano deltaico bajo, 2: frente deltaico y 3: lagunas y marismas).

Separación de unidades químicas de la sección río Orégano

En río Orégano, las unidades químicas determinadas a partir de los perfiles de concentración fueron también sometidas a análisis multivariado. Los coeficientes que discriminan estas unidades con un 53,2 % de aciertos, así como la ecuación de la primera función discriminante se presentan en el Apéndice VIII.2 (Tabla VIII.18).

Los resultados de la tabla 5.39 no presentan una buena discriminación, lo mismo se refleja en el diagrama de dispersión mostrado en la figura 5.33, donde no hay separación notoria entre las unidades. Si se utilizan como únicas variables los componentes mayoritarios y traza, el número de aciertos disminuye (45,5%). Esto puede indicar que las condiciones químicas dentro de la Formación Naricual fueron prácticamente invariables, lo cual puede reflejarse en la litología presente dentro de la secuencia: intercalaciones monótonas de arenas y arcillas (limosas o no), con ocasionales capas de carbón y capas potentes de arenisca.

Tabla 5.37. Tabla de clasificación de las muestras de la sección río Orégano, según unidades químicas.

		Grupo de predicción					
Unidad Actual	**Tamaño del grupo**	**NOR-1**	**NOR-2**	**NOR-3**	**NOR-4**	**NOR-5**	**NOR-0**
NOR-1	24	12 (50%)	5 (20,8%)	4 (16,7%)	1 (4,2%)	0 (0%)	2 (8,3%)
NOR-2	33	4 (12,1%)	20 (60,6%)	2 (6,1%)	6 (18,2%)	1 (3%)	0 (0%)
NOR-3	53	3 (4,3%)	6 (8,7%)	33 (62,3%)	1 (1,9%)	7 (13,2%)	14 (20,9%)
NOR-4	69	3 (4,3%)	6 (8,7%)	6 (8,7%)	27 (39,1%)	13 (18,8)	14 (20,3%)
NOR-5	31	2 (6,4%)	0 (0%)	6 (19,3%)	3 (9,7%)	17 (54,8%)	3 (9,7%)
NOR-0	25	0 (0%)	2 (8%)	1 (4%)	4 (16%)	2 (8%)	16 (64%)

53,2 % de casos clasificados correctamente

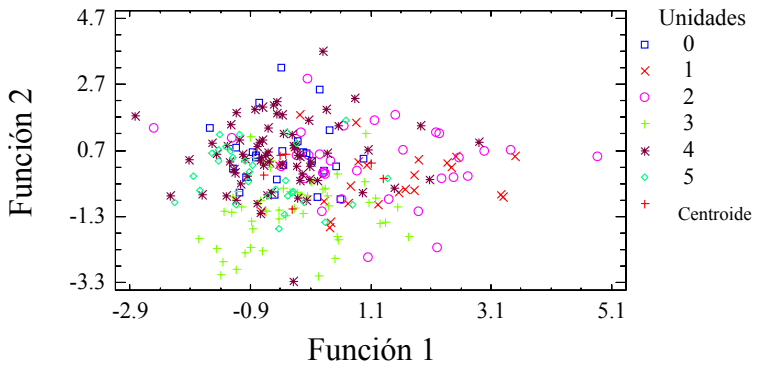


Figura 5.33. Representación gráfica de las funciones discriminantes por unidades químicas de la Formación Naricual en la sección río Orégano. (Leyenda: 0: NOR-X, 1: NOR-1, 2: NOR-2, 3: NOR-3, 4: NOR-4, 5: NOR-5).

Resumen

Los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos de funciones discriminantes para la separación por litofacies demuestran una vez más que la discriminación mejora considerablemente si se disminuye el número de cada una de las categorías o grupos de clasificación. Los resultados mejorarán aún más si se dispone de la mayor cantidad posible de variables químicas, ya que mientras se disponga de más información, más precisa será la discriminación.

Las ecuaciones generadas a partir de los coeficientes determinados, son muy útiles en la correlación química de secciones sedimentarias similares, de forma que sólo será necesario medir la concentración de los componentes químicos de una muestra de la misma Formación, (cuya ubicación estratigráfica sea desconocida) y sustituir estos valores dentro de las ecuaciones de las funciones discriminantes ya planteadas, para así determinar (con un porcentaje de confianza) el nivel estratigráfico a la cual dicha muestra pertenece. Sin embargo, es necesario enfatizar que para el caso de la Formación Naricual, en todos los ensayos el porcentaje de aciertos fue bajo, y por lo tanto de poca o ninguna utilidad para futuras clasificaciones.

5.3.5. COMPARACIÓN ENTRE LAS SECCIONES RÍO ORÉGANO Y TIPO

Para establecer diferencias entre las dos secciones donde aflora la Formación Naricual, nuevamente se hizo uso de las funciones discriminantes. En este caso se involucró un total de 332 muestras, de las cuales 235 pertenecen a la sección río Orégano y las restantes 97 a la sección tipo, trabajada por ARREAZA (2002).

Análisis comparativo de las litologías

Los coeficientes que definen las funciones que discriminarán la litología entre estas dos secciones se presentan en la tabla VIII.20 del apéndice VIII.2.

Tabla 5.38. Tabla de clasificación de muestras de la Formación Naricual según litología en ambas secciones.

		Grupo de predicción					
Litología actual	**Tamaño del grupo**	**Areniscas (Orégano)**	**Lutitas (Orégano)**	**Limolitas (Orégano)**	**Areniscas (tipo)**	**Lutitas (tipo)**	**Limolitas (tipo)**
Areniscas (Orégano)	154	150 (97,4%)	0 (0%)	4 (2,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Lutitas (Orégano)	57	2 (3,5%)	51 (89,5%)	4 (7,0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Limolitas (Orégano)	10	2 (20%)	4 (40%)	4 (40%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Areniscas (tipo)	73	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	67 (91,8%)	1 (1,4%)	5 (6,8%)
Lutitas (tipo)	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (60%)	2 (40%)
Limolitas (tipo)	15	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (13,3%)	1 (6,7%)	12 (80%)

91,4 % de casos clasificados correctamente

Las funciones discriminantes clasifican las muestras litológicamente con un 91,4 % de aciertos (Tabla 5.39), observándose una separación por grupos entre las muestras pertenecientes a la sección tipo y las muestras recolectadas en río Orégano (Figura 5.34). Este comportamiento (observado también en la Formación Querecual) es indicativo de que la composición química de las rocas varía según la localidad, lo cual puede traducirse en variaciones de profundidad, energía o de fuente de sedimentos a la cuenca.

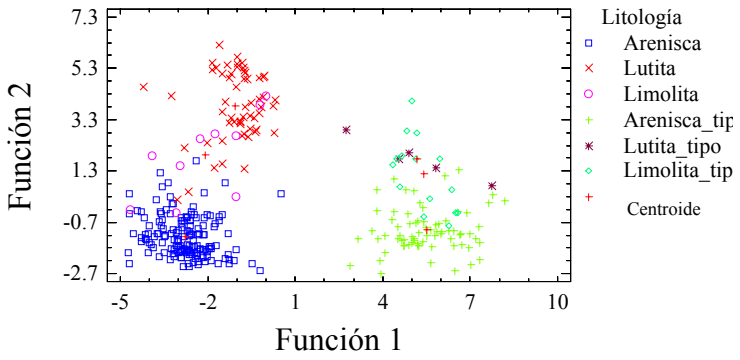


Figura 5.34. Representación gráfica de las funciones discriminantes según litología de la Formación Naricual, en las secciones de río Orégano y tipo.

Análisis comparativo de las unidades químicas

De manera similar a como se manejaron los datos en la Formación Querecual, se hizo uso de las funciones discriminantes para determinar niveles de correlación químicos entre las secciones de la Formación Naricual. Para esto se hace en primer lugar un ensayo donde se clasifican muestras "desconocidas" de río Orégano según las funciones discriminantes establecidas por ARREAZA (2002) para la sección tipo. Los coeficientes de estas funciones se presentan en la tabla 5.40 a continuación.

Las muestras de la Formación Naricual en la sección tipo fueron clasificadas acertadamente en un 80,4 % (Tabla 5.39). En el diagrama de la figura 5.35 se observa una superposición entre los grupos, que sin embargo presentan una fuerte tendencia a separarse. En el Apéndice VIII.2 (Tabla VIII.22) se presenta una tabla detallada de la clasificación de cada una de las muestras de ambas secciones, donde se puede notar que la casi totalidad de las muestras de la sección río Orégano fue clasificada como correspondiente con la unidad

química N3 definida en la sección tipo, es decir, que la sección que aflora en río Orégano, estratigráficamente correspondería con la parte media de la sección tipo (Figura 5.36).

Tabla 5.39. Tabla de clasificación de muestras de la Formación Naricual en la localidad tipo, según las unidades químicas definidas por ARREAZA (2002).

		Grupo de predicción				
Unidad actual	**Tamaño del grupo**	**N1**	**N2**	**N3**	**N4**	**N5**
N1	29	24 (82,8%)	2 (6,9%)	1 (3,4%)	1 (3,4%0	1 (3,4%)
N2	4	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
N3	13	0 (0%)	0 (0%)	10 (76,9%)	3 (23,1%)	0 (0%)
N4	17	0 (0%)	0 (0%)	1 (5,9%)	15 (88,2%)	1 (5,9%)
N5	34	3 (8,8%)	1 (2,9%)	0 (0%)	5 (14,7%)	25 (73,3%)

80,4 % de casos correctamente clasificados

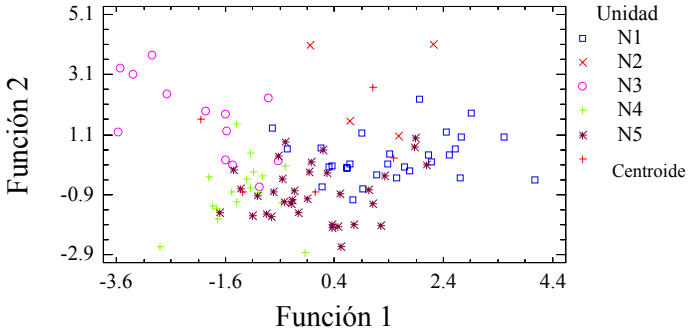


Figura 5.35. Representación gráfica de las funciones discriminantes de la Formación Naricual en la sección tipo, según las unidades químicas definidas por ARREAZA (2002).

Como se supone que ambas secciones están completas, salvo algunas interrupciones ocasionadas por ocasionales aluviones, se realizó otro ensayo, donde se discriminan las muestras recolectadas en la sección tipo según las unidades químicas definidas en río Orégano. En la tabla VIII.23 del Apéndice VIII.2 se muestran los coeficientes de las funciones discriminantes que realizan esta comparación.

Los datos son discriminados aquí con un porcentaje de acierto de 52,8 %. Según la tabla VIII.24 (Apéndice VIII.2) en la clasificación detallada de las muestras "desconocidas"de la sección tipo, éstas son caracterizadas en su totalidad como equivalentes a la unidad química NOR-5 de río Orégano (Figura 5.37).

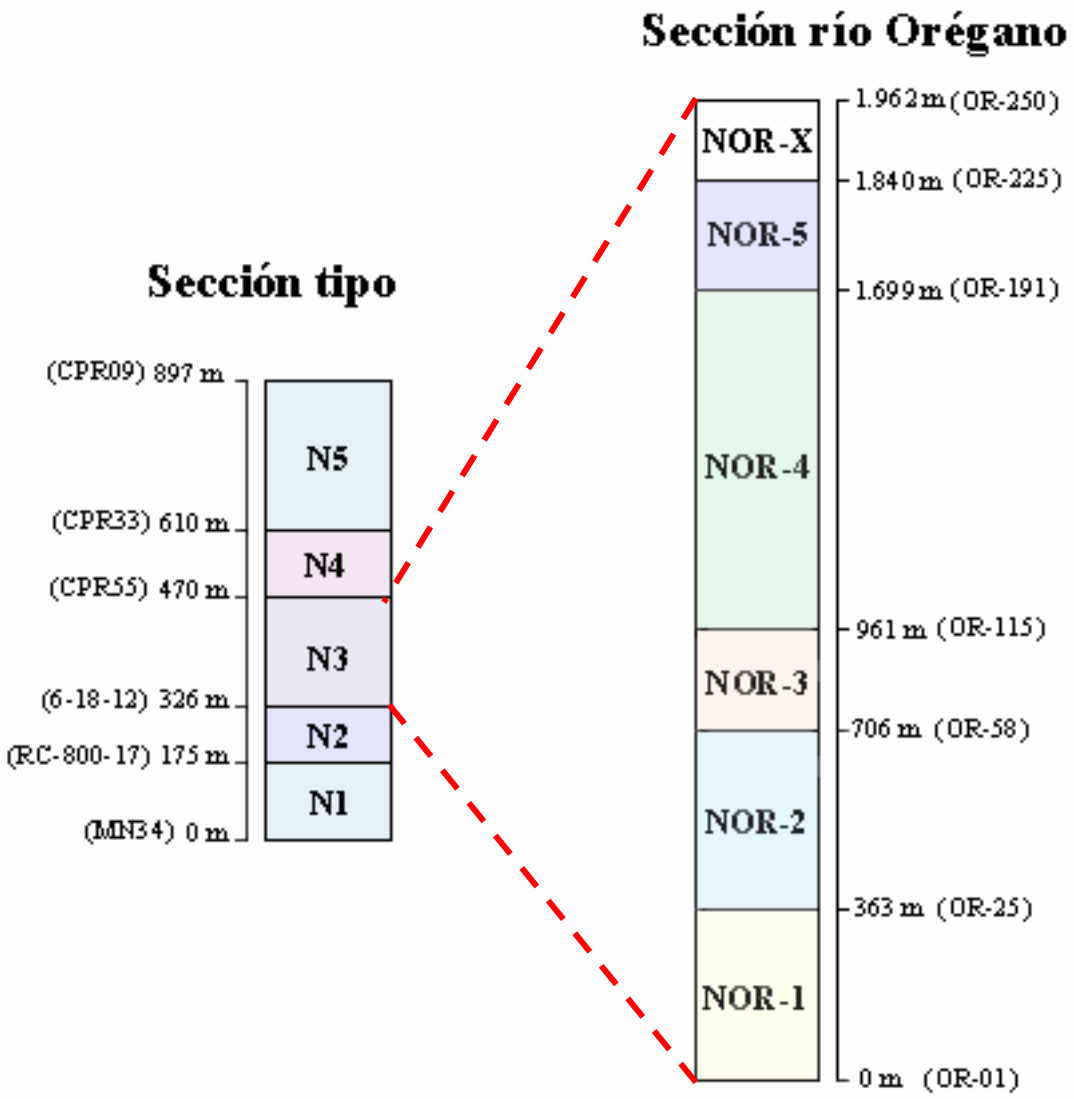


Figura 5.36. Comparación química entre las dos secciones de la Formación Naricual, siguiendo las funciones discriminantes propuestas por ARREAZA (2002).

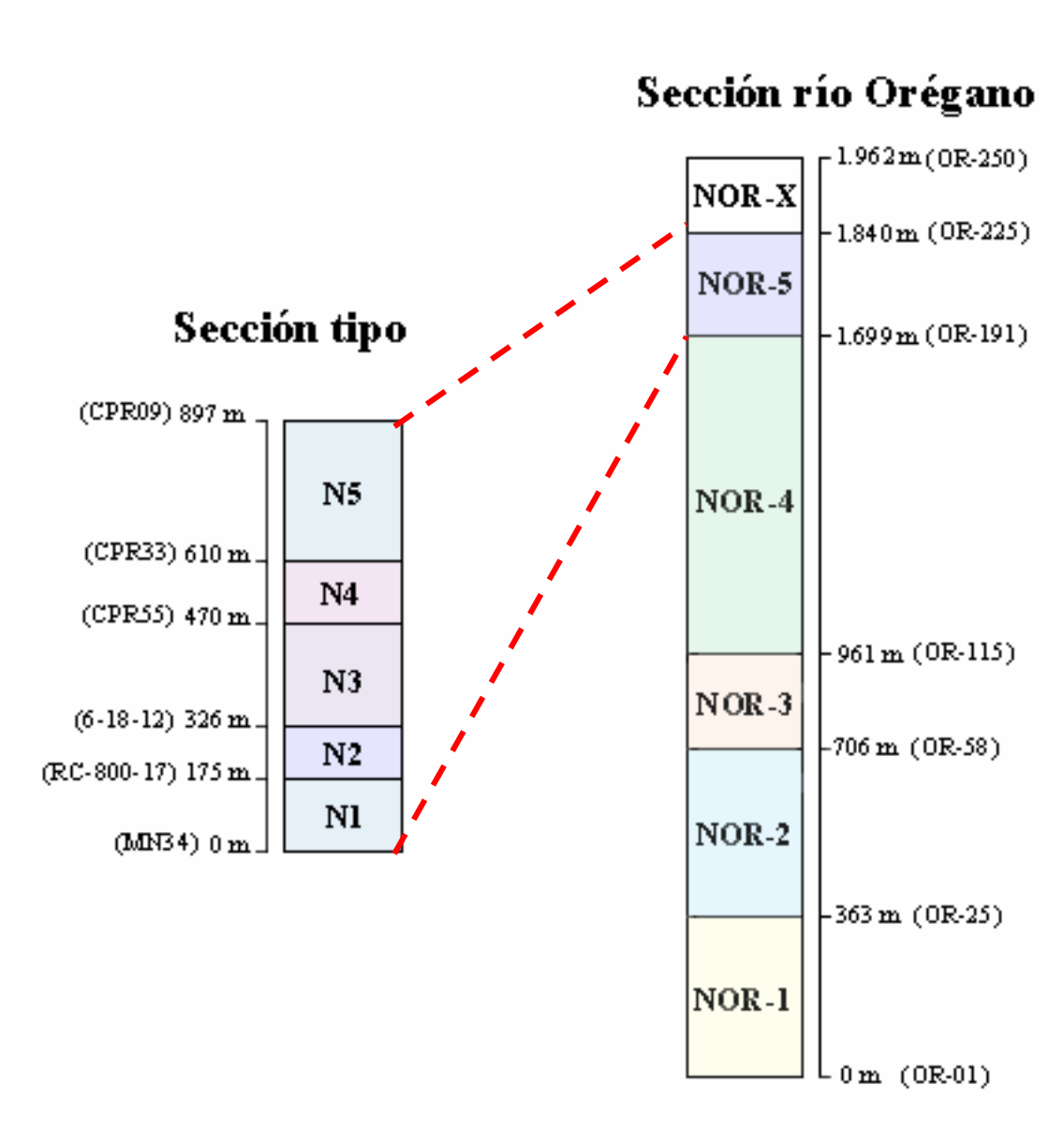


Figura 5.37. Comparación química de las secciones de la Formación Naricual, según las funciones discriminantes determinadas para la sección río Orégano.

Es evidente que el uso de esta función no genera resultados aceptables en la comparación entre las dos secciones. El bajo porcentaje de aciertos, y el hecho de que la secuencia correspondiente a la sección tipo sea clasificada como condensada dentro de una unidad química de la sección río Orégano, aún cuando ambas secciones se presumen completas, indican la necesidad de investigar más profundamente en otras características que pudieran

diferenciar a ambas secciones. Por un lado, los afloramientos de la sección tipo no se presentan de forma continua, siendo una sección compuesta por afloramientos de la Formación en distintas localidades. Por otro lado, la sección de río Orégano presenta cierto grado de complejidad estructural, presentándose como una sección limitada por fallas y con intervalos volcados.

Debido a estos factores se decidió comparar la sección levantada por los suscritos (río Orégano) con la sección terciaria levantada por ARREAZA (2002), la cual incluye a las Formaciones Areo, Jabillos, Naricual y Capiricual. El objeto de esta comparación es deducir por medio del programa si las muestras recolectadas en río Orégano poseen características similares a una o más formaciones de esta sección terciaria. La tabla que muestra los coeficientes y las funciones discriminantes de esta comparación se presentan en la tabla VIII.25 (Apéndice VIII.2).

Tabla 5.40. Tabla de clasificación de muestras de la sección terciaria (ARREAZA 2002) en la localidad tipo.

		Grupo de predicción			
Formación actual	**Tamaño del grupo**	**Areo**	**Jabillos**	**Naricual**	**Capiricual**
Areo	28	24 (85,7%)	0 (0%)	2 (7,1%)	2 (7,1%)
Jabillos	29	0 (0%)	26 (89,7%)	3 (10,3%)	0 (0%)
Naricual	97	1 (1,0%)	4 (4,1%)	75 (77,3%)	17 (17,5%)
Capiricual	7	0 (0%)	0 (0%)	2 (28,6%)	5 (71,4%)

80,8% de casos correctamente clasificados

De las 97 muestras identificadas por ARREAZA (2002) como pertenecientes a la Formación Naricual en la localidad tipo, 77% fue correctamente clasificado, un 17% como correspondiente a la Formación Capiricual, y el 5% restante entre las formaciones Areo y Jabillos (Tabla 5.40).

Los resultados obtenidos anteriormente se presentan con un 80,8% de aciertos, y esta buena discriminación se refleja en el diagrama de la figura 5.38, donde existe una buena

separación por grupos de las formaciones involucradas. Se observa además que existe un solape entre los grupos definidos por las formaciones Naricual y Capiricual.

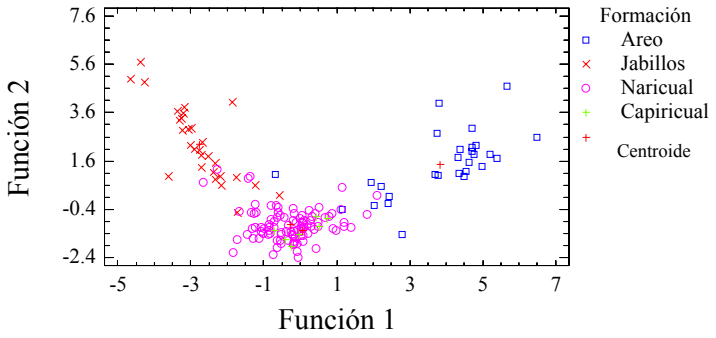


Figura 5.38. Representación gráfica de las funciones discriminantes de las formaciones de la sección terciaria en la localidad tipo (ARREAZA 2002).

La tabla VIII.26 (Apéndice VIII.2) muestra la clasificación detallada de las muestras de río Orégano y de la sección terciaria, donde puede observarse que en río Orégano existen paquetes de muestras cuyas características químicas son muy similares a las de la Formación Capiricual, intercalados con otros paquetes en cuya clasificación resultaron como similares químicamente a la Formación Naricual. Esta diferencia observada entre las dos localidades indican una vez más que las condiciones de sedimentación en ambas secciones fueron distintas, y que estas diferencias pueden radicar en la fuente de sedimentos.

Perfiles químicos de concentración

Los perfiles de las secciones de la Formación Naricual no presentan patrones que pudieran contener alguna semejanza entre si. Ejemplos de estas incongruencias son las curvas de elementos como Cu, Se y Hg, los cuales presentan valores bajos en la sección tipo, mientras que no son detectados en la sección río Orégano. Caso contrario se observa en el K_2O, el cual no es detectado dentro de la Formación Naricual en la sección tipo, mientras que en río Orégano se presenta en concentraciones considerables.

El CaO en ambas secciones presenta concentraciones mínimas, dado el carácter no calcáreo de la unidad. El SiO_2 y Al_2O_3 se presentan con altos valores de concentración tanto en río Orégano como en la sección tipo.

El Cr es aparentemente el único elemento que presentaría un patrón ligeramente parecido en ambas secciones, generalmente se mantiene en bajas concentraciones (casi por debajo del límite de detección) excepto por un pico, ubicado aproximadamente a los 1720 m de altura estratigráfica en río Orégano (820 m en la sección tipo). Este comportamiento se refleja en las unidades N5 y NOR-5 de la sección tipo y río Orégano respectivamente (Apéndices VII.2.1 y VII.2.2).

Sin embargo, basándose en los últimos resultados obtenidos de las funciones discriminantes, sería sumamente difícil establecer una correlación estratigráfica confiable entre dos secciones que han demostrado ser químicamente distintas.

VIVAS (comunicación personal, 2002) asegura el nivel de referencia en el cual sería posible realizar una correlación estratigráfica de ambas secciones abarcaría el intervalo carbonoso ubicado en la parte central-superior de ellas. En el caso de río Orégano este nivel se ubicaría en el intervalo 1330 – 1430 m de la sección (muestras OR-141 a OR-153), mientras que en la sección tipo, el nivel de referencia podría corresponder con el intervalo 624 – 670 m (Figura 5.39).

Si se presume que las dos secciones están completas (salvo ocasionales cubiertos que interrumpen las secuencias), las proporciones de espesor de ambas secuencias indicarían la posibilidad de un adelgazamiento de la Formación hacia el oeste, hecho que corresponde con lo expuesto en la bibliografía (CIEN 2001).

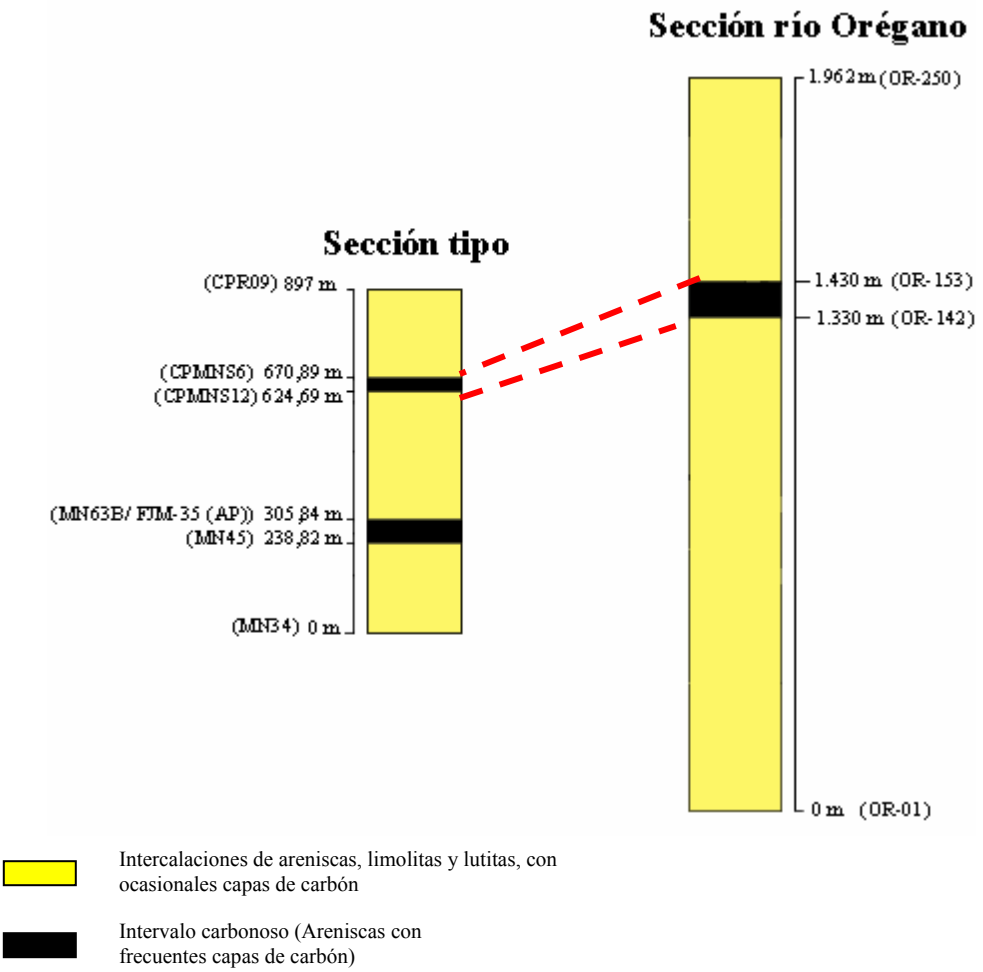


Figura 5.39. Correlación estratigráfica entre la sección tipo de la Formación Naricual y la sección ubicada en río Orégano (según VIVAS 2002).

5.3.6. INTERPRETACIONES GENERALES DE LA FORMACIÓN NARICUAL

Características litológicas de la formación

Esta formación se depositó durante el Oligoceno Tardío y el Mioceno Temprano y está constituida en general por intercalaciones de areniscas, lutitas y limolitas con algunas facies carbonáceas, incrementando su espesor hacia el noroeste en el área Bergantín-Santa Inés (1.500 m VIVAS 1986, 1.800 m HEDBERG & PYRE 1944). Por otra parte la formación se adelgaza hacia el este-sureste, mostrando sólo 44 m en el río Aragua (LAMB 1964).

Tanto la sección tipo como la sección río Orégano se sedimentaron en el área piemontina de la Serranía del Interior, la cual sufría los principios de la orogénesis, producto de la tectónica transpresiva entre las placas Suramericana y Caribe (Figura 5.42).

En la sección río Orégano el aumento de TiO_2, Al_2O_3 y K_2O evidencian el carácter lutítico que posee la secuencia en la parte intermedia, siendo las concentraciones de CaO en general bajas. Por otra parte hacia el tope hay un aumento del SiO_2, dado el dominio de capas de arenisca de mayor espesor, hecho que pueden estar relacionado a la existencia de barras de canales.

La sedimentación del Eoceno Medio Tardío-Mioceno de Venezuela nororiental se encuentra representada por tres ciclos de sedimentación cuyos ambientes tectónicos no deben ser comparados con los ciclos del Cretácico-Terciario Temprano. El inicio del segundo ciclo está claramente marcado por una drástica regresión ocurrida en el Oligoceno Tardío y su posterior pulso en el límite Eoceno-Oligoceno y que corresponde al comienzo de la Formación Naricual, a nivel local en la sección río Orégano se observan potenciales paleosuelos según la relación Fe_2O_3/MnO que pueden estar asociado a estos eventos; la evolución posterior de la cuenca Oriental (Formación Carapita en adelante) parece ser poco dependiente de estos ciclos y pasó a estar gobernada por la subsidencia tectónica provocada por el peso del prisma de acreción y frente de corrimientos que evolucionaba hacia el sur a medida que el punto de sutura de la colisión del arco magmático Caribe-Placa Suramericana se movía hacia el este (SPEED 1985).

El inicio del segundo ciclo del Terciario Temprano de Venezuela nororiental (Formación Naricual) tuvo una fuente de sedimentos proveniente del sur y del oeste, para la secuencia de su región tipo (no se incluye en este ciclo la "Formación Naricual" del frente de montañas de Guárico) (SPEED 1985).

NAVARRO & YORIS (1988) plantean que el carácter profundo de la Formación Naricual está evidenciado claramente en la ubicación concordante entre las formaciones Carapita y Areo, de ambientes profundos de talud. Las oscilaciones leves de profundidad en el límite Naricual-Areo no están descartadas, pero en la sección tipo han sido eliminadas por tectonismo o están cubiertas; no obstante no existe evidencia de regresión a ambientes someros entre estas unidades y regionalmente en Venezuela norte-occidental y norte-central, lo que parece suceder es un avance de los mares en lugar de retroceso a finales del Oligoceno Tardío.

Perfiles de concentración

En las unidades NOR-1 y NOR-5, según la relación MnO/Fe_2O_3 es posible ver zonaciones o cambios resaltantes en esta relación, lo que podría traducirse en potenciales paleosuelos. De acuerdo a la relación MnO/Fe_2O_3 el % de Fe_2O_3 es más de 10 veces mayor al % de MnO aproximadamente, lo que estaría evidenciando un posible paleosuelo producto de un evento erosivo (THAMDRUP *et al.* 1994, BALISTRIERI *et al.* 1994).

El potencial redox del medio se puede establecer al comparar los contenidos de V y Ni, ya que estos están relacionados o se asocian a la fase orgánica de los sedimentos. En el intervalo a la profundidad de 1.685 m (OR-187) el V aumenta su concentración al igual que el Ni aunque levemente, lo que estaría asociado con el contenido orgánico del carbón (NICHOLLS 1968).

La relación Al_2O_3/K_2O, indica cambios de minerales de arcilla, dada que esta relación es consistente con la relación caolinita / illita, siendo la illita producto de la meteorización en climas cálidos a áridos, mientras que la caolinita es propia de climas tropicales húmedos (YARINCIK & MURRAY 2000). En el caso de la sección río Orégano esta relación evidencia el

dominio de caolinita a lo largo de la secuencia, aseveración que encuentra sustento en trabajos de difracción de rayos X y petrografía realizados por GEDLER (comunicación personal 2002) y SOCAS (1991) tanto en la sección tipo como en la sección río Orégano, donde se observa una mayor influencia de caolinita dentro de los minerales de arcilla.

Estadística univariante

Al cotejar ambas secciones, mediante los histogramas y diagramas de caja se observa un comportamiento muy similar, donde los componentes mayoritarios y elementos traza indican según su asociación distintos litotipos. Por ejemplo el histograma de Al_2O_3, muestra una distribución bimodal, explicable por la presencia de lutitas altas en Al_2O_3 y areniscas bajas en Al_2O_3. Mientras que para el SiO_2 en la sección río Orégano el comportamiento multimodal indica el predominio de areniscas altas en SiO_2 (>85%) sobre otro grupo de areniscas cuarzosas, además se puede inferir otro grupo menor conformado por lutitas altas en SiO_2. El resto de los componentes mayoritarios y elementos traza presentan en general un comportamiento muy parecido (comportamiento unimodal con sesgo +).

A partir de los diagramas de dispersión se obtuvieron los siguientes % de confiabilidad para los coeficientes de correlación de las secciones del río Orégano y tipo.

Tabla 5.41. Coeficientes y porcentaje de confiabilidad de la Formación Naricual a partir de diagramas de dispersión.

	sección río Orégano			**sección tipo**	
Confiabilidad	**Arenisca**	**Lutita**	**Limolita**	**Arenisca/ Limolita**	**Lutita**
C > 99%	53%	59%	77%	19%	51%
95% ≤ C < 99%	5%	10%	5%	7%	11%
C < 95%	42%	31%	18%	74%	38%

En resumen, se puede decir que se tiene mayor correlación lineal en las litologías argiláceas de limolitas y lutitas que para las areniscas y mezclas de areniscas con limolitas. Es evidente que la disparidad existente de los coeficientes de correlación de confiabilidad >99 %, tanto para la sección río Orégano como para la sección tipo, indican que posiblemente ambas secuencias tuvieron distintas fuentes de aporte de sedimentos.

SOCAS (1991) reporta la presencia de fragmentos de roca de origen metamórfico y volcánico en la sección tipo, los cuales pueden provenir del cratón de Guayana y en menor cantidad de la cordillera de los Andes (CLAYTON *et al.* 1999).

Estadística multivariante

En cuanto al análisis de agrupaciones en la sección río Orégano, a manera general se puede decir que los grupos químicos definidos con el dendrograma coinciden en general con las unidades químicas propuestas independientemente a través de los perfiles, ocurriendo desfases en los límites de las unidades NOR-4 y NOR-5. Estas diferencias podrían deberse a que los cambios químicos observados en los perfiles son muy sutiles, producto de la heterogeneidad de la sección, que encuentra soporte en la descripción litológica detallada presentada en la tabla VII.2 (Apéndice VII) donde se muestra que se trata en general de una secuencia heterolítica.

En la sección río Orégano, las funciones discriminantes se utilizaron para diferenciar litologías, litofacies y unidades químicas. Con este método los tres tipos litológicos (areniscas, lutitas y limolitas) reportan un 91% de acierto en la clasificación, lo que indica una buena discriminación.

A manera de comprobar la técnica de clasificación química de rocas sedimentarias de HERRON (1987) para esta zona, ya planteadas en capítulos anteriores (Figuras 5.21 y 5.40), se utilizaron las funciones discriminantes con las litologías clasificadas en el esquema, obteniéndose un 88% de acierto en la discriminación de dichas litologías, con lo cual se validan los resultados derivados del esquema definido por el autor. Sin embargo existe el solapamiento de las lutitas-Fe y las arenitas-Fe y algunas cuarzoarenitas, pero se piensa que la importancia de este esquema radica en la diferenciación de los sedimentos argiláceos de las areniscas, cosa que no es fácil sin análisis petrográficos previos.

Se utilizaron dos sistemas de litofacies para discriminar la secuencia, siendo la planteada por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001), la que reportó un porcentaje de acierto mayor (61,7 %). Este resultado es bajo y puede radicar en el hecho de que la litología es muy variable dentro

de la secuencia, existiendo frecuentes mezclas e intercalaciones de litotipos en distancias cortas.

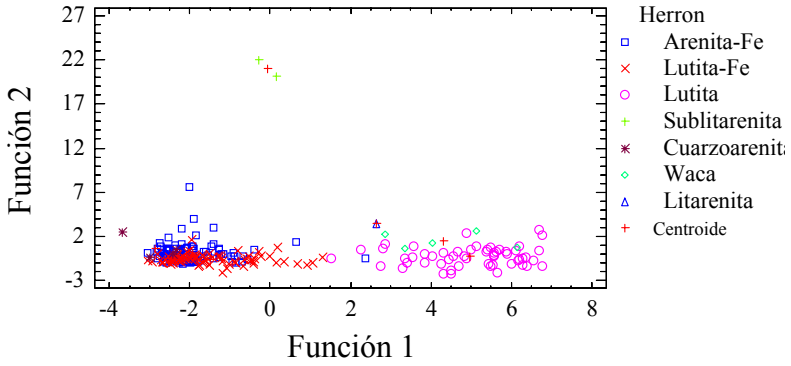


Figura 5.40. Diagrama de las funciones discriminantes de litología según el sistema de clasificación de HERRON 1988).

En este trabajo se utilizaron también las funciones discriminantes para separar los subambientes planteados por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001) para la Formación Naricual, mediante la comparación que hacen con el delta de Mahakam (Indonesia). A través de la comparación con las litofacies identificadas, se proponen para esta zona dos de estos subambientes: Plano deltaico bajo y Frente deltaico. Adicionalmente se proponen en base a su asociación con las facies carbonosas un tercer subambiente de lagunas y marismas, ya propuesto por ARREAZA (2002). La discriminación de los grupos propuestos tuvo un acierto de 66 %, observándose que la mayor cantidad de muestras se ubica como perteneciente al ambiente de plano deltaico bajo, y es dentro de este grupo donde se observa la mayor cantidad de aciertos (73 %). Estos resultados se ven reflejados en la figura 5.41, donde se muestra el fuerte solape existente entre los ambientes propuestos por ANGULO & RODRÍGUEZ (2001).

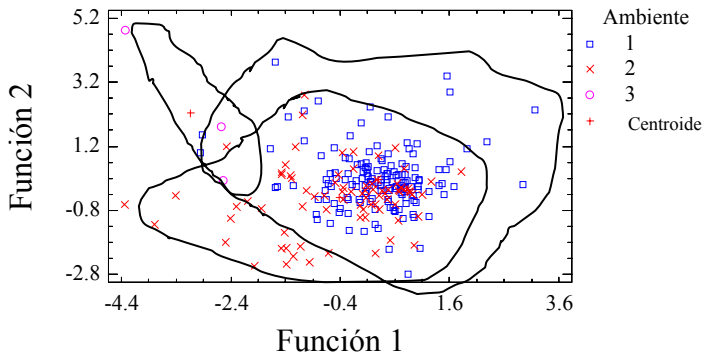


Figura 5.41. Representación gráfica de las funciones discriminantes de los ambientes planteados para la Formación Naricual en río Orégano (según ANGULO & RODRÍGUEZ 2001).(Leyenda: 1: plano deltaico bajo, 2: frente deltaico y 3: lagunas y marismas).

Comparación entre secciones

Se realizó además un análisis comparativo de las litologías entre la sección río Orégano y la sección tipo usando las funciones discriminantes, obteniéndose una separación por grupos entre las muestras recolectadas en las dos secciones, con un acierto de 92 %. Esto es indicativo de la variación en la composición química de una localidad a otra, lo cual puede interpretarse como variaciones en la naturaleza de la fuente de sedimentos de la cuenca.

Al comparar la sección río Orégano con la sección tipo, los resultados obtenidos no parecieran ser congruentes. Como primer paso se realizaron ensayos para catalogar muestras "desconocidas" de la sección río Orégano según las funciones discriminantes establecidas por ARREAZA (2002) para la sección tipo. Posteriormente se catalogaron muestras "desconocidas" de la sección tipo, según las funciones discriminantes establecidas por los suscritos para la sección río Orégano (Figuras 5.36 y 5.37). En el primer ensayo se muestra que existe una afinidad química de todas las muestras de la sección río Orégano con la unidad N3 definida en la sección tipo (Figura 5.36). En el segundo ensayo las muestras "desconocidas" de la sección tipo en su totalidad presentan una afinidad química a la unidad química NOR-5 de la sección río Orégano (Figura 5.37).

Debido a los factores anteriores se decidió comparar la sección río Orégano con la sección terciaria levantada por ARREAZA (2002), la cual incluye a las formaciones Areo, Jabillos,

Naricual y Capiricual. De estos resultados se obtuvo que en la sección río Orégano existen paquetes de muestras con afinidad química a la Formación Capiricual, intercalados con otros paquetes que resultan ser afines con la Formación Naricual.

Tabla 5.42. Tabla resumen de las interpretaciones generales de la Formación Naricual (sección río Orégano).

Unidad Química	Intervalo estratigráfico (m)	Litofacies asociada	Marcadores de 1er. orden	Asociación mineralógica propuesta	Composición de la fuente	Condiciones físico-químicas	Condiciones paleoclimáticas y/o ambientes sedimentarios
NOR-X	1.793 –1960	Facies arenosa Facies arcillosa		Cuarzo, Ox. de Fe, minerales de arcilla (illita, caolinita, clorita esmectita), bajo contenido de feldespatos	Según AGUASUELOS INGENIERIA (1991) para el Oligoceno se deposita al sur del corrimiento Pirital, las areniscas de la Formación Naricual, cuya fuente proviene predominantemente del cratón de Guayana y, en parte, de la plataforma meridional, todavía emergida por el efecto de la regresión del Eoceno superior. Por otra parte SCHLUMBERGER (1997) plantea la doble fuente de sedimentos para la Formación Naricual y sus equivalentes durante el Oligoceno, una ubicada hacia el norte proveniente de los frentes de corrimiento y otra hacia el sur, proveniente del cratón de Guayana. La fuente es de carácter metamórfico o ígneo extrusivo y de rocas sedimentarias preexistentes.	Condiciones oxidantes con alternantes y cortos períodos anóxicos, evidenciados por los cuerpos de carbón	Según VIVAS (1986), sugiere un ambiente de sedimentación masiva sobre una plataforma inestable la cual está sumergiéndose rápidamente y repetidamente, con alta tasa de sedimentación y evidencias de facies turbidíticas Las condiciones paleoclimaticas se asumen en base a la relación Al/K MURRAY & YARINCIK (2002), la cual es representativa de la relación caolinita/illita, y consistente con una fuente local fluvial tropical, la cual está enriquecida en caolinita. (climas húmedos)
NOR-5	1.540 – 1.793	Facies arenosa Facies heterolítica	SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, K_2O, Cr, Co, Zn, Rb, Sr y Pb.				
NOR-4	935 – 1.540	Facies arenosa Facies heterolítica	SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, CaO, K_2O, V, Co, Zn, Rb, Sr y Zr.				
NOR-3	700 – 935	Facies arenosa Facies heterolítica	SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, K_2O, V, Ni, Zn, Rb y Sr y Pb.				
NOR-2	363 – 700	Facies arenosa Facies heterolítica	SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, K_2O, Zn, Rb, Sr, Zr				
NOR-1	0 – 363	Facies arenosa Facies arcillosa	SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, K_2O, V, Co, Zn, Rb, Sr y Pb.				

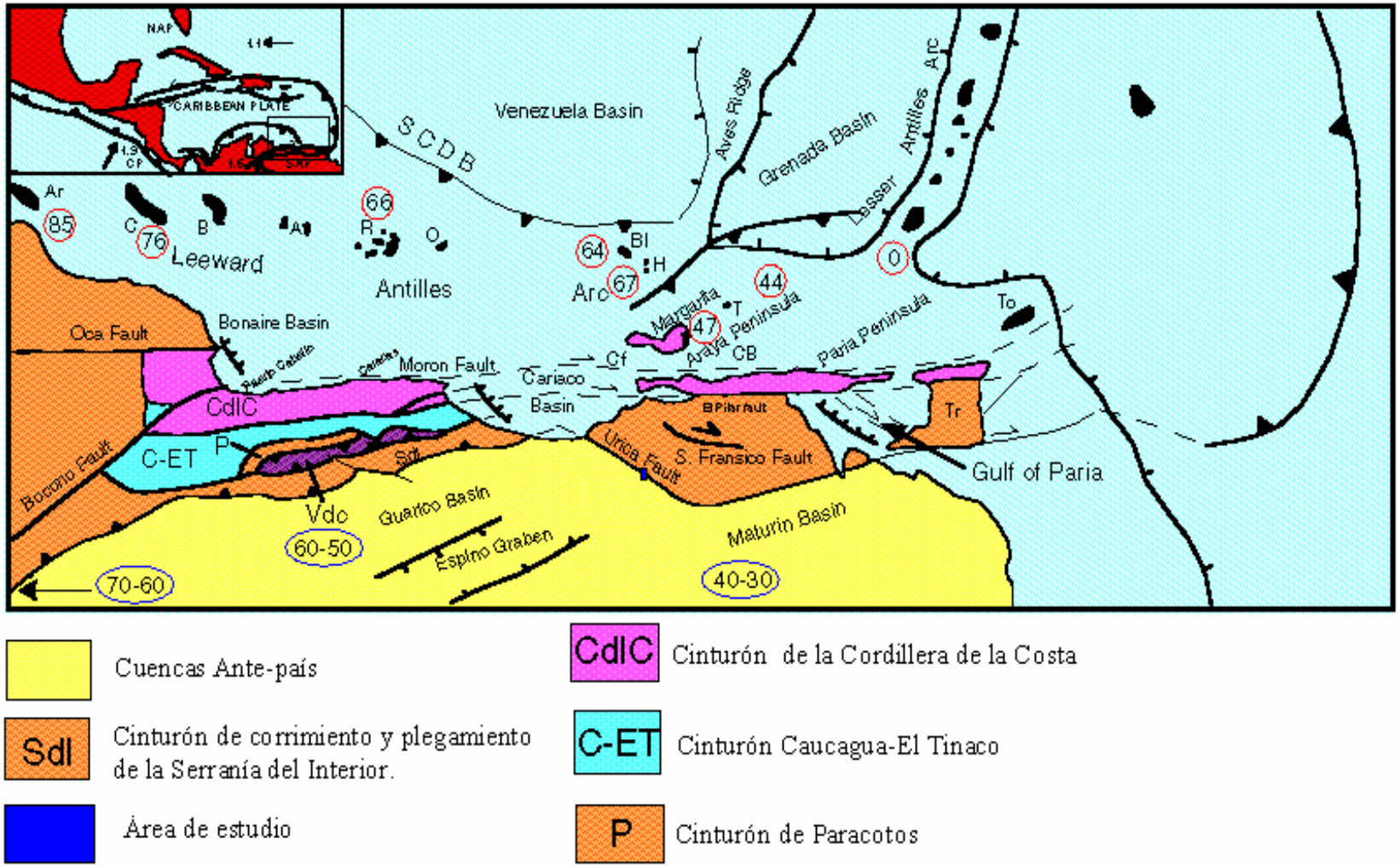


Figura 5.42. Mapa Oriental de Venezuela actual mostrando las cuencas Ante-país y los principales cinturones que dominan la zona.(Modificado de BELLIZZIA *et al*. 1990).

5.4. COMPARACIÓN ENTRE LAS FORMACIONES QUERECUAL Y NARICUAL

Para este propósito, se aplicó el método de funciones discriminantes para determinar las ecuaciones de las funciones que servirán para diferenciar las formaciones objeto del estudio. Una vez determinadas las funciones será posible ubicar una muestra de procedencia desconocida dentro del grupo de mayor afinidad química.

Debido a que el programa determina los coeficientes de n-1 funciones discriminantes (donde n es el número de grupos establecidos), se hizo la discriminación en función de tres grupos: Formación Querecual (sección Río de Oro), Formación Naricual (sección río Orégano) y Formación Areo (sección tipo). Las ecuaciones de las funciones discriminantes se presentan en el apéndice VIII.26:

Tabla 5.44. Tabla de clasificación de muestras según formaciones en las secciones levantadas por los suscritos y por ARREAZA (2002).

		Grupo de predicción		
Grupo actual	**Tamaño del grupo**	**Querecual**	**Areo**	**Naricual**
Naricual	235	0 (0%)	0 (0%)	235 (100%)
Areo	28	2 (7,1%)	26 (92,9%)	0 (0%)
Querecual	102	102 (100%)	0 (0%)	0 (0%)

99,5 % de casos correctamente clasificados

Las funciones determinadas discriminan las muestras con un alto porcentaje de aciertos (99,5%), lo cual se ve reflejado en la figura 5.43, donde existe una muy buena separación de los grupos, por lo cual es posible establecer campos o límites entre estos grupos.

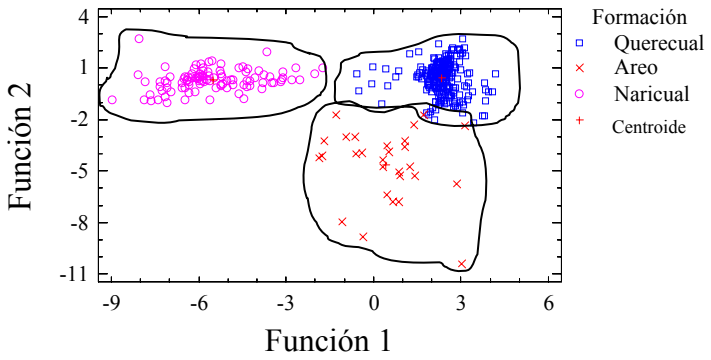


Figura 5.43. Representación gráfica de las funciones discriminantes para la separación de las formaciones Querecual y Naricual.

6. CONCLUSIONES

6.1. METODOLOGÍA

- A pesar de la toma de muestras de una manera sistemática de acuerdo al espesor total de las secuencias, tanto en la Formación Querecual (104 muestras con frecuencia cada 1 m) como la Formación Naricual (250 muestras con frecuencia cada 4 m), es evidente que la cantidad de cubiertos presentes en ambas secuencias representan un obstáculo o una limitación en el estudio e interpretaciones de las variaciones químicas, ya que como se ha mostrado en estudios anteriores la técnica de análisis químico es más resolutiva y confiable a mayor espesor y a mayor frecuencia en la toma de muestras, debiendo existir una continuidad en dicho muestreo.

- El acopio de las muestras en la fase de campo debe ser de aproximadamente 500 grs para poder tomar una porción homogénea y representativa de la roca, y luego poder realizar el análisis químico. Este análisis químico realizado consistió en la medición de las concentraciones (% en peso) de los componentes mayoritarios SiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO y K_2O, y de los elementos traza (medidos en ppm) V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Rb, Sr, Zr, Mo, Hg y Pb, mediante espectrometría por fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (FRX-DE).

6.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

6.2.1. Formación Querecual

- La Formación Querecual, en la sección Río de Oro, está compuesta por intercalaciones de calizas laminadas y lutitas calcáreas con alto contenido de materia orgánica. Estas características reflejan condiciones de baja energía. El tema de la batimetría ha sido muy discutido por varios autores, YORIS (1989), entre otros estiman un ambiente pelágico, ubicado en la parte media e inferior de un talud; mientras que PAREDES *et al.* (1998) y MÉNDEZ (1989) sugieren profundidades más someras, pudiendo corresponder con un ambiente nerítico medio a externo (plataformal).

- Las condiciones anóxicas bajo las cuales se sedimentaron las Formaciones La Luna y Querecual ocurrieron como consecuencia de la interacción de factores de larga duración geológica que incluyen variaciones en la zona mínima de oxígeno y productividad primaria como respuesta a cambios eustáticos, influenciados por la subsidencia térmica de la cuenca y por la ocurrencia del evento anóxico oceánico anteriormente mencionado (MÉNDEZ 1989, PÉREZ INFANTE & PACHECO 1997).

- Se definieron 5 unidades químicas en la sección Río de Oro. Dichas unidades reflejan las condiciones fisico-químicas que controlaron la sedimentación de la secuencia, y sus límites tienden a coincidir con cambios en estas condiciones. Las unidades QDO-1, QDO-2 y QDO-3, ubicadas hacia la base de la secuencia reflejan condiciones de alta anoxicidad y bajo aporte de material detrítico, con rocas de composición altamente carbonática. Las unidades suprayacentes QDO-4 y QDO-5 indican condiciones más oxigenadas y con un aporte ligeramente mayor de clásticos que dificultaron la preservación de la materia orgánica.

- El límite de las unidades QDO-3 y QDO-4 marca el cambio de las condiciones de oxigenación, y marca además el punto máximo del evento transgresivo: una superficie de máxima inundación (MFS). La parte inferior de este límite (unidades QDO-1 a QDO-3) corresponde con un sistema transgresivo de segundo orden (TST), mientras que la parte superior corresponde con un sistema de alto nivel (HST), que abarca el intervalo Coniaciense-Santoniense (PÉREZ INFANTE & PACHECO 1997, PAREDES *et al.* 1998) (Figura 6.1).

- Por medio de las funciones discriminantes se propone simplificar la definición de las unidades químicas a un número de 4, donde las unidades QDO-2 y QDO-3 se integran dentro de una unidad en común (QDO-2*), los límites y extensión vertical de las demás unidades se mantiene sin alteración.

- La presencia de illita en la secuencia (determinada por análisis de DRX en otros trabajos y por la relación Al_2O_3/K_2O en los perfiles de concentración) es indicativa de meteorización en climas cálidos a áridos (YARINCIK & MURRAY 2000). A partir de estas interpretaciones propone que posiblemente climas cálidos pudieron dominar durante

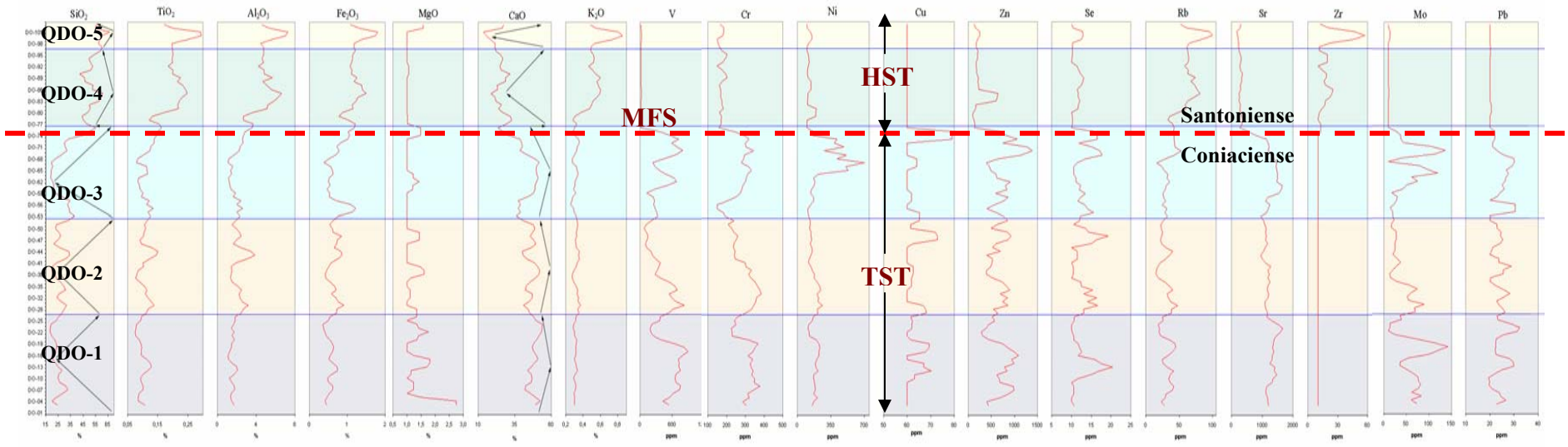


Figura 6.1. Interpretación estratigráfica secuencial realizada para la Formación Querecual (sección Río de Oro). MFS: Superficie de máxima inundación, HST: Sistema de alto nivel, TST: Sistema transgresivo de segundo orden. (Adaptado de PÉREZ INFANTE & PACHECO 1997 y PAREDES *et al.* 1998).

la fase de disgregación del material fuente depositado posteriormente en la cuenca.

- La sección Río de Oro tiende a ser más carbonática que la sección tipo, siendo las máximas concentraciones de CaO en ésta última de 47%, mientras que en Río de Oro alcanzan un 56%. Las concentraciones de V son menores en Río de Oro, a partir de lo cual se propone que el contenido de carbonatos tiende a disminuir hacia el oeste, mientras que la materia orgánica disminuye hacia el este de la región, acompañada por una somerización de la cuenca en esta dirección.

- El comportamiento relativamente inmóvil del Rb, K_2O y TiO_2 indican que estos componentes no sufrieron grandes alteraciones en el proceso sedimentario, a excepción de algunas variaciones en la naturaleza del material parental. Los dos primeros componentes presentan además una alta afinidad con la fase arcillosa, mientras que al TiO_2 se le asocia con la fracción clástica relativa a los minerales pesados.

- Las comparaciones efectuadas entre litologías de ambas secciones, sugieren variaciones laterales en la composición química del material fuente de una sección a otra (Figura 5.13). Se proponen además las siguientes litofacies para esta Formación, basadas en las variaciones químicas observadas en los perfiles de concentración (Figura 6.2):
  - Facies carbonática
  - Facies no carbonática
  - Facies carbonática con contenido clástico

- Las litofacies tienden a coincidir con los intervalos definidos para los ambientes sedimentarios. De esta forma la facies carbonática coincide con un ambiente marino de plataforma interna a externa, la facies carbonática con contenido clástico se asocia con un ambiente próximo costero, finalmente la facies no carbonática se presenta dentro de una transición entre el ambiente próximo costero y el ambiente bajo el cual se deposita la Formación San Antonio (Figura 6.2).

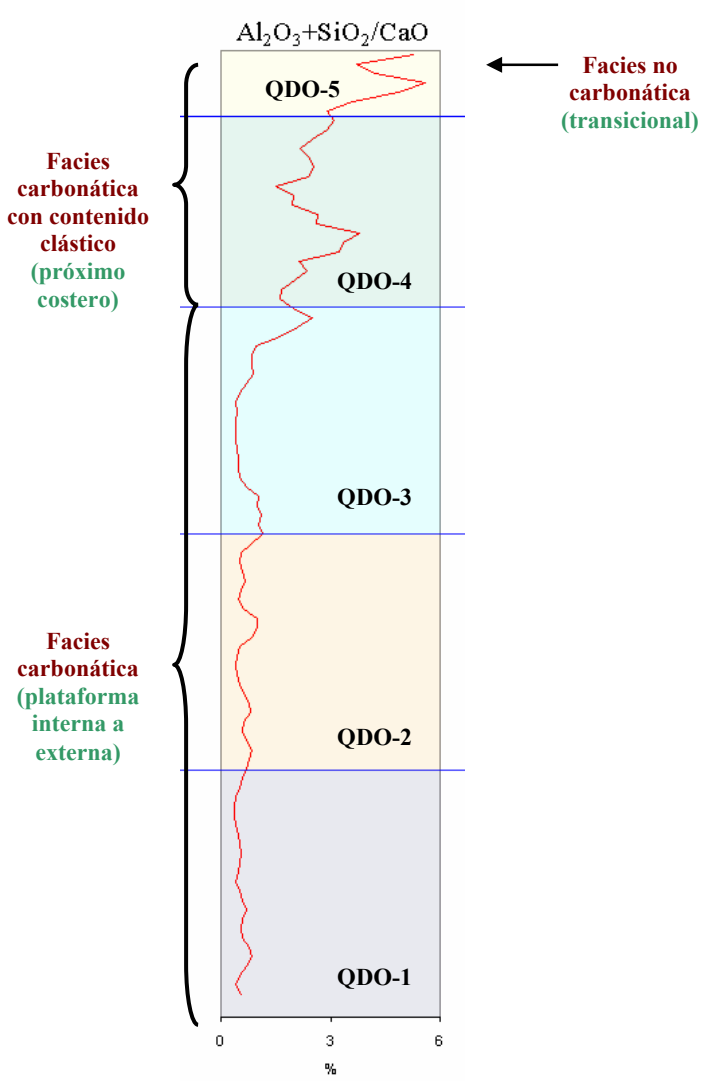


Figura 6.2. Distribución de las distintas litofacies determinadas en la sección Río de Oro (Formación Querecual) y los ambientes sedimentarios asociados.

➢ Las funciones discriminantes son útiles para establecer afinidades químicas entre las dos secciones sujetas a comparación, sin embargo es necesario complementar con información geológica estratigráfica y con perfiles de concentración para llevar a cabo una correlación precisa entre las dos secciones. De esta forma se propone como nivel de correlación el límite entre las unidades QDO-3 y QDO-4 de la Sección Río de Oro con el límite entre las unidades Q3 y Q4 de la sección tipo (Figura 5.17).

6.2.2. Formación Naricual

- En la sección río Orégano se han establecido 5 unidades químicas gracias a los perfiles químicos que despliegan variaciones características, lo cual permite la delimitación de éstas. Hacia el tope existe un intervalo NOR-X, el cual no fue definido como unidad química, ya que no cumple con el criterio utilizado, al no observarse marcadores de primer orden (deflexiones significativas en varios elementos, al mismo nivel estratigráfico). Sin embargo para el análisis multivariante este intervalo fue tomado como una unidad distinta.

- Las relaciones entre elementos resultaron de apoyo en la caracterización química de la secuencia. Un ejemplo de esto se puede observar en la unidad NOR-1 y NOR-5, donde gracias a la relación MnO/Fe_2O_3 es posible ver cambios resaltantes en el perfil químico, traduciéndose esto en potenciales paleosuelos (THAMDRUP *et al*. 1994, BALISTRIERI *et al*. 1994). La relación Al_2O_3/K_2O también resultó beneficiosa, ya que se pudo observar que la secuencia presenta un mayor dominio de caolinita, producto de la meteorización en climas tropicales húmedos.

- El uso de esquema de HERRON (1987) para clasificación de sedimentos terrígenos resultó satisfactorio al compararlo con la descripción macroscópica de muestras, dado que el método discrimina adecuadamente los sedimentos argiláceos de las areniscas, lo cual a veces no resulta fácil a priori visualmente.

- Los diagramas de dispersión indicaron que existe una mayor correlación lineal para las litologías argiláceas que para las areniscas y mezcla de areniscas y limolitas. Por otra parte la disparidad en los coeficientes de correlación de alta confiabilidad para ambas secuencias indica que las dos secciones tuvieron distintas fuentes de aporte de sedimento, hecho reflejado también en los ensayos de funciones discriminantes realizados sobre litologías de ambas secciones (Figura 5.34) . Además se puede decir que los buenos ajustes de las líneas de regresión están en función de la litología y de las combinaciones de elementos relacionados a ésta. De esta forma, elementos con afinidades químicas similares muestran buenos índices de

correlación, como es el caso del Al_2O_3, TiO_2, K_2O, Rb y V, los cuales presentan un comportamiento relativamente inmóvil ante los procesos sedimentarios.

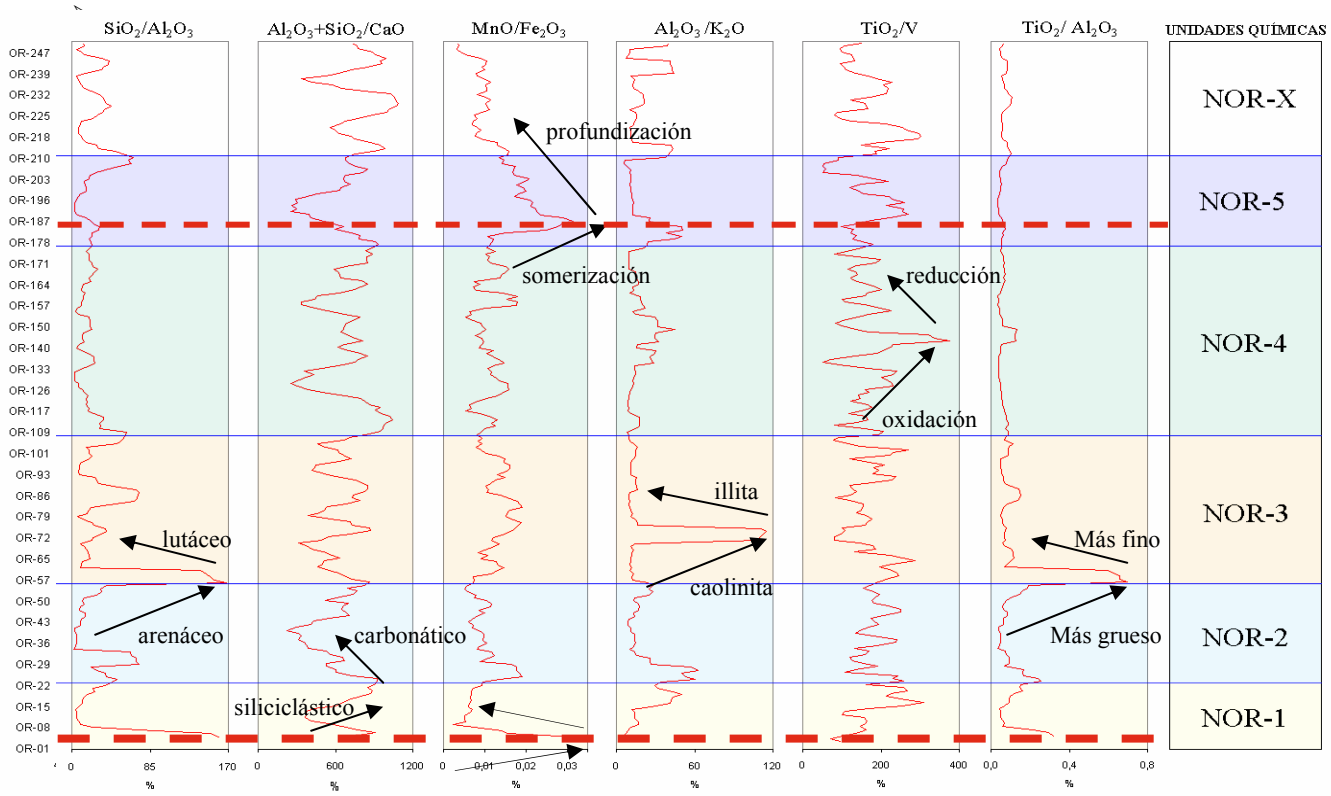


Figura 6.3. Utilidad de las relaciones elementales químicas en las interpretaciones de la sección río Orégano. En rojo, los niveles interpretados de exposición.

➢ Las funciones discriminantes no generaron resultados aceptables en la comparación entre las dos secciones estratigráficas de la Formación Naricual. La sección tipo es químicamente similar a la unidad química OR-5 de río Orégano, mientras que ésta última presenta una afinidad química con la unidad N3 de la sección tipo. Aún cuando ambas secciones se presumen completas, estos resultados apuntan la necesidad de investigar más a fondo otras características que pudieran discriminarlas mejor. Aspectos como el que la sección tipo no se presenta de manera continua o que la sección río Orégano presenta cierto grado de complejidad estructural, pudiera estar repercutiendo en los resultados anteriores.

6.2.3. Comparación entre formaciones

➢ Se establecieron funciones discriminantes que sirven para clasificar una muestra desconocida entre las formaciones Querecual y Naricual. Las ecuaciones de estas funciones y los campos que permiten diferenciarlas se presentan en la tabla VIII.26 (Apéndice VIII.2).

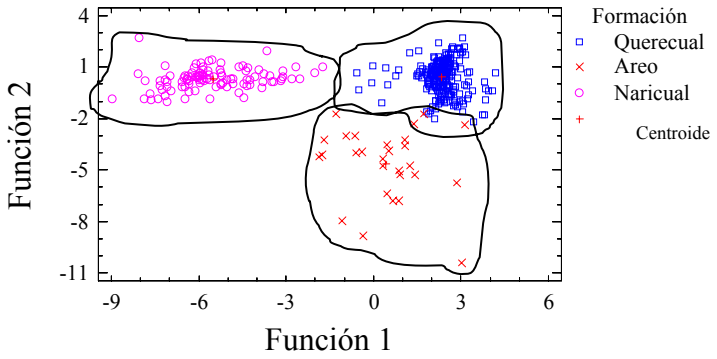


Figura 6.4. Representación gráfica de las funciones discriminantes para la separación de las formaciones Querecual y Naricual.

6.3. GENERALES

➢ La estadística descriptiva resulta ser una herramienta importante para observar las diferencias entre secciones, litotipos, y quimiofacies sobre todo al utilizar promedios, medianas, así como también desviación estándar para cada una de las variables químicas.

➢ Los diagramas de caja y los histogramas resultaron beneficiosos en la comparación entre secciones, constituyendo un factor de apoyo a los análisis. Estos métodos resultaron eficaces en el establecimiento de semejanzas y diferencias químicas y litológicas existentes entre las secciones estratigráficas.

➢ El análisis de agrupaciones representa un apoyo a la definición de unidades químicas ya que los límites entre unidades y grupos generados por el dendrograma se corresponden bien. Este método por tanto es una herramienta de apoyo para interpretar las variables

detectadas dentro de la secuencia y que en conjunto con otros estudios resulta beneficioso en la identificación de intervalos o grupos con características químicas distintas.

- Las funciones discriminantes resultan de gran utilidad al poder diferenciar quimiofacies, litología, litofacies y paleoambientes. Los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos mejoran si se simplifican las categorías dentro de la variable independiente, y aún más si se dispone de la mayor cantidad posible de variables químicas (incluyendo relaciones entre elementos), ya que al haber mayor información, la discriminación es más precisa.

6.4. RECOMENDACIONES

- Realizar e integrar análisis petrográficos, sedimentológicos y de difracción de rayos X, para tener mejor control de los cambios litológicos y obtener relaciones entre la mineralogía, estableciendo mejor los límites entre las litofacies y entre las unidades químicas ya descritas en este trabajo.

- Realizar análisis de espectrometría Gamma en la secciones estudiadas, para corroborar las unidades químicas establecidas con componentes mayoritarios y elementos traza, y ver si los resultados de funciones discriminantes se optimizan al añadir más variables dentro del sistema.

- Hacer estudios de caracterización química en otras secciones de las formaciones Querecual y Naricual ubicadas en zonas intermedias o cercanas a las zonas ya estudiadas, con el fin de ajustar con más precisión la correlación entre las mismas y así presentar un estudio a nivel más regional.

- Realizar estudios de caracterización química en las formaciones adyacentes a las formaciones Naricual y Querecual en las secciones de río Orégano y Río de Oro respectivamente, a fin de realizar la correlación de las mismas con las de las secciones levantadas por ARREAZA (2002).

7. BIBLIOGRAFÍA

Abreviatura: UCV-EG = Trabajo especial de grado, Departamento de Geología, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Inédito.

AGUASUELOS INGENIERÍA. 1991. *Mapa y Corte geológicos entre los caseríos Manacal y Voladero, estado Monagas.* Escala 1:25.000.

AI-GAILANI M. B. 1980. Geochemical identification of unconformities using semi-quantitative x-ray fluorescence analysis. *Journal of sedimentary petrology.* 50 (4): 1261-1270.

ALBERTOS A. 2001. *Caracterización química y radiométrica de una sección del subsuelo al Noreste y Sureste de Barinas, Formaciones Gobernador, Masparrito y Pagüey, estado Barinas.* Tesis de Magíster, Departamento de Geología, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Inédito. 204 p.

ANGULO S. & J. RODRÍGUEZ. 2001. *Estudio sedimentológico de la Formación Naricual en los campos Carito Norte y Oeste, al Norte del estado Monagas*. UCV-EG, 271 p.

ARREAZA C. 2001. *Caracterización química de las formaciones Naricual y Querecual en sus localidades tipo, estado Anzoátegui.* PDVSA, Informe interno,15 p.

BALISTRIERI L. S., J. W. MURRAY & B. PAUL. 1994. The geochemical cycling of trace elements in a biogenic meromictic lake. *Geochimica et Cosmochimica Acta,* 58: 3993-4008.

BELLANCA A., J. P. CALVO, R. NERI & E. MIRTO. 1995. Lake margin carbonate deposits of Las Minas Basin, Upper Miocene, southeastern Spain. A sedimentological and geochemical aproach to the study of lacustrine and palustrine paleoenviroments. *Miner. Petrogr. Acta*, (38): 113-128.

BELLIZZIA A. & C. BELLIZZIA. 1959. Geología y Reservas de la cuenca carbonífera de Naricual, estado Anzoátegui. *Mem. III Cong. Geol. Venezolano*, Caracas (4):1569-1606.

BOGGS, S. 2001. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. Third Edition. New Jersey Prentice Hall, 726 p.

BRICEÑO H., A. CALLEJÓN & R. LANDER. 1996. Caracterización de quimiofacies en rocas Cretáceas del área sur del estado Táchira, Venezuela occidental. *AAPG Bulletin*. 80(8):1276.

BRICEÑO H. & A. CALLEJÓN. 2000. Chemostratigraphic correlation of the source rock in the La Luna – K/T (!) petroleum system in southwestern Venezuela. En: *Research conference. Paleogeography and hidrocarbon potential of the La Luna Formation and related cretaceous anoxic system.* SEPM, Caracas, Edición en CD.

BUSTAMANTE B. 1984. *Estudio geológico de una zona ubicada en los alrededores de San Antonio de Maturín, estado Monagas.* UCV-EG, 331 p.

CAMPOS V., R. LANDER & S. DE CABRERA. 1985. Evolución Estructural en el Noreste de Anzoátegui y su relación con el Norte de Monagas. *Mem. VI Cong. Geol. Venezolano*, Caracas, (4): 2397-2414.

CAMPOSANO L. 2002. Resultados integrados realizados para optimizar las mediciones con el espectrómetro de fluorescencia de rayos x por energía dispersiva NITON XL-722S. Informe para el Laboratorio de Difracción y Fluorescencia de rayos X, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. 47 p.

CANAVOS, G. 1988. *Probabilidad y Estadística: aplicaciones y métodos.* Madrid, Mc. Graw-Hill, 651 p.

CHEVALIER Y. 1993. *A cross section from the oil-rich Maturin Sub-basin to Margarita Island. The Geodynamic relations between South American and Caribbean Plates. Tectonics and Stratigraphy.* Field Trip. APPG-SVG.

CHIOK M. 1985. Cretáceo y Paleógeno en el subsuelo del norte de Monagas. *Mem. VI Congreso Geológico Venezolano*, Caracas, 1:156-200.

CIEN–COMITÉ INTERFILIAL DE ESTRATIGRAFÍA Y NOMENCLATURA. 2001. *Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela.* Edic. PDVSA, Caracas.

CISNEROS O. & D. LÓPEZ. 1986. *Estudio Geológico de una región ubicada al oeste de San Antonio de Maturín, estado Monagas.* UCV-EG, 110 p.

CLAYTON T., R. B. PEARCE & L. C. PETERSON. 1999. Indirect climatic control of the clay mineral composition of Quaternary sediments from the Cariaco basin, northern Venezuela (OPS Site 1002). *Marine Geology.* (161):191-206.

CORADOSSI N., A. ROMAGNOLI, O. VASELLI & A. BERTINI. 1991. Mineralogy and geochemistry at the Miocene/Pliocene boundary in the Maccarone stratigraphic sequence (Marche, central Italy). *Miner. Petrogr. Acta*, (34): 13-25.

CRAIGIE N., A. HUGHES, J. VALENTINE & M. DIX. 2000. Applications of Chemostratigraphy. http://www.pesgb.org.uk/lecture/olsepabd.htm.

CULLERS R. L. 2000. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies. *Lithos*, 51: 181-203.

DAVIS J. C. 1973. *Statistics and Data Análisis in Geology.* New York, Wiley and Sons, 550 p.

DE SISTO J. 1972. Geología del Campo La Vieja. *Mem., IV Congreso Geológico Venezolano*, Caracas, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 5(5):2572-2592.

DI GIACOMO E. 2002. *Palinoestratigrafía de 4 muestras de la sección río Orégano*, Caracas, PDVSA Exploración y Producción, informe inédito, 4 p.

DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1963. Hoja 7345: Santa Inés. Mapa topográfico, escala 1:100.000.

DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1964. Hoja 7446-III-SE. Mapa topográfico, escala 1:25.000.

DIXÓN W. 1957. *Introducción al análisis estadístico*. Madrid, McGraw – Hill, Ediciones Castillo, 489p.

DUTTER R. 1996. http//:www.statistik.tuwien.ac.at/public/dutt/linge/node40.html

EDITORIAL DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO. 1997. *Atlas de Venezuela.* Caracas. 192 p.

ERLICH R., S. PALMER & M. LORENTE. 2000. Geochemical characterization of oceanographic and climate changes recordered in upper Albian to lower Maastrichtian strata, western Venezuela. En: *Research conference. Paleogeography and hidrocarbon potential of the La Luna Formation and related cretaceous anoxic system*. SEPM, Caracas, Edición en CD.

EVANOFF J. 1951. Geología de la región de Altagracia de Orituco (carta No. 2507), estado Guárico. *Bol. Geol*., Caracas, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 1(3):237-259.

FRALICK P. & KRONBERG. 1997. Geochemical discrimination of clastic sedimentary rock sources. *Sedimentary Geology*, 113: 111-124.

GAILANI A. 1980. Geochemical identification of unconformities using semi-quantitative x-ray fluorescence analysis. *Journal of Sedimentary Petrology.* 50 (4): 1261-1270.

GARBÁN G., L. LÓPEZ, S. LO MÓNACO & A. LIRA. 1997. Condiciones Paleoambientales de sedimentación en la Formación Querecual, edo. Anzoátegui, Venezuela. *Mem. VIII Cong. Geol. Venezolano*, Porlamar, (1):303-310.

GEA Instituto de Geología Económica Aplicada. 2000. Universidad de Concepción. INTERNET. http:// www.udec.cl/gea/esp/laboratorios.html.

GUILLAUME H. A., H. M. BOLLI & J. P. BECKMAN. 1972. Estratigrafía del Cretácico Inferior en la Serranía del Interior, Oriente de Venezuela. *Mem. Bol. Geol.*, Caracas, Publicación Especial Nº 5, 3:1619-1655.

GONZÁLEZ, L. & G. SÁNCHEZ. 2001. *Caracterización geoquímica y radiométrica de dos secciones estratigráficas de la Formación La Luna, en el estado Táchira.* UCV-EG, 230 p.

GONZÁLEZ DE JUANA C., J. ITURRALDE DE & X. PICARD. 1980. *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas.* Caracas, Ed. Foninves, 2 tomos. 1021p.

GONZÁLEZ DE JUANA C. & S. E. AGUERREVERE. 1938. Informe geológico de parte de los depósitos de carbón del río Naricual. *Bol. Geol. y Min*, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Caracas, 2(1):5-32.

HARBAUGH J. & MERRIAM. 1968. *Computer applications in stratigraphic analysis.* John Wiley and Sons Inc., New York/London/Sydney, 282 p.

HAY J. & R. AYMARD. 1977. El Cretáceo en el subsuelo de Anzoátegui y parte de Monagas, cuenca de Venezuela oriental. *Mem. V Congreso Geológico Venezolano*, 4:1557-1574.

HEDBERG H. D. 1937. Estratigrafía de la sección del río Querecual en el noreste de Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Geol. Y Min.*, Caracas, 1(2-4): 253-265.

HEDBERG H. D. 1950. Geology of the eastern Venezuela basin (Anzoátegui-Monagas-Sucre-eastern Guárico portion). *Geol. Soc. Am. Bull.*, 61(11): 1173-1216.

HEDBERG H. D. & A. PYRE. 1944. Stratigraphy of northeastern Anzoátegui, Venezuela. *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, 28(1):1-128.

HERRON M. 1988. Geochemical Classification of Terrigenous Sands and Shales from core or Log Data. *Journal of Sedimentary Petrology*, 58(5): 820-829.

HILL P. 1990. Vertical distribution of elements in Deposit No. 1, Hat Creek, British Columbia: a preliminary study. *International Journal of Coal Geology*, (15): 77-111.

INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. 2001. *Mapa de muestras de rocas. Río Orégano, estado Anzoátegui.* Proyecto INGEOMIN-PDVSA-2000: Urica – Mundo Nuevo. Escala 1:25.000.

IRINO T. & T. F. PEDERSEN. 2000. Geochemical Character of Glacial to Interglacial Sediments at site 1017, Southern Californian Margin: Minor and Trace elements. En: *LYLE M., KOIZUMI L. & MOORE T. C. JR., Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, (167) : 263-271.

JOHNSON R. A. 1994. *Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Miller y Freund.* Quinta edición, México, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A, 630 p.

JORGENSEN N. 1986. Chemostratigraphy of upper cretaceous chalk in the Danish subbasin. *AAPG Bulletin.* 70 (3): 309-317.

KAUFFMAN L. & P. ROSSEEUAN. 1990. *Finding groups in data*. New York, John Wiley & Sons, 25 p.

LA MONTAGNE R. W., R. W MURRAY, K. –Y WEI, M. LEINEN & C. –H. WANG. 1996. Decoupling of carbonate preservation, carbonate concentration, and biogenic accumulation: A 400-kyr record from the central equatorial Pacific Ocean. *Paleoceanography*, 11(5): 553-562.

LIDDLE R. A. 1928. *The geology of Venezuela and Trinidad.* Texas, J. P. MacGowan, 552 p.

LIDDLE R. A. 1946. *The geology of Venezuela and Trinidad.* 2d edition. New York, Paleont. Res. Inst., 890 p.

LO MÓNACO, S. 2000. *Guías de Principios de Geoquímica*. Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias de la Tierra. Inédito. INTERNET. http// www.gea.ciens.ucv.ve/~slomonac

LU H., R. MATSUMOTO & Y. WATANABE. 2000. Data Report: Major Element Geochemistry of the sediments from site 997, Blake Ridge, Western Atlantic. *En: PAULL C. K., MATSUMOTO R., WALLACE P. J. & DILLON W. P., Proceedings of te Ocean Drilling Program, Scientific Results*, (164): 147-149.

MACSOTAY O., V. VIVAS, N. PIMENTEL & A. BELLIZZIA. 1985. Estratigrafía y tectónica del Cretáceo-Paleoceno de las islas al norte de Puerto la Cruz-Santa Fe y regiones adyacentes. Excursión. *VI Congreso Geológico Venezolano*, Caracas, 10:7125-7175.

MACSOTAY O., V. VIVAS & T. PERAZA. 1997. Inyectites as indicators of syn-tectonic activity in the Cretaceous-Paleogene sediments of Venezuela. *Mem. VIII Cong. Geol. Ven.,* (2):25-32.

MARQUEZ P. 1992. *Identificación de ambientes sedimentarios en el Miembro Naricual inferior de la Formación Naricual. Campo Furrial, estado Monagas*. Reválida en Ingeniería Geológica, Departamento de Geología, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Inédito. 74 p.

MARTÍNEZ HERRERA, A. 2001. *Identificación y Caracterización de Quimiofacies de la Formación Barco en la localidad de San Pedro del Río, estado Táchira.* Trabajo Especial de Grado, Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Inédito. 139 p.

MARTÍNEZ N. & L. CAMPOSANO. 2000. *Caracterización química y radiométrica de secciones estratigráficas de las formaciones Barco y Mirador, San Pedro del Río, estado Táchira.* UCV-EG, 245 p.

MASON, B. & MOORE, C. 1958. *Principles of Geochemistry.* New York, John Wiley and Sons, 310 p.

MATA BEJARANO, L. 2001. *Estudio Quimioestratigráfico de la Formación La Luna, estado Táchira.* Trabajo Especial de Grado, Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Inédito. 145 p.

MEDINA P. 1980. *Cretáceo en la Región de Boca de Río Chiquito, distrito Piar, estado Monagas.* UCV-EG, # p.

MÉNDEZ BAAMONDE, J. 1989. La Formación La Luna. Características de una cuenca anóxica en una plataforma de aguas someras. *Mem. VII Congreso Geológico Venezolano,* Barquisimeto, Tomo 2, p. 852-866.

MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS. 1956. Léxico Estratigráfico de Venezuela. 1era edición *Bol. Geol.* Publicación Especial, 728 p.

MIRÓ POPIC EDITOR. 1997. *Guía Vial de Venezuela.* Caracas, 308 p.

MURRAY R. W., M. LEINEN & A.R. ISERN. 1993. Biogenic flux of Al to sediment in the central equatorial Pacific Ocean: Evidence for increased productivity during glacial periods. *Paleoceanography*, 8(5): 651-670.

MURRAY R. W. & M. LEINEN. 1993. Chemical Transport to the Seafloor of the Equatorial Pacific Ocean across a latitudinal transect at 135ºW: Tracking Sedimentary major, trace, and rare earth element fluxes at the Equator and the Intertropical Convergence Zone. *Geochimia and Cosmochimia Acta*, (57): 4141-4163.

MURRAY R. W., M. LEINEN, D. W. MURRAY, A. C. MIX & C. KNOWLTON. 1995. Terrigenous Fe input and biogenic sedimentation in the glacial and interglacial equatorial Pacific Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 9(4): 667-684.

MURRAY R. W. & M. LEINEN. 1996. Scavenged excess aluminum and its relationship to bulk titanium in biogenic sediment from the central equatorial Pacific Ocean. *Geochimia and Cosmochimia Acta*, 60(20): 3869-3878.

MURRAY R. W., R. WIGLEY & SHIPBOARD SCIENTIFIC PARTY. 1998. Interstitial Water Chemistry of Deeply Buried Sediments from the Southwest African Margin: a preliminary synthesis of results from Leg 175. En: *WEFER G., W.H. RICHTER C. et al.: Proceedings of the Ocean Drilling Program*, (175) : 547-553.

MURRAY R. W., B. A. CHRISTENSEN, J. L. KALBAS & K. A. KRYC (sin fecha). Pliocene Export Production and Terrigenous Provenance of the Southern Cape Basin, Southwest African Margin. *In press, Marine Geology*.

MURRAY R. W., C. KNOWLTON, M. LEINEN, A. C. MIX & C. H. POLSKY. 2000. Export production and terrigenous matter in the Central Equatorial Pacific Ocean during interglacial oxygen isotope Stage 11. *Global and Planetary Change*, (24): 59-78.

MURRAY R. W., C. KNOWLTON, M. LEINEN, A. C. MIX & C. H. POLSKY. 2000. Export production and carbonate dissolution in the central equatorial Pacific Ocean over the past 1 Myr. *Paleoceanography,* 15(6): 570-592.

NITON CORPORATION. 1998. *300series & 700series User's Guide, Version 5.2.* Billerica, Massachusets.

PAREDES I., J. PÉREZ INFANTE, M. TORO MILANO, M. CARRILLO, A. RUGGIERO, F. LUNA, C. D. CABRERA, M. CASTRO, C. DE GUERRA, S. DE CABRERA, M. FURRER, M. GONZÁLEZ & N. MARCANO. 1998. *Caracterización y distribución de las facies roca madre cretácica de la Cuenca Oriental, Fase II.* Los Teques, PDVSA-Intevep, Informe técnico, 79 p.

PARNAUD F., Y. GOU, J. C. PASCUAL, I. TRUSKOWSKI, O. GALLANGO, H. PASSALACQUA & F. ROURE. 1995. Petroleum Geology of the Central Part of the Eastern Venezuela Basin. *AAPG Memoir,* (62): 741-756.

PEARCE, T. J. *Chemostratigraphy – A new tool for the correlation of ancient sequences.* www.chemostrat.co.uk/newtool.html.

PEARCE T. & I. JARVIS 1995. High resolution chemostratigraphy of quaternary distal turbidites: a case study of new methods for the analysis and correlation of barren sequences. En: *Non-biostratigraphical methods of datin and correlation. Geological Society special publication.* (89): 107-143.

PEARCE, T. J., B. M. BESLY, D. S. WRAY & D. K. WRIGHT 1999. Chemostratigraphy : a method to improve interwell correlation in barren sequences – a case study using onshore Duckmantian/Stephanian sequences (West Midlands, U.K). *Sedimentary Geology,* (124): 197-220.

PEINADO A. 2001. *Geoestadística Básica*. Caracas, Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED). Inédito, 232 p.

PEIRSON A. L. 1961. *Mapa D-10-D de Geología de Superficie.* Creole Petroleum Corporation, escala 1:50.000.

PEIRSON A. AL. 1965. Geology of north-central Venezuela. *Informe inédito*, Creole Petroleum Corporation, Corpoven, 337 p.

PÉREZ INFANTE J. & M. PACHECO. 1997. Variaciones Geoquímicas como herramientas en Análisis Secuencial: aplicación en la Formación Querecual, Cuenca Oriental de Venezuela. *Mem. VIII Cong. Geol. Venezolano*, Porlamar, (2):281-285.

PETERS J. L., R. W. MURRAY, J. W. SPARKS & D. S. COLEMAN. 2000. Terrigenous Matter and Dispersed Ash in Sediment from the Caribbean Sea: Results from Leg 165. En: *LECKIE R. M., SIGURDSSON H., ACTON G. D. & DRAPER G., Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results,* (165) : 115-124.

PETRÓLEOS DE VENEZUELA S.A. 1992. *Imagen Atlas de Venezuela.* Caracas, 271 p.

PETRÓLEOS DE VENEZUELA S.A. 2001. *Análisis mineralógico por difractometría de rayos X (semicuantitativo).* PGP / Capiricual. Proyecto Urica/Mundo Nuevo, 2 p.

REATEGUI PALOMINO, K. 2001. *Identificación e Interpretación de quimiofacies de la Formación Mirador en la localidad de San Pedro del Río, estado Táchira.* Trabajo Especial de Grado, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Inédito. 116 p.

REYMENT R. & H. HIRANO 1999. Exploratory multivariate statistical analysis of geochemical data from the Cenomanian-Turonian transition of the Yezo Supergroup, Hokkaido, Japan. *Cretaceous Research,* (20): 539-546.

ROD E. & W. MAYNC. 1954. Revision of Lower Cretaceous stratigraphy of Venezuela. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull*., 38(2): 193-283.

RODRÍGUEZ N., A. RUIZ & E. TUNDIDOR. 2000. *Caracterización química por Fluorescencia de rayos X y radioisotópica por espectrometría gamma multicanal de dos secciones estratigráficas de la Formación Guárico, El Pao, estado Cojedes.* UCV-EG, 265 p.

ROLO GONZÁLEZ R. 2001. *Estudio quimioestratigráfico de la Formación Carbonera, estado Táchira, (proveniencia y paleosalinidad)*. Trabajo Especial de Grado, Departamento de Geoquímica, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, 90 p.

ROSALES H. 1967. *Guía de la Excursión: Geología del área de Barcelona – río Querecual (estado Anzoátegui)*. Creole Petroleum Corporation, Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo.

ROSENWASSER S. *et al*. 2000. *Chemostratigraphy – the elemental solution using laser induced breakdown spectrometry.* Italia, 1st Internacional Conference on Laser Induced Plasma Spectroscopy and Aplications. 11 p.

SACKETT D & MARTIN K. 1998. *EPA Method 6200 and Field Portable X-ray Fluorescence*. Niton Corporation, USA. 10p.

SCHROEDER J. O., R. W. MURRAY, M. LEINEN, R. C. PFLAUM & T.R. JANECEK. 1997. Barium in equatorial Pacific carbonate sediment: Terrigenous, oxide and biogenic associations. *Paleoceanography*, 12 (1): 125-146.

SERVICIO AUTÓNOMO DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1993. Hoja 7345-I-SO: Boquerón. Mapa topográfico, escala 1:25.000.

SERVICIO AUTÓNOMO DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1993. Hoja 7245-I-NO: La Carata. Mapa topográfico, escala 1:25.000.

SERVICIO AUTÓNOMO DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1994. Hoja 7445-IV-NE: Voladero. Mapa topográfico, escala 1:25.000.

SHAO L., K. STATTEGGER & C-D GARBE-SCHOENBERG (sin fecha). Sandstone petrology and geochemistry of the Turpan Basin (NW China): Implications for the tectonic evolution of a continentel basin. 37-47 p.

SKOOG D., J. HOLLY & T. NIEMAN. 1992. *Principios de Análisis Instrumental.* 5ta edición. Madrid, Mc Graw-Hill, 1028 p.

SOCAS M. 1991. *Estudio Sedimentológico de la Formación Naricual, estado Anzoátegui.* UCV-EG, 302 p.

SPIEGEL M. 1988. *Estadística (Serie Schaum).* Madrid, Mc Graw- Hill, 532 p.

SUBIETA T., J. CARNEVALI & V. HUNTER. 1988. Evolución Tectonoestratigráfica de la Serranía del Interior y de la Subcuenca de Maturín. *Mem. III Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas.* (2): 549-578.

TALUKDAR S., O. GALLANGO & A. RUGGERO. 1986. Formación La Luna y Querecual de Venezuela: Rocas madres del petróleo. *Mem. VI Congreso Geológico Venezolano*, Caracas, 2:3606-3642.

THAMDRUP B. O., H. FOSSING & B. JORGENSEN. 1994. Manganese, iron and sulfur cycling in a coastal marine sediment, Aarchus Bay, Denmark. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, (58):5115-5129.

VIVAS, V. & W. ALARCÓN. 2001. *Columna Estratigráfica del Eoceno – Mioceno medio (Formaciones: Caratas - Los Jabillos – Areo – Naricual – Capaya - Carapita y Uchirito) en el río Orégano, estado Anzoátegui.* Proyecto Ingeomin – PDVSA – 2000-02: Urica – Mundo Nuevo. Escala 1: 2.500.

VIVAS V., A. BELLIZZIA & O. MACSOTAY. 1985. Deflexión de Barcelona: Rasgo Estructural primario en Venezuela Nororiental. *Mem. VI congreso Geológico Venezolano*, Caracas, ():2712-2739.

VIVAS V., O. MACSOTAY, M. FURRER & E. ALVAREZ. 1988. Inyectitas clásticas asociadas a desplomes en sedimentitas batiales del Cretácico superior de Venezuela Nor-Oriental. Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos, (34): 3-33.

WATANABE Y., R. MATSUMOTO & H. LU. 2000. Data Report: Trace element geochemistry of the Blake Ridge sediments at site 997. En: *PAULL C. K., MATSUMOTO R., WALLACE P. J. & DILLON W. P., Proceedings of te Ocean Drilling Program, Scientific Results,* (164): 151-163.

WEC VENEZUELA. 1997. *Evaluación de Pozos*. Schlumberger Surenco, C.A.

WINCHESTER J. & M. MAX. 1996. Chemostratigraphic correlation, structure and sedimentary environments in the Daldarian of the NW Co. Mayo inlier, NW Ireland. *Journal of the Geological Society*. (153): 779-801.

YARINCIK K. M. & R. W. MURRAY. 2000. Climatically sensitive eolian and hemipelagic deposition in the Cariaco Basin, Venezuela, over the past 578.000 years: Results from Al/Ti and K/Al. *Paleoceanography,* 15(2): 210-228.

YARINCIK K. M., R. W. MURRAY, T. W. LYONS, L. C. PETERSON & G. H. HAUG. 2000. Oxygenation history of bottom waters in the Cariaco Basin, Venezuela, over the past 578.000 years : Results from redox-sensitive metals (Mo, V, Mn, and Fe). *Paleoceanography*, 15 (6): 593-604.

YORIS F. 1985. Revisión de la estratigrafía del Cretáceo inferior al sur y este de la Serranía del Interior, Venezuela nororiental. *Mem. VI Congreso Geológico Venezolano,* Caracas, 2:1343-1393.

YORIS F. 1989. Consideraciones sobre la Formación Querecual de Venezuela Oriental (Notes on Querecual Formation, Eastern Venezuela). *Geos,* Caracas, (29): 126-138.

YORIS F. & E. NAVARRO. 1989. Ciclos de sedimentación de la sección Eoceno-Miocena del área del río Querecual y la Quebrada Carapita, estado Anzoátegui. *Geos*, Caracas, (29): 175.

YSACCIS R. 1995. *Terciary Evolution of the northeastern Venezuela offshore.* Houston, Rice University, Tesis doctoral, 285 p.

ZAPATA E. 1983. Manual de petrografía y diagénesis de rocas carbonáticas. *Geos*, Caracas, (28): 3-139.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGIA, MINAS Y GEOFISICA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS; FORMACIONES QUERECUAL Y NARICUAL, ESTADOS MONAGAS Y ANZOÁTEGUI

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE UNA SECCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FORMACIÓN QUERECUAL, UBICADA EN RÍO DE ORO (AL ESTE DE MUNDO NUEVO), ESTADO MONAGAS

MARZO, 2002

ESCALA VERTICAL: 1:250

0 5 10 15 m

NOGUERA, MARIELA
YÉPEZ, SANTIAGO

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE GEOLOGIA, MINAS Y GEOFISICA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

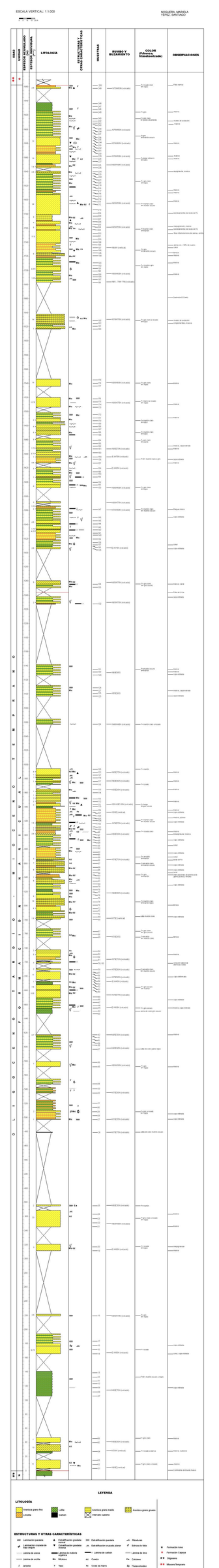
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS: FORMACIONES QUÉRECUAL Y NARICUAL, ESTADOS MONAGAS Y ANZOÁTEGUI

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE UNA SECCIÓN CORRESPONDIENTE A LA FORMACIÓN NARICUAL, UBICADA EN RÍO OREGANO (AL NORESTE DE SANTA INÉS), ESTADO ANZOÁTEGUI

ABRIL, 2002

ESCALA VERTICAL: 1:1.000

NOGUERA, MARISELA
YEPEZ, SANTIAGO



Modificado de MENG C.& ALARCON (2001)

APÉNDICE II

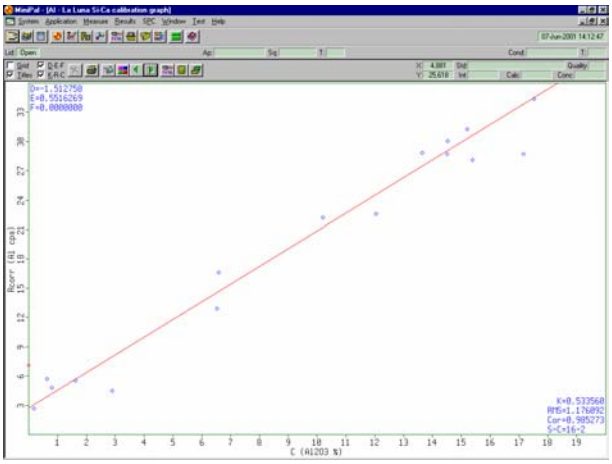
Patrones Internacionales y curvas de calibración con el equipo Minipal

(MARTÍNEZ & CAMPOSANO 2000)

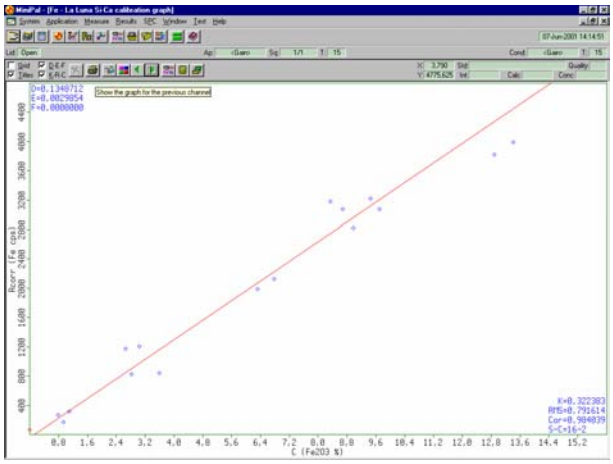
Patrones internacionales

ESTÁNDAR	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	MnO	SiO^2	TiO_2	V (ppm)
9	0,54	50,00	0,79	0,09	0,78	0	6,48	0	0
15	6,59	36,05	3,6	1,11	0,42	0	21,95	0	0
51	0,8	49,7	0,93	0,11	0,85	0	7,69	0	0
89	1,63	47,14	1,1	0,25	0,67	0	10,63	0	0
AGV1	17,15	4,94	6,77	2,92	1,53	0,09	58,84	1,05	121
BCR1	13,64	6,95	13,41	1,69	3,48	0,18	54,11	2,24	407
BR	10,2	13,8	12,88	1,4	13,28	0,2	38,2	2,6	235
CALCITA	0	56,00	0	0	0	0	0	0	0
DRN	17,52	7,05	9,7	1,7	4,4	0,22	52,85	1,09	220
DTS1	0,19	0,17	8,68	0,001	49,59	0,12	40,41	0,005	11
G2	15,39	1,96	2,66	4,48	0,75	0,03	69,14	0,48	36
GA	14,5	2,45	2,83	4,03	0,95	0,09	69,9	0,38	38
JB1	14,53	9,29	8,97	1,43	7,73	0,16	52,17	1,34	212
MICAMG	15,2	0,08	9,46	10	20,4	0,26	38,3	1,63	90
SGR1	6,52	8,38	3,03	1,66	4,44	0,034	28,24	0,264	128
SYENITE2	12,04	7,96	6,31	4,45	2,69	0,32	60,11	0,15	50
UBN	2,9	1,2	8,34	0,02	35,21	0,12	39,43	0,11	75

Curvas de calibración para cada componente (GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001)

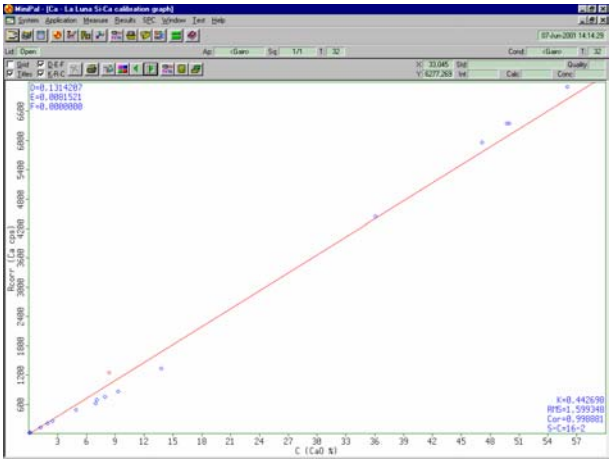


% Al_2O_3

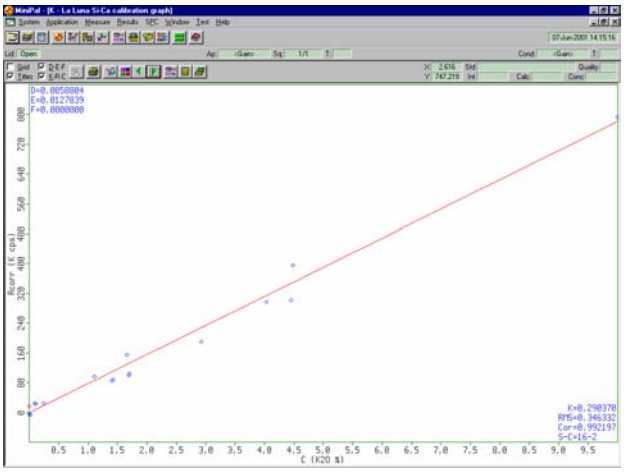


% Fe_2O_3

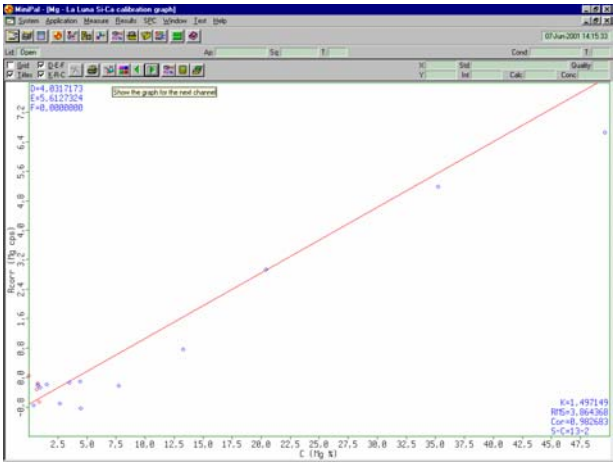
Curvas de calibración para cada componente (continuación)



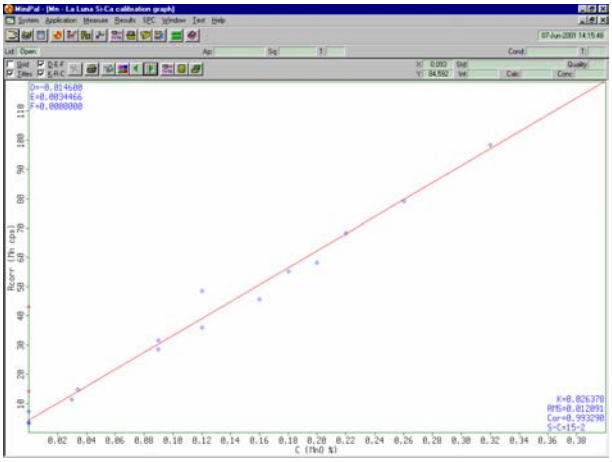
% CaO



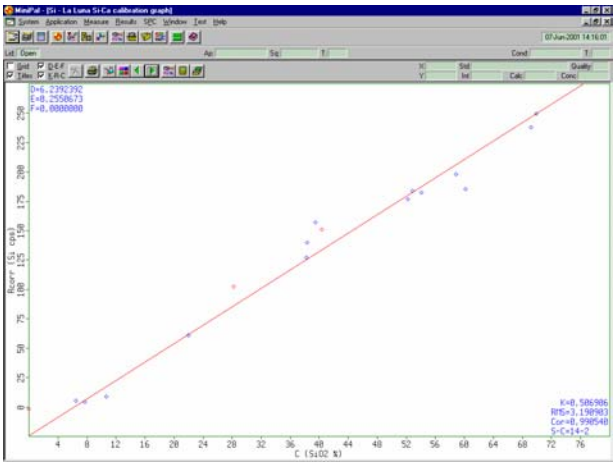
% K_2O



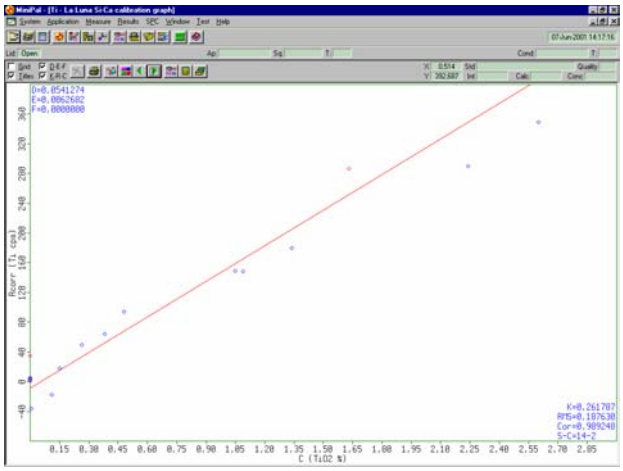
% MgO



% MnO

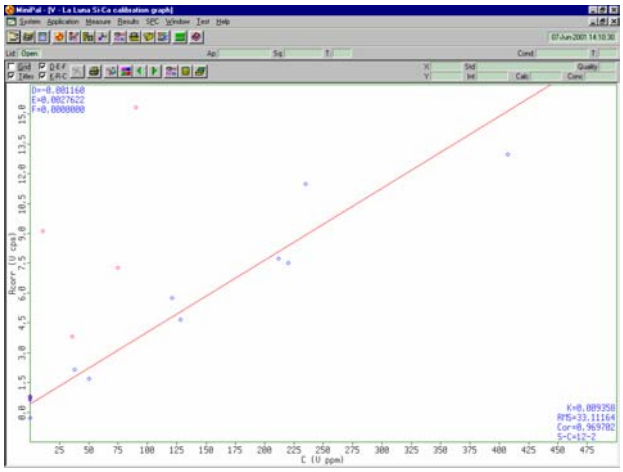


% SiO_2



% TiO_2

Curvas de calibración para cada componente (continuación)



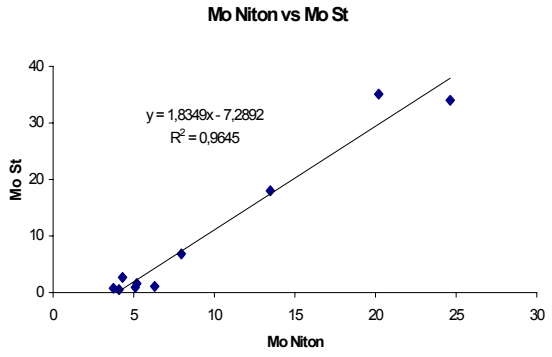
ppm V

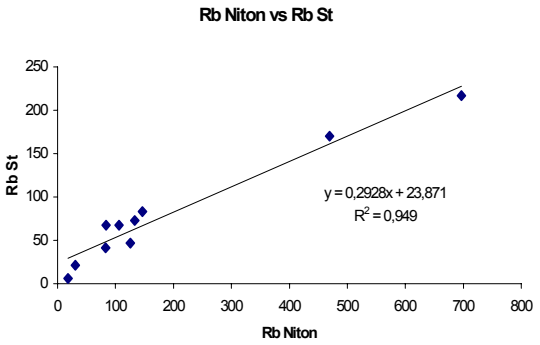
APÉNDICE III

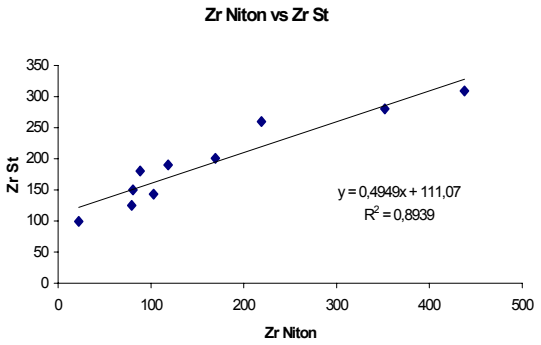
Comparación de resultados de los patrones internacionales analizados (negro) y los valores estándar (rojo) de sus concentraciones (elementos traza) (CAMPOSANO 2001).

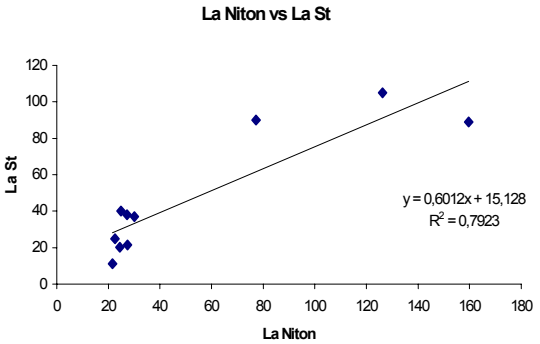
MUESTRA	Mo	Mo	Zr	Zr	Sr	Sr	Rb	Pb	Zn	Zn	Cu	Cu
DRN	<5	1	79	125	351	400	134	55	157	145	55	50
SGR1	20	35	<5	53	280	420	147	38	63	74	57	66
AGV1	<4	3	109	227	446	662	106	36	61	88	<40	60
G1	8	7	169	201	227	248	389	46	41	45	<33	12
G2	<6	1	438	309	203	478	470	30	89	86	<43	11
BR	25	2	219	260	1187	1320	126	5	124	160	<63	72
GR	13	18	89	180	389	550	283	32	50	60	315	345
BCR1	<5	2	118	190	258	330	83	14	106	130	<49	19
W1	<4	1	22	99	112	186	30	8	62	84	67	113
JB1	25	34	103	143	421	435	83	7	67	83	68	56
GA	4	1	81	150	242	310	302	30	84	80	<33	16
SY2	63	2	352	280	269	271	697	85	238	248	<47	5
DTN	9	1	302	370	28	30	18	14	60	28	51	7

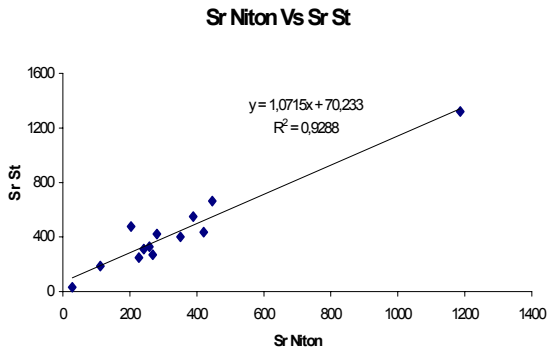
Curvas de calibración para datos obtenidos por el Niton vs. valores estándar

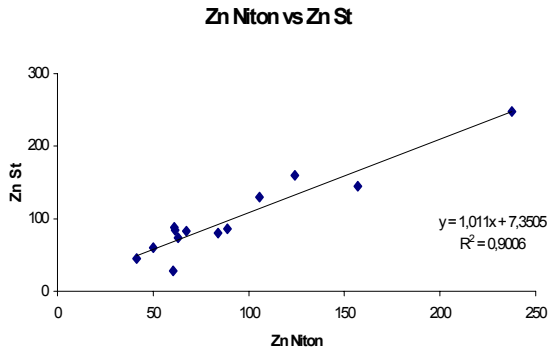


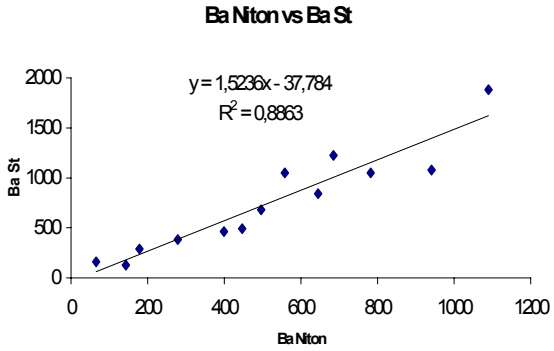


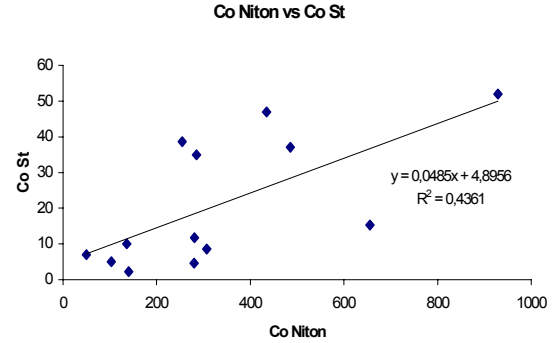


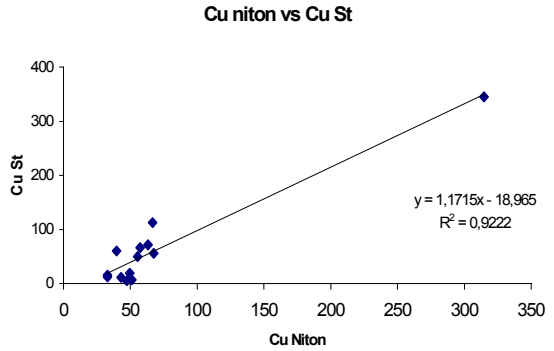


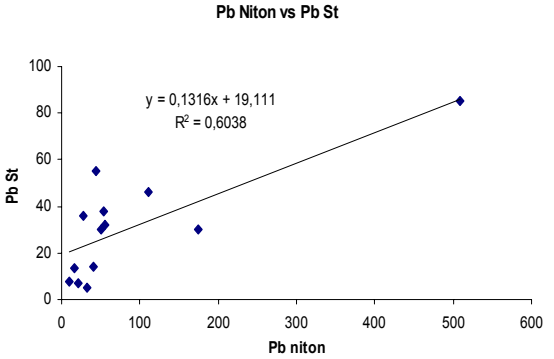

Sr Niton Vs Sr St
y = 1,0715x + 70,233
R2 = 0,9288
Sr St
Sr Niton
0
400
800
1200
1600
0
200
400
600
800
1000
1200
1400


Zn Niton vs Zn St
y = 1,011x + 7,3505
R2 = 0,9006
Zn St
Zn Niton
0
100
200
300
0
50
100
150
200
250


Ba Niton vs Ba St
y = 1,5236x - 37,784
R2 = 0,8863
Ba St
Ba Niton
0
500
1000
1500
2000
0
200
400
600
800
1000
1200


Co Niton vs Co St
y = 0,0485x + 4,8956
R2 = 0,4361
Co St
Co Niton
0
10
20
30
40
50
60
0
200
400
600
800
1000


Cu niton vs Cu St
y = 1,1715x - 18,965
R2 = 0,9222
Cu St
Cu Niton
0
100
200
300
400
0
50
100
150
200
250
300
350


Pb Niton vs Pb St
y = 0,1316x + 19,111
R2 = 0,6038
Pb St
Pb niton
0
20
40
60
80
100
0
100
200
300
400
500
600

										ELEMENTOS MAYORITARIOS (%)										ELEMENTOS MAYORITARIOS NORMALIZADOS (%)										RELACIONES					ELEMENTOS TRAZA (ppm)												
Formación	Localidad	Muestra	Unidad	Unidad2	Litología	Litofacies 1	Litofacies 2	Paleoambiente	Paleobatimetría	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	K2O	CO2 (%)	SiO2/Al2O3	TiO2/Al2O3	Fe2O3/Al2O3	MnO/Al2O3	MgO/Al2O3	CaO/Al2O3	K2O/Al2O3	(Al+Si)/CaO	MnO/Fe2O3	Al2O3/ K2O	TiO2/V	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Sc	Rb	Sr	Zr	Nb	Hg	Pb
QUERECUAL	1	DO-01 (base)	1	1	1	0	1	1	1	29,94	0,141	1,89	0,499	0,01	1,00	14,74	0,277	19,69	15,83	0,07	0,26	0,01	0,53	23,66	0,15	0,71	0,02	6,83	2,07	678	305	10	100	51	331	12	32	1485	116	80	10	20
QUERECUAL	1	DO-02	1	1	2	1	1	1	1	21,17	0,083	1,52	0,308	0,01	4,80	53,37	0,29	23,48	13,91	0,05	0,20	0,01	3,16	35,06	0,19	0,43	0,03	5,26	2,73	304	175	10	117	51	159	10	28	1281	116	11	10	26
QUERECUAL	1	DO-03	1	1	2	3	1	1	1	21,14	0,098	1,76	0,565	0,01	2,45	49,12	0,33	21,61	12,04	0,06	0,32	0,01	1,40	27,97	0,19	0,47	0,02	5,26	1,57	625	432	10	256	51	839	10	35	1323	116	284	10	22
QUERECUAL	1	DO-04	1	1	1	1	1	1	1	17,79	0,075	1,14	0,341	0,01	1,00	54,51	0,29	23,98	15,66	0,07	0,30	0,01	0,88	47,98	0,25	0,35	0,03	3,95	2,00	374	253	10	142	51	243	10	28	1420	116	20	10	32
QUERECUAL	1	DO-05	1	1	2	1	1	1	1	31,35	0,084	1,22	0,482	0,01	1,00	43,92	0,280	19,33	25,68	0,07	0,40	0,01	0,82	35,98	0,23	0,74	0,02	4,36	1,22	687	282	10	236	51	1014	10	33	1270	116	134	10	20
QUERECUAL	1	DO-06	1	1	1	1	1	1	1	35,91	0,104	1,86	0,737	0,01	1,00	38,73	0,317	17,04	19,35	0,06	0,40	0,01	0,54	20,87	0,17	0,98	0,01	5,85	1,30	798	399	10	127	51	1403	12	37	1134	116	166	10	20
QUERECUAL	1	DO-07	1	1	2	2	1	1	1	30,82	0,114	2,24	0,640	0,01	1,72	42,92	0,344	18,89	13,78	0,05	0,29	0,00	0,77	19,19	0,15	0,77	0,02	6,51	1,51	754	344	10	197	51	615	10	37	1409	116	97	10	23
QUERECUAL	1	DO-08	1	1	2	3	1	1	1	25,69	0,087	1,11	0,480	0,01	1,00	46,02	0,296	20,25	23,17	0,08	0,43	0,01	0,90	41,51	0,27	0,58	0,02	3,74	1,20	728	390	10	231	51	967	10	35	1388	116	166	10	16
QUERECUAL	1	DO-09	1	1	1	2	1	1	1	21,79	0,083	1,08	0,390	0,01	1,00	50,01	0,281	22,00	20,10	0,08	0,36	0,01	0,92	46,13	0,26	0,46	0,03	3,86	1,55	537	309	10	116	51	514	10	32	1666	116	133	10	21
QUERECUAL	1	DO-10	1	1	1	1	1	1	1	27,15	0,107	1,46	0,558	0,01	1,00	44,50	0,290	19,58	18,54	0,07	0,38	0,01	0,68	30,39	0,20	0,64	0,02	4,90	1,46	730	347	10	166	62	565	15	35	1516	116	98	10	22
QUERECUAL	1	DO-11	1	1	2	1	1	1	1	27,26	0,111	2,60	0,780	0,01	1,42	45,13	0,343	19,86	10,49	0,04	0,30	0,00	0,55	17,37	0,13	0,66	0,01	7,57	1,50	739	339	10	227	51	834	20	37	1773	116	104	10	24
QUERECUAL	1	DO-12	1	1	2	3	1	1	1	30,50	0,136	2,03	0,908	0,01	1,00	41,51	0,373	18,26	15,03	0,07	0,45	0,00	0,49	20,45	0,18	0,78	0,01	5,44	1,64	825	338	10	253	76	1160	17	36	1388	116	56	10	29
QUERECUAL	1	DO-13	1	1	1	1	1	1	1	17,47	0,140	1,41	0,515	0,01	2,74	52,47	0,249	23,09	12,40	0,10	0,37	0,01	1,95	37,24	0,18	0,36	0,02	5,67	2,27	617	316	10	100	51	405	25	27	1559	116	11	10	37
QUERECUAL	1	DO-14	1	1	1	3	1	1	1	20,90	0,097	1,04	0,425	0,01	1,70	51,32	0,325	22,58	20,14	0,09	0,41	0,01	1,64	49,45	0,31	0,43	0,02	3,19	1,29	757	326	10	206	51	1463	11	31	1302	116	112	10	23
QUERECUAL	1	DO-15	1	1	1	2	1	1	1	22,47	0,099	0,96	0,590	0,01	1,00	48,96	0,316	21,54	23,50	0,10	0,62	0,01	1,05	51,20	0,33	0,48	0,02	3,02	1,26	788	381	10	304	51	981	12	35	1623	116	156	10	24
QUERECUAL	1	DO-16	1	1	1	2	1	1	1	22,13	0,091	1,34	0,624	0,01	1,00	48,68	0,302	21,42	16,51	0,07	0,47	0,01	0,75	36,32	0,23	0,48	0,02	4,44	1,07	855	238	10	160	51	882	13	34	1549	116	265	10	20
QUERECUAL	1	DO-17	1	1	2	3	1	1	1	23,94	0,097	1,56	0,650	0,01	1,00	46,41	0,330	20,42	15,39	0,06	0,42	0,01	0,64	29,84	0,21	0,55	0,02	4,71	0,92	1054	403	10	207	79	1190	14	37	1485	116	220	10	23
QUERECUAL	1	DO-18	1	1	1	2	1	1	1	25,96	0,102	1,43	0,651	0,01	1,00	46,48	0,324	20,45	18,12	0,07	0,45	0,01	0,70	32,44	0,23	0,59	0,02	4,42	1,78	573	414	10	330	56	542	10	40	1495	116	275	10	25
QUERECUAL	1	DO-19	1	1	1	3	1	1	1	20,47	0,081	1,38	0,496	0,01	1,00	50,81	0,310	22,36	14,86	0,06	0,36	0,01	0,73	36,88	0,23	0,43	0,02	4,44	2,99	272	285	10	135	51	564	11	33	1613	116	93	10	20
QUERECUAL	1	DO-20	1	1	2	2	1	1	1	19,55	0,081	2,55	0,448	0,01	2,10	53,08	0,347	23,36	7,67	0,03	0,18	0,00	0,82	20,81	0,14	0,42	0,02	7,36	2,72	298	251	10	134	51	304	10	30	1549	116	11	10	23
QUERECUAL	1	DO-21	1	1	1	1	1	1	1	18,87	0,068	0,62	0,397	0,01	1,13	50,89	0,254	22,39	30,45	0,11	0,64	0,02	1,82	82,11	0,41	0,38	0,03	2,44	4,00	171	150	10	100	51	114	10	28	1731	116	11	10	32
QUERECUAL	1	DO-22	1	1	1	1	1	1	1	16,96	0,077	1,97	0,360	0,01	2,09	56,39	0,300	24,81	8,59	0,04	0,18	0,01	1,06	28,58	0,15	0,34	0,03	6,57	6,00	128	289	10	134	51	432	10	31	2073	116	11	10	39
QUERECUAL	1	DO-23	1	1	2	3	1	1	1	19,80	0,089	1,60	0,362	0,01	1,00	53,85	0,304	23,69	12,37	0,06	0,23	0,01	0,62	33,64	0,19	0,40	0,03	5,27	3,39	262	238	10	100	58	643	10	30	1752	116	33	10	26
QUERECUAL	1	DO-24	1	1	1	1	1	1	1	20,82	0,071	1,41	0,348	0,01	1,00	51,57	0,275	22,69	14,76	0,05	0,25	0,01	0,71	36,56	0,19	0,43	0,03	5,14	2,45	290	225	10	126	51	291	10	27	1292	116	11	10	21
QUERECUAL	1	DO-25	1	1	2	3	1	1	1	29,96	0,123	2,41	0,802	0,01	1,00	42,97	0,378	18,91	12,42	0,05	0,33	0,00	0,41	17,80	0,16	0,75	0,01	6,39	2,16	567	263	10	239	52	819	12	37	1356	116	151	10	23
QUERECUAL	1	DO-26	1	1	1	1	1	1	1	24,95	0,092	1,63	0,506	0,01	2,04	48,89	0,300	21,51	15,30	0,06	0,31	0,01	1,25	29,98	0,18	0,54	0,02	5,44	3,20	289	288	10	135	56	483	10	30	1270	116	11	10	25
QUERECUAL	1	DO-27	1	1	2	3	1	1	1	29,44	0,125	3,36	0,842	0,01	1,00	43,57	0,386	18,17	8,76	0,04	0,25	0,00	0,30	12,96	0,11	0,75	0,01	8,70	1,61	778	355	10	275	75	638	17	38	1399	116	197	10	21
QUERECUAL	1	DO-28	1	1	2	3	1	1	1	35,81	0,136	3,03	0,810	0,01	1,00	39,48	0,325	17,37	11,80	0,04	0,27	0,00	0,33	13,01	0,11	0,98	0,01	9,34	1,68	808	358	10	212	51	542	12	37	1152	116	141	10	20
QUERECUAL	1	DO-29	2	2	2	3	1	1	1	29,72	0,154	3,21	1,066	0,01	1,00	39,90	0,404	17,56	9,27	0,05	0,33	0,00	0,31	12,44	0,13	0,83	0,01	7,94	1,66	926	319	10	302	51	1423	21	38	1163	116	129	10	20
QUERECUAL	1	DO-31	2	2	2	1	1	1	1	16,84	0,091	1,36	0,404	0,01	1,00	55,00	0,305	24,20	12,43	0,07	0,30	0,01	0,74	40,59	0,22	0,33	0,02	4,45	3,44	265	391	10	130	51	326	10	29	1420	116	11	10	28
QUERECUAL	1	DO-32	2	2	1	2	1	1	1	25,15	0,109	2,39	0,615	0,01	1,34	46,56	0,337	20,49	10,52	0,05	0,26	0,00	0,56	19,48	0,14	0,59	0,02	7,09	1,82	599	368	10	226	51	850	19	34	1463	116	123	10	30
QUERECUAL	1	DO-33	2	2	1	1	1	1	1	35,15	0,127	2,95	0,734	0,01	1,00	39,15	0,352	17,23	11,90	0,04	0,25	0,00	0,34	13,26	0,12	0,97	0,01	8,39	1,63	778	397	10	264	51	929	11	36	1206	116	172	10	27
QUERECUAL	1	DO-34	2	2	2	1	1	1	1	32,39	0,108	2,21	0,781	0,01	1,00	40,54	0,318	17,94	14,68	0,05	0,35	0,00	0,45	18,37	0,14	0,85	0,01	6,94	1,50	723	370	10	241	51	961	17	36	1292	116	96	10	29
QUERECUAL	1	DO-35	2	2	2	2	1	1	1	21,30	0,082	1,15	0,461	0,01	1,00	48,59	0,293	21,38	18,56	0,07	0,40	0,01	0,87	42,33	0,26	0,46	0,02	3,91	1,75	467	331	10	197	58	661	10	30	1485	116	25	10	20
QUERECUAL	1	DO-36	2	2	1	1	1	1	1	26,04	0,078	1,16	0,392	0,01	1,00	47,21	0,260	20,77	22,37	0,07	0,34	0,01	0,86	40,55	0,22	0,58	0,03	4,47	1,74	446	351	10	182	51	641	10	30	1506	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-37	2	2	1	1	1	1	1	23,58	0,070	1,78	0,440	0,01	1,00	52,09	0,278	22,92	13,25	0,04	0,22	0,01	0,78	29,27	0,16	0,49	0,02	6,40	2,95	238	308	10	142	51	348	10	28	990	116	24	10	21
QUERECUAL	1	DO-38	2	2	1	3	1	1	1	15,45	0,095	1,26	0,417	0,01	2,42	55,72	0,289	24,52	12,24	0,08	0,33	0,01	1,92	44,15	0,23	0,30	0,02	4,36	5,69	167	293	10	211	60	206	10	27	1677	116	11	10	36
QUERECUAL	1	DO-39	2	2	2	3	1	1	1	21,32	0,052	1,43	0,505	0,01	1,00	48,56	0,319	21,36	14,95	0,04	0,35	0,01	0,70	34,05	0,22	0,47	0,02	4,47	1,64	558	399	10	118	51	643	10	31	1323	116	52	10	20
QUERECUAL	1	DO-40	2	2	2	3	1	1	1	24,17	0,121	1,56	0,605	0,01	1,00	47,77	0,363	21,02	15,49	0,08	0,39	0,01	0,64	30,61	0,23	0,54	0,02	4,29	3,49	346	216	10	100	51	650	10	29	1345	116	64	10	31
QUERECUAL	1	DO-41	2	2	2	3	1	1	1	24,75	0,093	2,78	0,617	0,01	1,00	49,51	0,311	21,78	8,90	0,03	0,22	0,00	0,36	17,80	0,11	0,56	0,02	8,94	3,93	236	282	10	128	51	308	10	31	1099	116	66	10	20
QUERECUAL	1	DO-42	2	2	2	3	1	1	1	43,11	0,154	4,85	1,028	0,01	1,00	32,70	0,400	14,39	8,88	0,03	0,21	0,00	0,21	6,74	0,08	1,47	0,01	12,14	5,02	306	238	10	147	51	663	15	38	999	116	11	10	21
QUERECUAL	1	DO-43	2	2	2	2	1	1	1	34,61	0,188	3,93	0,938	0,01	1,00	39,58	0,336	17,42	8,80	0,05	0,24	0,00	0,25	10,06	0,09	0,97	0,01	11,69	12,19	154	205	10	152	51	259	10	34	1152	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-44	2	2	1	1	1	1	1	22,46	0,110	1,56	0,531	0,01	1,00	47,86	0,331	21,06	14,42	0,07	0,34	0,01	0,64	30,74	0,21	0,50	0,02	4,70	6,34	172	291	10	172	51	1210	10	35	1420	116	91	10	22
QUERECUAL	1	DO-45	2	2	1	2	1	1	1	20,89	0,089	1,76	0,488	0,01	1,00	52,04	0,294	22,90	11,85	0,05	0,28	0,01	0,57	29,53	0,17	0,44	0,02	5,99	23,63	38	213	10	135	51	146	10	28	1152	116	11	10	23
QUERECUAL	1	DO-46	2	2	1	2	1	1	1	21,23	0,088	1,52	1,134	0,01	1,00	48,71	0,320	21,43	13,93	0,06	0,74	0,01	0,66	31,95	0,21	0,47	0,01	4,76	9,24	95	210	10	100	60	496	25	29	1452	116	11	10	29
QUERECUAL	1	DO-47	2	2	1	2	1	1	1	31,34	0,097	2,61	0,592	0,01	2,31	43,28	0,326	19,04	11,99	0,04	0,23	0,00	0,88	16,56	0,12	0,78	0,02	8,02	3,73	261	330	10	224	88	1988	14	33	1173	116	108	12	25
QUERECUAL	1	DO-48	2	2	2	3	1	1	1	28,36	0,122	3,23	0,830	0,01	1,00	45,07	0,330	19,83	8,79	0,04	0,26	0,00	0,31	13,97	0,10	0,70	0,01	9,78	14,89	82	239	10	100	51	343	10	30	1259	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-49	2	2	2	3	1	1	1	17,00	0,093	1,03	0,472	0,01	1,00	53,67	0,317	23,61	16,44	0,09	0,46	0,01	0,97	51,89	0,31	0,34	0,02	3,26	36,34	26	150	10	100	56	272	10	30	1335	116	11	10	29
QUERECUAL	1	DO-50	2	2	2	3	1	1	1	23,51	0,118	1,61	0,512	0,01	1,00	47,45	0,355	20,88	14,57	0,07	0,32	0,01	0,62	29,41	0,22	0,53	0,02	4,54	9,38	125	289	10	180	51	923	12	31	1259	116	48	10	20
QUERECUAL	1	DO-51	2	2	2	3	1	1	1	30,56	0,104	1,81	0,617	0,01	1,00	41,93	0,337	18,45	16,93	0,06	0,34	0,01	0,55	23,23	0,19	0,77	0,02	5,36	5,35	195	184	10	121	51	698	10	30	1066	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-52	2	2	1	3	1	1	1	41,80	0,120	2,22	0,724	0,01	1,00	34,67	0,298	15,25	18,85	0,05	0,33	0,00	0,45	15,63	0,13	1,27	0,01	7,45	3,96	302	244	10	102	69	990	15	34	1281	116	42	10	20
QUERECUAL	1	DO-53	2	2	2	3	1	1	1	42,05	0,153	2,90	0,940	0,01	1,00	32,09	0,333	14,12	14,48	0,05	0,32	0,00	0,34	11,05	0,11	1,40	0,01	8,72	3,13	487	150	10	129	51	642	12	36	930	116	33	10	20
QUERECUAL	1	DO-54	2	2	1	2	1	1	1	18,75	0,081	0,83	1,730	0,01	1,00	50,44	0,266	22,19	22,48	0,10	2,07	0,01	1,20	60,46	0,32	0,39	0,01	3,14	5,01	162	150	14	100	51	223	20	27	1709	116	11	10	52
QUERECUAL	1	DO-55	3	2	1	2	1	1	1	40,48	0,171	4,00	1,010	0,01	1,00	29,93	0,281	13,17	10,13	0,04	0,25	0,00	0,25	7,49	0,07	1,49	0,01	14,24	9,10	188	150	10	100	51	372	10	36	1420	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-56	3	2	1	1	1	1	1	37,86	0,084	1,21	0,524	0,01	1,00	36,63	0,216	16,12	31,38	0,07	0,43	0,01	0,83	30,36	0,18	1,07	0,02	5,60	1,95	432	150	10	217	51	1140	10	30	1110	116	78	10	20
QUERECUAL	1	DO-57	3	2	1	2	1	1	1	24,95	0,109	1,97	0,589	0,01	1,00	45,26	0,323	19,92	12,66	0,06	0,30	0,01	0,51	22,98	0,16	0,59	0,02	6,09	5,72	191	305	10	197	58	827	15	31	1227	116	46	10	20
QUERECUAL	1	DO-58	3	2	1	1	1	1	1	21,10	0,093	1,76	0,454	0,01	1,00	49,60	0,309	21,82	12,00	0,05	0,26	0,01	0,57	28,21	0,18	0,46	0,02	5,69	8,35	111	290	10	100	51	650	12	33	1709	116	17	10	30
QUERECUAL	1	DO-59	3	2	2	3	1	1	1	21,08	0,101	1,83	0,568	0,01	1,00	49,38	0,313	21,73	11,50	0,06	0,31	0,01	0,55	26,94	0,17	0,46	0,02	5,86	14,06	72	216	10	123	51	336	14	29	2244	116	11	10	23
QUERECUAL	1	DO-60	3	2	1	1	1	1	1	22,34	0,079	0,66	0,373	0,01	1,62	48,03	0,251	21,13	33,87	0,12	0,57	0,02	2,46	72,81	0,38	0,48	0,03	2,63	1,22	645	335	10	215	51	1594	10	35	1485	116	180	10	25
QUERECUAL	1	DO-61	3	2	1	2	1	1	1	21,27	0,090	1,34	0,687	0,01	1,00	49,21	0,350	21,65	15,88	0,07	0,51	0,01	0,75	36,73	0,26	0,46	0,01	3,83	1,10	820	307	10	183	51	512	14	34	1806	116	65	10	26
QUERECUAL	1	DO-62	3	2	1	2	1	1	1	18,65	0,083	1,67	0,431	0,01	1,67	53,07	0,316	23,35	11,18	0,05	0,26	0,01	1,00	31,82	0,19	0,38	0,02	5,28	1,42	583	255	10	151	51	669	10	34	1677	116	144	10	27
QUERECUAL	1	DO-63	3	2	1	2	1	1	1	17,25	0,087	0,38	0,460	0,01	2,62	50,73	0,311	22,32	45,63	0,23	1,22	0,03	2,65	134,23	0,82	0,35	0,02	1,21	1,70	513	353	10	183	51	722	12	32	1559	116	108	10	27
QUERECUAL	1	DO-64	3	2	2	3	1	1	1	22,26	0,178	2,37	0,992	0,01	1,00	46,76	0,402	20,57	9,40	0,08	0,42	0,00	0,42	19,74	0,17	0,53	0,01	5,90	5,10	349	326	10	309	51	451	12	35	1795	116	386	10	29
QUERECUAL	1	DO-65	3	2	1	2	1	1	1	17,91	0,079	1,28	0,367	0,01	1,00	51,51	0,287	22,66	14,00	0,06	0,29	0,01	0,78	40,25	0,22	0,37	0,03	4,45	4,03	196	320	10	1090	51	335	10	29	1623	116	11	10	25
QUERECUAL	1	DO-66	3	2	2	3	1	1	1	22,07	0,083	1,07	0,299	0,01	1,00	51,22	0,269	22,54	20,70	0,08	0,28	0,01	0,94	48,04	0,25	0,45	0,03	3,97	2,78	299	306	10	121	66	638	24	28	1463	116	11	10	34
QUERECUAL	1	DO-67	3	2	1	1	1	1	1	18,26	0,074	0,98	0,470	0,01	1,01	52,43	0,270	23,07	18,61	0,08	0,48	0,01	1,02	53,43	0,27	0,37	0,02	3,64	3,27	228	213	10	903	51	249	14	29	1858	116	11	10	32
QUERECUAL	1	DO-68	3	2	1	2	1	1	1	27,71	0,095	1,47	0,750	0,01	1,00	42,73	0,293	18,80	18,91	0,06	0,51	0,01	0,68	29,16	0,20	0,68	0,01	5,00	1,15	820	351	10	222	51	1079	16	40	1335	116	176	10	25
QUERECUAL	1	DO-69	3	2	1	3	1	1	1	36,70	0,140	2,72	0,867	0,01	1,00	36,22	0,344	15,94	13,50	0,05	0,32	0,00	0,37	13,33	0,13	1,09	0,01	7,90	1,51	928	323	10	409	51	2180	23	41	1281	116	412	10	20
QUERECUAL	1	DO-70	3	2	1	2	1	1	1	31,27	0,140	2,58	0,748	0,01	1,00	37,30	0,343	16,41	12,12	0,05	0,29	0,00	0,39	14,46	0,13	0,91	0,01	7,53	2,10	664	361	10	192	51	954	13	37	1431	116	138	10	24
QUERECUAL	1	DO-71	3	2	1	2	1	1	1	24,13	0,100	1,59	0,542	0,01	1,00	46,89	0,304	20,63	15,16	0,06	0,34	0,01	0,63	29,45	0,19	0,55	0,02	5,24	1,98	504	220	10	862	51	774	10	32	1452	116	11

										ELEMENTOS MAYORITARIOS (%)										ELEMENTOS MAYORITARIOS NORMALIZADOS (%)									RELACIONES						ELEMENTOS TRAZA (ppm)													
Formación	Localidad	Muestra	Unidad	Litología	Litofacies 1	Litofacies 2	Paleoambien	aleobatimetr	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	CO2 (%)	SiO_2/Al_2O_3	TiO_2/Al_2O_3	Fe_2O_3/Al_2O_3	MnO/Al_2O_3	MgO/Al_2O_3	CaO/Al_2O_3	K_2O/Al_2O_3	(Al+Si)/CaO	MnO/Fe2O3	Al2O3/ K2O	TiO2/V	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb
QUERECUAL	2	QR255 (tope)		4					47,29	0,23	4,20	1,16	0,01	0,50	21,84	0,90	9,61	11,26	0,05	0,28	0,00	0,12	5,20	0,22	2,36	0,01	4,65	18,38	123	150	5	166	75	212	13	37	489	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR254		4					29,70	0,16	3,88	0,89	0,01	2,83	35,39	0,61	15,57	7,66	0,04	0,23	0,00	0,73	9,13	0,16	0,95	0,01	6,35	13,04	122	150	5	135	41	239	14	37	595	168	23	10	20
QUERECUAL	2	QR253		4					43,91	0,15	3,17	0,79	0,01	0,66	24,44	0,53	10,75	13,86	0,05	0,25	0,00	0,21	7,72	0,17	1,93	0,01	6,01	33,50	45	150	5	100	46	207	11	35	518	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR252		4					52,18	0,12	2,11	0,75	0,01	0,50	19,76	0,35	8,69	24,78	0,06	0,35	0,00	0,24	9,38	0,17	2,75	0,01	6,00	15,35	80	150	5	100	51	129	10	34	339	175	13	15	20
QUERECUAL	2	QR251		4					43,57	0,15	2,35	0,85	0,01	0,50	24,64	0,50	10,84	18,53	0,06	0,36	0,00	0,21	10,48	0,21	1,86	0,01	4,71	49,98	30	153	5	100	169	124	15	33	192	181	13	44	20
QUERECUAL	2	QR250D		6					36,15	0,11	1,99	0,56	0,01	0,50	31,45	0,29	13,84	18,15	0,06	0,28	0,01	0,25	15,79	0,15	1,21	0,02	6,83	37,07	30	150	5	100	157	115	11	33	191	178	13	44	20
QUERECUAL	2	QR250C		6					35,54	0,13	2,21	0,54	0,01	0,50	31,33	0,27	13,78	16,09	0,06	0,24	0,00	0,23	14,18	0,12	1,20	0,02	8,07	42,78	30	516	5	156	668	282	23	34	360	178	13	142	20
QUERECUAL	2	QR250B		6					35,20	0,13	2,39	0,50	0,01	0,50	31,20	0,24	13,73	14,73	0,05	0,21	0,00	0,21	13,05	0,10	1,20	0,02	10,05	27,77	47	358	5	100	450	255	27	33	167	184	13	102	20
QUERECUAL	2	QR250A		6					35,22	0,11	1,67	0,56	0,01	0,50	31,10	0,34	13,68	21,08	0,07	0,33	0,01	0,30	18,61	0,20	1,19	0,02	4,96	37,11	30	150	5	156	82	142	10	35	384	172	13	24	20
QUERECUAL	2	QR250		6					37,70	0,11	1,67	0,56	0,01	0,50	31,10	0,34	13,68	22,57	0,07	0,33	0,01	0,30	18,61	0,20	1,27	0,02	4,96	37,11	30	199	5	100	232	156	16	34	180	180	13	63	20
QUERECUAL	2	QR247		4					46,83	0,11	0,76	0,55	0,01	0,50	17,63	0,23	7,76	61,61	0,14	0,72	0,01	0,66	23,20	0,30	2,70	0,02	3,29	36,20	30	150	5	100	82	76	10	33	224	176	13	16	20
QUERECUAL	2	QR246		4					44,62	0,17	3,74	0,83	0,01	0,50	24,46	0,45	10,76	11,92	0,05	0,22	0,00	0,13	6,54	0,12	1,98	0,01	8,25	17,37	99	150	5	183	41	78	10	33	247	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR248		6					37,03	0,12	2,03	0,50	0,01	0,70	30,83	0,26	13,57	18,22	0,06	0,24	0,00	0,35	15,17	0,13	1,27	0,02	7,68	12,28	94	150	5	100	82	74	10	33	201	176	13	24	20
QUERECUAL	2	QR245		4					40,21	0,16	2,84	0,86	0,01	0,50	26,58	0,53	11,70	14,16	0,06	0,30	0,00	0,18	9,36	0,19	1,62	0,01	5,36	29,72	54	150	5	100	41	194	12	36	504	168	13	11	20
QUERECUAL	2	QR244		4					45,35	0,09	1,67	0,37	0,01	2,45	27,25	0,22	11,99	27,13	0,06	0,22	0,01	1,47	16,30	0,13	1,73	0,03	7,48	19,51	48	150	5	100	41	117	10	32	505	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR243		6					98,24	0,24	3,99	0,73	0,01	0,50	0,22	0,49	0,09	24,64	0,06	0,18	0,00	0,13	0,05	0,12	473,77	0,02	8,16	51,97	47	516	5	100	668	354	39	32	162	188	13	142	20
QUERECUAL	2	QR242		4					65,03	0,15	3,62	0,80	0,01	1,78	15,49	0,49	6,82	17,97	0,04	0,22	0,00	0,49	4,28	0,14	4,43	0,01	7,37	49,80	30	150	5	100	41	184	15	35	393	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR241		4					38,12	0,13	2,80	1,07	0,01	2,41	33,78	0,30	14,86	13,63	0,05	0,38	0,00	0,86	12,08	0,11	1,21	0,01	9,33	24,90	51	150	5	100	41	285	10	34	1374	168	125	10	21
QUERECUAL	2	QR240		4					39,85	0,27	6,26	1,21	0,01	1,43	27,03	0,69	11,89	6,36	0,04	0,19	0,00	0,23	4,32	0,11	1,71	0,01	9,05	37,62	72	150	5	100	41	202	10	35	623	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR239		4					61,09	0,19	4,41	1,15	0,01	0,50	14,03	0,41	6,17	13,84	0,04	0,26	0,00	0,11	3,18	0,09	4,67	0,01	10,71	33,36	56	150	5	100	41	171	10	34	425	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR238		4					46,48	0,17	3,48	0,86	0,01	0,59	23,26	0,42	10,24	13,35	0,05	0,25	0,00	0,17	6,68	0,12	2,15	0,01	8,34	40,07	42	150	5	189	41	169	12	35	521	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR237		6					46,94	0,13	2,76	0,41	0,01	0,79	18,91	0,29	8,32	17,00	0,05	0,15	0,00	0,29	6,85	0,10	2,63	0,02	9,62	19,54	67	150	5	156	41	210	10	37	566	169	13	10	20
QUERECUAL	2	QR236		4					45,06	0,26	6,13	1,41	0,01	0,99	21,19	1,05	9,32	7,35	0,04	0,23	0,00	0,16	3,46	0,17	2,42	0,01	5,84	28,59	91	150	5	176	41	309	16	38	532	169	19	10	20
QUERECUAL	2	QR235		4					38,23	0,23	5,02	1,26	0,01	0,50	26,52	0,73	11,67	7,62	0,05	0,25	0,00	0,10	5,29	0,15	1,63	0,01	6,84	38,34	59	150	5	211	41	234	16	37	582	169	13	10	20
QUERECUAL	2	QR234		6					44,90	0,28	7,80	1,53	0,01	0,50	20,24	0,99	8,90	5,76	0,04	0,20	0,00	0,06	2,60	0,13	2,60	0,01	7,85	40,06	70	150	5	158	41	251	16	39	488	170	15	10	20
QUERECUAL	2	QR233		4					48,96	0,22	5,76	1,21	0,01	0,75	21,32	0,78	9,38	8,50	0,04	0,21	0,00	0,13	3,70	0,14	2,57	0,01	7,34	72,55	30	150	5	100	41	270	10	36	512	171	13	10	20
QUERECUAL	2	QR232		4					49,07	0,22	5,90	1,08	0,01	1,51	21,27	0,79	9,36	8,32	0,04	0,18	0,00	0,26	3,61	0,13	2,58	0,01	7,47	64,61	35	150	5	253	41	313	10	36	506	172	13	10	20
QUERECUAL	2	QR231		4					48,85	0,21	5,63	1,34	0,01	0,50	21,38	0,78	9,41	8,68	0,04	0,24	0,00	0,09	3,80	0,14	2,55	0,01	7,21	70,48	30	150	5	155	41	226	12	36	517	170	13	10	20
QUERECUAL	2	QR230		4					50,55	0,18	3,56	0,92	0,01	0,50	18,81	0,39	8,28	14,20	0,05	0,26	0,00	0,14	5,29	0,11	2,88	0,01	9,18	27,34	80	150	5	100	41	276	13	39	453	173	23	10	22
QUERECUAL	2	QR229		4					32,66	0,16	3,87	1,29	0,01	1,12	29,39	0,59	12,93	8,43	0,04	0,33	0,00	0,29	7,59	0,15	1,24	0,01	6,58	53,07	30	150	5	100	41	162	13	36	610	171	13	10	20
QUERECUAL	2	QR228		4					40,40	0,25	6,17	1,61	0,01	0,50	21,96	0,88	9,66	6,55	0,04	0,26	0,00	0,08	3,56	0,14	2,12	0,01	7,03	49,68	51	150	5	100	41	230	13	37	505	170	13	10	20
QUERECUAL	2	QR227		4					20,46	0,20	4,55	1,17	0,01	0,50	39,56	0,75	17,40	4,49	0,04	0,26	0,00	0,11	8,69	0,16	0,63	0,01	6,06	34,95	57	150	5	100	41	266	18	37	716	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR226		4					22,06	0,13	2,71	0,89	0,01	0,50	40,25	0,51	17,71	8,15	0,05	0,33	0,00	0,18	14,86	0,19	0,62	0,01	5,29	25,94	49	150	5	100	41	191	12	35	671	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR225		4					30,05	0,13	3,82	0,74	0,01	2,62	35,43	0,50	15,59	7,86	0,03	0,19	0,00	0,69	9,26	0,13	0,96	0,01	7,59	23,81	55	150	5	100	41	188	10	35	565	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR224		6					37,07	0,11	2,31	0,56	0,01	0,54	31,81	0,25	14,00	16,03	0,05	0,24	0,00	0,23	13,76	0,11	1,24	0,02	9,37	29,26	38	150	5	100	41	118	15	33	511	168	13	17	20
QUERECUAL	2	QR223		6					33,37	0,15	2,75	0,51	0,01	0,50	31,56	0,21	13,89	12,15	0,05	0,19	0,00	0,18	11,49	0,08	1,14	0,02	13,03	48,45	30	150	5	100	84	81	13	32	300	173	13	28	20
QUERECUAL	2	QR222		4					40,87	0,14	3,39	0,71	0,01	1,90	28,96	0,42	12,74	12,07	0,04	0,21	0,00	0,56	8,55	0,12	1,53	0,01	8,13	24,22	56	150	5	100	41	133	11	34	485	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR221		4					40,82	0,12	3,20	0,61	0,01	3,00	27,48	0,35	12,09	12,74	0,04	0,19	0,00	0,94	8,58	0,11	1,60	0,02	9,07	23,24	52	150	5	100	41	171	10	33	487	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR220		4					49,70	0,11	2,66	0,60	0,01	0,83	22,96	0,31	10,10	18,68	0,04	0,23	0,00	0,31	8,63	0,12	2,28	0,02	8,46	14,10	81	150	5	100	41	144	10	34	432	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR219		4					40,91	0,15	3,57	0,80	0,01	0,79	30,45	0,48	13,40	11,46	0,04	0,23	0,00	0,22	8,53	0,13	1,46	0,01	7,44	25,07	60	150	5	100	41	114	10	34	483	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR218		4					32,13	0,19	4,48	1,00	0,01	0,76	31,94	0,58	14,05	7,17	0,04	0,22	0,00	0,17	7,13	0,13	1,15	0,01	7,75	32,84	57	150	5	100	41	227	10	36	533	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR217		4					35,56	0,19	4,93	0,93	0,01	1,53	31,77	0,54	13,98	7,21	0,04	0,19	0,00	0,31	6,44	0,11	1,27	0,01	9,17	61,75	30	150	5	100	41	193	10	36	499	170	13	10	20
QUERECUAL	2	QR216		4					52,38	0,21	5,84	1,21	0,01	1,03	19,04	0,56	8,38	8,96	0,04	0,21	0,00	0,18	3,26	0,10	3,06	0,01	10,36	62,30	34	150	5	100	41	239	10	36	408	169	13	10	20
QUERECUAL	2	QR215		4					30,61	0,15	3,35	0,76	0,01	0,50	34,51	0,46	15,18	9,13	0,04	0,23	0,00	0,15	10,30	0,14	0,98	0,01	7,22	40,91	36	150	5	100	41	172	12	36	539	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR214		4					40,75	0,18	3,62	0,97	0,01	0,50	22,66	0,54	9,97	11,26	0,05	0,22	0,00	0,24	6,26	0,15	1,96	0,01	6,70	22,72	79	150	5	100	41	222	10	36	436	168	13	11	20
QUERECUAL	2	QR213		4					46,67	0,19	4,71	1,04	0,01	0,50	22,53	0,53	9,91	9,90	0,04	0,22	0,00	0,11	4,78	0,11	2,28	0,01	8,84	21,51	88	150	5	100	41	221	10	36	444	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR212		4					36,66	0,11	1,65	0,57	0,01	0,54	31,72	0,33	13,96	22,21	0,07	0,34	0,01	0,33	19,22	0,20	1,21	0,02	4,95	23,74	48	150	5	100	41	134	11	34	522	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR211		4					45,63	0,17	3,76	0,84	0,01	1,68	24,00	0,41	10,56	12,13	0,04	0,22	0,00	0,45	6,38	0,11	2,06	0,01	9,19	55,64	30	150	5	100	41	214	10	36	419	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR210		4					36,15	0,12	1,95	0,58	0,01	0,50	31,78	0,30	13,98	18,56	0,06	0,30	0,01	0,26	16,32	0,15	1,20	0,02	6,53	21,35	57	150	5	100	41	154	10	35	516	174	13	12	20
QUERECUAL	2	QR209		4					56,30	0,22	5,31	1,16	0,01	0,63	14,81	0,50	6,52	10,60	0,04	0,22	0,00	0,12	2,79	0,09	4,16	0,01	10,59	62,36	35	150	5	100	41	254	12	36	350	174	19	10	20
QUERECUAL	2	QR208		4					34,96	0,11	2,21	0,53	0,01	2,73	33,19	0,32	14,60	15,79	0,05	0,24	0,00	1,23	14,99	0,14	1,12	0,02	6,97	22,53	50	150	5	100	41	98	10	33	455	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR207		4					49,41	0,16	3,35	0,80	0,01	1,36	22,29	0,39	9,81	14,77	0,05	0,24	0,00	0,41	6,66	0,12	2,37	0,01	8,69	52,33	30	150	5	100	41	165	10	36	382	170	13	10	20
QUERECUAL	2	QR206		4					63,85	0,20	4,48	1,08	0,01	0,50	11,38	0,45	5,01	14,26	0,05	0,24	0,00	0,11	2,54	0,10	6,00	0,01	9,90	30,99	65	150	5	100	41	190	10	36	305	171	13	10	20
QUERECUAL	2	QR205		4					58,33	0,17	4,35	1,22	0,01	0,80	16,67	0,37	7,33	13,40	0,04	0,28	0,00	0,18	3,83	0,09	3,76	0,01	11,69	36,59	48	150	5	100	41	168	10	35	336	168	13	11	20
QUERECUAL	2	QR204		4					19,99	0,08	1,63	1,09	0,01	0,54	44,68	0,27	19,66	12,24	0,05	0,67	0,01	0,33	27,36	0,16	0,48	0,01	6,13	27,49	30	150	5	100	41	82	10	33	642	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR203		4					64,44	0,15	4,10	0,77	0,01	1,03	13,98	0,27	6,15	15,70	0,04	0,19	0,00	0,25	3,41	0,07	4,90	0,01	15,36	28,65	52	150	5	100	41	206	10	34	296	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR202		4					65,85	0,14	3,54	0,84	0,01	0,50	15,81	0,26	6,96	18,60	0,04	0,24	0,00	0,14	4,47	0,07	4,39	0,01	13,53	46,09	30	150	5	100	59	136	10	34	340	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR201		4					73,23	0,15	4,04	0,75	0,01	0,50	8,74	0,29	3,85	18,14	0,04	0,19	0,00	0,12	2,17	0,07	8,84	0,01	13,94	23,81	65	150	5	100	41	107	10	34	259	168	13	11	20
QUERECUAL	2	QR199		4					49,82	0,14	3,21	1,00	0,01	2,27	30,10	0,30	13,24	15,52	0,04	0,31	0,00	0,71	9,38	0,09	1,76	0,01	10,70	24,47	56	150	5	100	41	106	10	34	300	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR198		4					26,41	0,12	2,38	1,14	0,01	2,54	37,45	0,30	16,48	11,08	0,05	0,48	0,00	1,07	15,71	0,13	0,77	0,01	7,97	25,41	46	150	5	100	41	105	11	33	496	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR197		4					37,77	0,16	3,73	0,77	0,01	0,50	29,26	0,39	12,87	10,13	0,04	0,21	0,00	0,13	7,85	0,11	1,42	0,01	9,44	22,83	71	150	5	100	41	155	10	35	463	168	13	12	20
QUERECUAL	2	QR196		4					42,74	0,20	4,09	0,83	0,01	1,50	25,41	0,44	11,18	10,44	0,05	0,20	0,00	0,37	6,21	0,11	1,84	0,01	9,27	46,34	43	150	5	100	41	183	10	35	450	169	13	10	20
QUERECUAL	2	QR195		4					51,01	0,20	4,36	0,84	0,01	1,22	21,26	0,42	9,35	11,69	0,05	0,19	0,00	0,28	4,87	0,10	2,60	0,01	10,41	67,67	30	150	5	100	41	122	10	34	337	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR194		4					57,76	0,21	4,63	0,86	0,01	0,94	17,10	0,40	7,53	12,47	0,04	0,19	0,00	0,20	3,69	0,09	3,65	0,01	11,69	18,78	109	150	5	100	41	151	10	35	374	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR193		4					39,36	0,15	2,00	0,74	0,01	0,50	30,37	0,35	13,36	19,72	0,07	0,37	0,01	0,25	15,21	0,17	1,36	0,01	5,77	32,05	46	150	5	100	41	152	14	34	491	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR192		4					20,00	0,09	1,37	0,70	0,01	3,87	47,14	0,27	20,74	14,65	0,07	0,51	0,01	2,84	34,51	0,19	0,45	0,01	5,15	23,59	38	150	5	100	41	68	10	33	908	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR191		4					35,48	0,16	2,57	0,78	0,01	0,50	28,39	0,38	12,49	13,81	0,06	0,30	0,00	0,19	11,05	0,15	1,34	0,01	6,74	21,22	74	150	5	100	41	140	10	34	433	169	13	10	20
QUERECUAL	2	QR190		4					35,80	0,21	5,14	0,89	0,01	0,50	28,77	0,51	12,66	6,96	0,04	0,17	0,00	0,10	5,60	0,10	1,42	0,01	10,07	23,47	88	150	5	100	41	210	13	36	518	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR189		4					36,19	0,19	4,26	0,99	0,01	1,92	28,51	0,51	12,55	8,49	0,04	0,23	0,00	0,45	6,69	0,12	1,42	0,01	8,44	24,42	78	150	5	100	41	247	10	35	483	169	13	10	20
QUERECUAL	2	QR188		4					34,61	0,21	4,72	0,95	0,01	0,50	27,11	0,59	11,93	7,33	0,05	0,20	0,00	0,11	5,74	0,12	1,45	0,01	8,07	14,75	145	150	5	170	41	220	10	36	500	169	13	10	20
QUERECUAL	2	QR187		4					39,11	0,29	7,15	1,23	0,01	2,86	28,01	0,77	12,33	5,47	0,04	0,17	0,00	0,40	3,92	0,11	1,65	0,01	9,28	40,05	72	150	5	100	41	264	11	37	545	178	13	20	20
QUERECUAL	2	QR186		4					40,59	0,25	5,37	1,18	0,01	0,50	26,04	0,61	11,46	7,55	0,05	0,22	0,00	0,09	4,85	0,11	1,77	0,01	8,77	35,15	71	150	5	100	41	194	14	36	500	171	13	10	20
QUERECUAL	2	QR185		4					52,66	0,24	5,13	1,07	0,01	0,50	16,57	0,58	7,29	10,27	0,05	0,21	0,00	0,10	3,23	0,11	3,49	0,01	8,77	62,28	38	150	5	100	41	202	11	36	397	169	13	10	20
QUERECUAL	2	QR184		5					39,31	0,29	6,56	1,45	0,01	0,50	22,84	0,71	10,05	6,00	0,04	0,22	0,00	0,08	3,48	0,11	2,01	0,01	9,30	29,06	98	150	5	100	41	194	11	37	468	176	13	10	20
QUERECUAL	2	QR183		4					42,57	0,28	8,18	1,26	0,01	0,66	22,70	0,78	9,99	5,21	0,03	0,15	0,00	0,08	2,78	0,10	2,24	0,01	10,46	28,17	100	150	5	100	41	302	13	38	474	172	15	10	25
QUERECUAL	2	QR182		4					35,75	0,23	5,42	1,02	0,01	0,50	27,10	0,60	11,93	6,59	0,04	0,19	0,00	0,09	5,00	0,11	1,52	0,01	9,09	28,11	81	150	5	185	45	284	11	37	540	168	18	10	22
QUERECUAL	2	QR181		4					39,54	0,19	5,16	1,03	0,01	1,11	27,90	0,50	12,28	7,66	0,04	0,20	0,00	0,22	5,40	0,10	1,60	0,01	10,41	27,57	69	150	5	120	41	196	11	35	490	168	13	10	20
QUERECUAL	2	QR180		4					59,88	0,16

TABLA DE DATOS QUIMICOS DE LAS SECCIONES DE RIO DE ORO Y TIPO PERTENECIENTES A LA FORMACION QUERECUAL

										ELEMENTOS MAYORITARIOS (%)									ELEMENTOS MAYORITARIOS NORMALIZADOS (%)							RELACIONES					ELEMENTOS TRAZA (ppm)												
Formación	Localidad	Muestra	Unidad	Unidad 2	Litología	Litofacies 1	Litofacies 2	Paleoambiente	Paleobatimetría	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	CO_2 (%)	SiO_2/Al_2O_3	TiO_2/Al_2O_3	Fe_2O_3/Al_2O_3	MnO/Al_2O_3	MgO/Al_2O_3	CaO/Al_2O_3	K_2O/Al_2O_3	$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	MnO/Fe_2O_3	Al_2O_3/K_2O	TiO_2/V	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb
QUERECUAL	1	DO-01 (base)	1	1	1	1	1	1	1	29,94	0,141	1,89	0,499	0,01	1,00	44,74	0,277	19,69	15,83	0,07	0,26	0,01	0,53	23,66	0,15	0,71	0,02	6,83	2,07	678	305	10	100	51	331	12	32	1485	116	80	10	20
QUERECUAL	1	DO-02	1	1	1	2	1	1	1	21,17	0,083	1,52	0,308	0,01	4,80	53,37	0,29	23,48	13,91	0,05	0,20	0,01	3,16	35,06	0,19	0,43	0,03	5,26	2,73	304	175	10	117	51	159	10	28	1281	116	11	10	26
QUERECUAL	1	DO-03	1	1	2	3	1	1	1	21,14	0,098	1,76	0,565	0,01	2,45	49,12	0,33	21,61	12,04	0,06	0,32	0,01	1,40	27,97	0,19	0,47	0,02	5,26	1,57	625	432	10	256	51	839	10	35	1323	116	284	10	22
QUERECUAL	1	DO-04	1	1	1	1	1	1	1	17,79	0,075	1,14	0,341	0,01	1,00	54,51	0,29	23,98	15,66	0,07	0,30	0,01	0,88	47,98	0,25	0,35	0,03	3,95	2,00	374	253	10	142	51	243	10	28	1420	116	20	10	32
QUERECUAL	1	DO-05	1	1	2	1	1	1	1	31,35	0,084	1,22	0,482	0,01	1,00	43,92	0,280	19,33	25,68	0,07	0,40	0,01	0,82	35,98	0,23	0,74	0,02	4,36	1,22	687	282	10	236	51	1014	10	33	1270	116	134	10	20
QUERECUAL	1	DO-06	1	1	1	1	1	1	1	35,91	0,104	1,86	0,737	0,01	1,00	38,73	0,317	17,04	19,35	0,06	0,40	0,01	0,54	20,87	0,17	0,98	0,01	5,85	1,30	798	399	10	127	51	1403	12	37	1134	116	166	10	20
QUERECUAL	1	DO-07	1	1	2	2	2	1	1	30,82	0,114	2,24	0,640	0,01	0,72	42,92	0,344	18,89	13,78	0,05	0,29	0,00	0,77	19,19	0,15	0,77	0,02	6,51	1,51	754	344	10	197	51	815	10	37	1409	116	197	10	23
QUERECUAL	1	DO-08	1	1	2	3	1	1	1	25,69	0,087	1,11	0,480	0,01	1,00	46,02	0,296	20,25	23,17	0,08	0,43	0,01	0,90	41,51	0,27	0,58	0,02	3,74	1,20	728	390	10	231	51	967	10	35	1388	116	166	10	20
QUERECUAL	1	DO-09	1	1	1	2	1	1	1	21,79	0,083	1,08	0,390	0,01	1,00	50,01	0,281	22,00	20,10	0,08	0,36	0,01	0,92	46,13	0,26	0,46	0,03	3,86	1,55	537	309	10	116	51	514	10	32	1666	116	133	10	21
QUERECUAL	1	DO-10	1	1	1	1	1	1	1	27,15	0,107	1,46	0,558	0,01	1,00	44,50	0,299	19,58	18,54	0,07	0,38	0,01	1,16	68,39	0,20	0,64	0,02	4,90	1,46	730	347	10	166	62	565	15	35	1516	116	96	10	22
QUERECUAL	1	DO-11	1	1	2	1	1	1	1	27,26	0,111	2,60	0,780	0,01	1,42	45,13	0,343	19,86	10,49	0,04	0,30	0,00	0,55	17,37	0,13	0,66	0,01	7,57	1,50	739	339	10	227	51	834	20	37	1773	116	104	10	24
QUERECUAL	1	DO-12	1	1	2	3	1	1	1	30,50	0,136	2,03	0,908	0,01	1,00	41,51	0,373	18,26	15,03	0,07	0,45	0,00	0,49	20,45	0,18	0,78	0,01	5,44	1,64	825	338	10	253	76	1160	17	36	1388	116	56	10	29
QUERECUAL	1	DO-13	1	1	1	1	1	1	1	17,47	0,140	1,41	0,515	0,01	2,74	52,47	0,249	23,09	12,40	0,10	0,37	0,01	1,95	37,24	0,18	0,36	0,02	5,67	2,27	617	316	10	100	51	405	25	27	1559	116	11	10	37
QUERECUAL	1	DO-14	1	1	1	3	1	1	1	20,90	0,097	1,04	0,425	0,01	1,70	51,32	0,325	22,58	20,14	0,09	0,41	0,01	1,64	49,45	0,31	0,43	0,02	3,19	1,29	757	326	10	206	51	1463	11	31	1302	116	112	10	23
QUERECUAL	1	DO-15	1	1	1	2	1	1	1	22,47	0,099	0,96	0,590	0,01	1,00	48,96	0,316	21,54	23,50	0,10	0,62	0,01	1,05	51,20	0,33	0,48	0,02	3,02	1,26	788	381	10	304	51	981	12	35	1623	116	156	10	24
QUERECUAL	1	DO-16	1	1	1	2	1	1	1	22,13	0,091	1,34	0,624	0,01	1,00	48,68	0,302	21,42	16,51	0,07	0,47	0,01	0,75	36,32	0,23	0,48	0,02	4,44	1,07	855	238	10	160	51	882	13	34	1549	116	265	10	20
QUERECUAL	1	DO-17	1	1	2	3	1	1	1	23,94	0,097	1,56	0,650	0,01	1,00	46,41	0,330	20,42	15,39	0,06	0,42	0,01	0,64	29,84	0,21	0,55	0,02	4,71	0,92	1054	403	10	207	79	1190	14	37	1485	116	220	10	23
QUERECUAL	1	DO-18	1	1	2	1	1	1	1	25,96	0,102	1,43	0,651	0,01	1,00	46,48	0,324	20,45	18,12	0,07	0,45	0,01	0,70	32,44	0,23	0,59	0,02	4,42	1,78	573	414	10	330	56	542	10	40	1495	116	275	10	25
QUERECUAL	1	DO-19	1	1	1	3	1	1	1	20,47	0,081	1,38	0,496	0,01	1,00	50,81	0,310	22,36	14,86	0,06	0,36	0,01	0,73	36,88	0,23	0,43	0,02	4,44	2,99	272	285	10	135	51	564	11	33	1613	116	93	10	20
QUERECUAL	1	DO-20	1	1	2	2	1	1	1	19,55	0,081	2,55	0,448	0,01	2,10	53,08	0,347	23,36	7,67	0,03	0,18	0,00	0,82	20,81	0,14	0,42	0,02	7,36	2,72	298	251	10	134	51	304	10	30	1549	116	11	10	23
QUERECUAL	1	DO-21	1	1	1	1	1	1	1	18,87	0,068	0,62	0,397	0,01	1,13	50,89	0,254	22,39	30,45	0,11	0,64	0,02	1,82	82,11	0,41	0,38	0,03	2,44	4,00	171	150	10	100	51	114	10	28	1731	116	11	10	32
QUERECUAL	1	DO-22	1	1	1	1	1	1	1	16,96	0,077	1,97	0,360	0,01	2,09	56,39	0,240	24,81	8,59	0,04	0,18	0,01	1,06	28,58	0,15	0,34	0,01	6,57	6,00	128	289	10	134	51	432	10	31	2073	116	11	10	39
QUERECUAL	1	DO-23	1	1	3	1	1	1	1	19,80	0,089	1,60	0,362	0,01	1,00	53,85	0,304	23,69	12,37	0,06	0,23	0,01	0,62	33,64	0,19	0,40	0,03	5,27	3,39	262	238	10	100	58	643	10	30	1752	116	33	10	26
QUERECUAL	1	DO-24	1	1	1	1	1	1	1	20,82	0,071	1,41	0,348	0,01	1,00	51,57	0,275	22,69	14,76	0,05	0,25	0,01	0,71	36,56	0,19	0,43	0,03	5,14	2,45	290	225	10	126	51	291	10	27	1292	116	11	10	21
QUERECUAL	1	DO-25	1	1	2	3	1	1	1	29,96	0,123	2,41	0,802	0,01	1,00	42,97	0,378	18,91	12,42	0,05	0,33	0,00	0,41	17,80	0,16	0,75	0,01	6,39	2,16	567	263	10	239	52	819	12	37	1356	116	151	10	22
QUERECUAL	1	DO-26	1	1	1	1	1	1	1	24,95	0,092	1,63	0,506	0,01	2,04	48,89	0,300	21,51	15,30	0,06	0,31	0,01	1,25	29,98	0,18	0,54	0,02	5,44	3,20	289	288	10	135	56	483	10	30	1270	116	11	10	25
QUERECUAL	1	DO-27	1	1	2	3	1	1	1	29,44	0,125	3,36	0,842	0,01	1,00	43,57	0,386	19,17	8,76	0,04	0,25	0,00	0,30	12,96	0,11	0,75	0,01	8,70	1,61	778	355	10	275	75	657	18	38	1399	116	197	10	31
QUERECUAL	1	DO-28	1	1	2	3	1	1	1	35,81	0,136	3,03	0,810	0,01	1,00	39,48	0,325	17,37	11,80	0,04	0,27	0,00	0,33	13,01	0,11	0,98	0,01	9,34	1,68	808	358	10	212	51	542	12	37	1152	116	141	10	20
QUERECUAL	1	DO-29	2	2	2	3	1	1	1	29,72	0,154	3,21	1,066	0,01	1,00	39,50	0,404	17,56	9,27	0,05	0,33	0,00	0,31	12,44	0,13	0,83	0,01	7,94	1,66	926	319	10	302	51	1423	21	38	1163	116	129	10	20
QUERECUAL	1	DO-31	2	2	1	1	1	1	1	16,84	0,091	1,36	0,404	0,01	1,00	55,00	0,305	24,20	12,43	0,07	0,30	0,01	0,74	40,59	0,22	0,33	0,02	4,45	3,44	265	391	10	130	51	326	10	29	1420	116	11	10	28
QUERECUAL	1	DO-32	2	2	1	2	1	1	1	25,15	0,109	2,39	0,615	0,01	1,34	46,56	0,337	20,49	10,52	0,05	0,26	0,00	0,56	19,48	0,14	0,59	0,02	7,09	1,82	599	368	10	226	51	850	19	34	1463	116	123	10	30
QUERECUAL	1	DO-33	2	2	1	1	1	1	1	35,15	0,127	2,95	0,734	0,01	1,00	39,15	0,352	17,23	11,90	0,04	0,25	0,00	0,34	13,26	0,12	0,97	0,01	8,39	1,63	778	397	10	264	51	929	11	36	1206	116	172	10	27
QUERECUAL	1	DO-34	2	2	2	2	1	1	1	32,39	0,108	2,21	0,781	0,01	1,00	40,54	0,318	17,84	14,68	0,05	0,35	0,00	0,45	18,37	0,14	0,85	0,02	5,94	1,50	723	370	10	241	51	961	17	36	1292	116	96	10	20
QUERECUAL	1	DO-35	2	2	2	2	1	1	1	21,30	0,082	1,15	0,461	0,01	1,00	48,59	0,293	21,38	18,56	0,07	0,40	0,01	0,87	42,33	0,26	0,46	0,02	3,91	1,75	467	331	10	197	58	661	10	30	1485	116	25	10	20
QUERECUAL	1	DO-36	2	2	1	1	1	1	1	26,04	0,078	1,16	0,392	0,01	1,00	47,21	0,260	20,77	22,37	0,07	0,34	0,01	0,86	40,55	0,22	0,58	0,03	4,47	1,74	446	351	10	182	51	641	10	30	1506	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-37	2	2	1	1	1	1	1	23,58	0,070	1,78	0,440	0,01	1,40	52,09	0,278	22,92	13,25	0,04	0,25	0,01	0,79	29,27	0,16	0,49	0,02	6,40	2,95	238	308	10	142	51	348	10	28	990	116	24	10	21
QUERECUAL	1	DO-38	2	2	1	3	1	1	1	15,45	0,095	1,26	0,417	0,01	2,42	55,72	0,289	24,52	12,24	0,08	0,33	0,01	1,92	44,15	0,23	0,30	0,02	4,36	5,69	167	293	10	211	60	206	11	27	1677	116	11	10	36
QUERECUAL	1	DO-39	2	2	2	3	1	1	1	21,32	0,092	1,43	0,505	0,01	1,00	48,56	0,319	21,36	14,95	0,06	0,35	0,01	0,70	34,05	0,22	0,47	0,02	4,47	1,64	558	399	10	118	51	643	10	31	1323	116	52	10	20
QUERECUAL	1	DO-40	2	2	2	3	1	1	1	24,17	0,121	1,56	0,605	0,01	1,00	47,77	0,363	21,02	15,49	0,08	0,39	0,01	0,64	30,61	0,23	0,54	0,02	4,29	3,49	346	216	10	100	51	550	10	29	1345	116	64	10	31
QUERECUAL	1	DO-41	2	2	2	3	1	1	1	24,75	0,093	2,78	0,617	0,01	1,00	49,51	0,311	21,78	8,90	0,03	0,22	0,00	0,36	17,80	0,11	0,56	0,02	8,94	3,93	236	282	10	128	51	308	10	31	1099	116	66	10	20
QUERECUAL	1	DO-42	2	2	2	3	1	1	1	43,11	0,154	4,85	1,028	0,01	1,00	32,70	0,400	14,39	8,88	0,03	0,21	0,00	0,21	6,74	0,08	1,47	0,01	12,14	5,02	306	238	10	147	51	663	15	38	999	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-43	2	2	2	2	1	1	1	34,61	0,188	3,93	0,936	0,01	1,00	39,58	0,336	17,42	8,80	0,05	0,24	0,00	0,25	10,06	0,09	0,97	0,01	11,69	12,19	154	205	10	152	51	259	10	34	1152	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-44	2	2	1	1	1	1	1	22,46	0,110	1,56	0,531	0,01	1,00	47,86	0,331	21,06	14,42	0,07	0,34	0,01	0,64	30,74	0,21	0,50	0,02	4,70	6,38	172	291	10	172	51	1210	10	35	1420	116	91	10	22
QUERECUAL	1	DO-45	2	2	2	2	1	1	1	20,89	0,089	1,76	0,488	0,01	1,00	52,04	0,294	22,90	11,85	0,05	0,28	0,01	0,57	29,53	0,17	0,49	0,02	5,89	23,63	38	213	10	135	51	146	10	28	1152	116	11	10	23
QUERECUAL	1	DO-46	2	2	2	1	1	1	1	21,23	0,088	1,52	1,134	0,01	1,00	48,71	0,320	21,43	13,93	0,06	0,74	0,01	0,66	31,95	0,21	0,47	0,01	4,76	9,24	95	210	10	100	60	496	25	29	1452	116	11	10	29
QUERECUAL	1	DO-47	2	2	1	2	1	1	1	31,34	0,097	2,61	0,592	0,01	2,31	43,28	0,326	19,04	11,99	0,04	0,23	0,00	0,88	16,56	0,12	0,78	0,02	8,02	3,73	261	330	10	224	88	1989	14	33	1173	116	108	12	25
QUERECUAL	1	DO-48	2	2	2	3	1	1	1	28,36	0,122	3,23	0,830	0,01	1,00	45,07	0,330	19,83	8,79	0,04	0,26	0,00	0,31	13,97	0,10	0,70	0,01	9,78	14,89	82	239	10	100	51	343	19	30	1259	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-49	2	2	1	1	1	1	1	17,00	0,083	1,03	0,472	0,01	1,00	53,67	0,317	23,61	16,44	0,09	0,46	0,01	0,97	51,89	0,31	0,34	0,02	3,26	36,34	26	150	10	100	56	272	10	30	1335	116	11	10	29
QUERECUAL	1	DO-50	2	2	2	3	1	1	1	23,51	0,118	1,61	0,512	0,01	1,00	47,45	0,355	20,88	14,57	0,07	0,32	0,01	0,62	29,41	0,22	0,53	0,02	4,54	9,38	125	289	10	180	51	923	12	31	1259	116	48	10	20
QUERECUAL	1	DO-51	2	2	2	3	1	1	1	30,56	0,104	1,81	0,617	0,01	1,00	41,93	0,337	18,45	16,93	0,06	0,34	0,01	0,55	23,23	0,19	0,77	0,02	5,36	5,35	195	184	10	121	51	698	10	30	1066	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-52	2	2	2	1	1	1	1	41,80	0,120	2,22	0,724	0,01	1,00	34,67	0,428	15,25	18,85	0,05	0,33	0,00	0,45	15,63	0,13	1,27	0,02	7,45	3,96	302	244	10	102	69	990	15	34	1281	116	42	10	20
QUERECUAL	1	DO-53	2	2	2	3	1	1	1	42,05	0,153	2,90	0,940	0,01	1,00	32,09	0,333	14,12	14,48	0,05	0,32	0,00	0,34	11,05	0,11	1,40	0,01	8,72	3,13	487	150	10	129	51	642	12	36	930	116	33	10	20
QUERECUAL	1	DO-54	2	2	1	1	1	1	1	18,75	0,081	0,83	1,730	0,01	1,00	50,44	0,266	22,19	22,48	0,10	2,07	0,01	1,20	60,46	0,32	0,39	0,01	3,14	5,01	162	150	10	100	51	223	20	27	1709	116	11	10	52
QUERECUAL	1	DO-55	3	2	1	2	1	1	1	40,48	0,171	4,00	1,010	0,01	1,00	29,93	0,281	13,17	10,13	0,04	0,25	0,00	0,25	7,49	0,07	1,49	0,01	14,24	9,10	188	150	10	100	51	372	10	36	1420	116	11	10	20
QUERECUAL	1	DO-56	3	2	2	3	1	1	1	37,86	0,084	1,21	0,524	0,01	1,00	36,63	0,216	16,12	31,38	0,07	0,43	0,01	0,83	30,36	0,18	1,07	0,02	5,60	1,95	432	150	10	217	51	1140	10	30	1110	116	78	10	20
QUERECUAL	1	DO-57	3	2	1	2	1	1	1	24,95	0,109	1,97	0,589	0,01	1,00	45,26	0,323	19,92	12,66	0,06	0,30	0,01	0,51	22,98	0,16	0,59	0,02	6,09	5,72	191	305	10	197	58	827	15	31	1227	116	46	10	20
QUERECUAL	1	DO-58	3	2	1	1	1	1	1	21,10	0,093	1,76	0,454	0,01	1,00	49,60	0,309	21,82	12,00	0,05	0,26	0,01	0,57	28,21	0,18	0,46	0,02	5,69	8,35	111	290	10	100	51	650	12	33	1709	116	17	10	30
QUERECUAL	1	DO-59	3	2	2	3	1	1	1	21,08	0,101	1,83	0,568	0,01	1,00	49,38	0,313	21,73	11,50	0,06	0,31	0,01	0,55	26,94	0,17	0,46	0,02	5,86	14,06	72	216	10	123	51	336	14	29	2244	116	11	10	23
QUERECUAL	1	DO-60	3	2	1	2	1	1	1	22,34	0,079	0,66	0,373	0,01	1,62	48,03	0,251	21,13	33,87	0,12	0,57	0,02	2,46	72,81	0,38	0,48	0,03	2,63	1,22	645	335	10	215	51	1594	10	35	1485	116	180	10	25
QUERECUAL	1	DO-61	3	2	1	2	1	1	1	21,27	0,090	1,34	0,687	0,01	1,00	49,21	0,350	21,65	15,88	0,07	0,51	0,01	0,75	36,73	0,26	0,46	0,01	3,83	1,10	820	307	10	183	51	512	14	34	1806	116	65	10	26
QUERECUAL	1	DO-62	3	2	1	2	1	1	1	18,65	0,083	1,67	0,431	0,01	1,67	53,07	0,316	23,35	11,18	0,05	0,26	0,01	1,00	31,82	0,19	0,38	0,02	5,28	1,42	583	255	10	151	51	669	10	34	1677	116	144	10	27
QUERECUAL	1	DO-63	3	2	1	2	1	1	1	17,25	0,087	0,38	0,460	0,01	1,00	50,73	0,311	22,32	45,63	0,23	1,22	0,03	2,65	134,23	0,82	0,35	0,02	1,21	1,70	513	353	10	183	51	722	10	32	1559	116	108	10	27
QUERECUAL	1	DO-64	3	2	2	3	1	1	1	22,26	0,078	2,37	0,992	0,01	1,00	46,76	0,402	20,57	9,40	0,04	0,08	0,42	0,03	19,74	0,17	0,53	0,02	5,90	5,10	349	326	10	309	54	451	12	35	1795	116	386	10	29
QUERECUAL	1	DO-65	3	2	1	2	1	1	1	17,91	0,079	1,28	0,367	0,01	1,00	51,51	0,287	22,66	14,00	0,06	0,29	0,01	0,78	40,25	0,22	0,37	0,03	4,45	4,03	196	320	10	1090	51	335	10	29	1623	116	11	10	25
QUERECUAL	1	DO-66	3	2	1	2	1	1	1	22,07	0,083	1,07	0,299	0,01	1,00	51,22	0,269	22,54	20,70	0,08	0,28	0,01	0,94	48,04	0,25	0,45	0,03	3,97	2,78	299	306	10	121	66	638	10	28	1463	116	11	10	34
QUERECUAL	1	DO-67	3	2	1	2	1	1	1	18,26	0,074	0,98	0,470	0,01	1,01	52,43	0,270	23,07	18,61	0,08	0,48	0,01	1,02	53,43	0,27	0,34	0,02	3,64	3,27	228	213	10	903	51	249	14	29	1858	116	11	10	32
QUERECUAL	1	DO-68	3	2	1	2	1	1	1	27,71	0,095	1,47	0,750	0,01	1,00	42,73	0,293	18,80	18,91	0,06	0,51	0,01	0,68	29,16	0,20	0,68	0,01	5,00	1,15	820	351	10	222	51	1079	16	40	1335	116	176	10	25
QUERECUAL	1	DO-69	3	2	1	3	1	1	1	36,70	0,140	2,72	0,867	0,01	1,00	36,22	0,344	15,94	13,50	0,05	0,32	0,00	0,37	13,33	0,13	1,09	0,01	7,90	1,51	928	323	10	409	51	2180	23	41	1281	116	412	10	20
QUERECUAL	1	DO-70	3	2	1	2	1	1	1	31,27	0,140	2,58	0,748	0,01	1,00	37,30	0,343	16,41	12,12	0,05	0,29	0,00	0,39	14,46	0,13	0,91	0,01	7,53	2,10	664	361	10	192	51	954	13	37	1431	116	138	10	24
QUERECUAL	1	DO-71	3	2	1	2	1	1	1	24,13	0,100	1,59	0,542	0,01	1,00	46,89

TABLA DE DATOS QUÍMICOS DE LAS SECCIONES DE RÍO DE ORO Y TIPO PERTENECIENTES A LA FORMACIÓN QUERECUAL

Formación	Localidad	Muestra	Unidad	Unidad 2	Litología	Litofacies 1	Litofacies 2	Paleoambiente	Paleobatimetría	ELEMENTOS MAYORITARIOS (%) SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	K2O	CO2 (%)	ELEMENTOS MAYORITARIOS NORMALIZADOS (%) SiO2/Al2O3	TiO2/Al2O3	Fe2O3/Al2O3	MnO/Al2O3	MgO/Al2O3	CaO/Al2O3	K2O/Al2O3	RELACIONES (Al2O3+SiO2)/CaO	MnO/Fe2O3	Al2O/ K2O	TiO2/V	ELEMENTOS TRAZA (ppm) V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Sc	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb	Litología
QUERECUAL	1	DO-01 (base)	1	1	1	1	1	1	1	29.94	0.141	1.89	0.499	0.01	1.00	44.74	0.277	19.69	15.83	0.07	0.26	0.01	0.53	23.66	0.15	0.71	0.02	2.07	678	305	<10	<100	<51	331	12	32	1485	<116	80	<10	<20	Caliza negra, con vetas de calcita sin orientación preferencial, no es muy dura
QUERECUAL	1	DO-02	1	1	1	2	1	1	1	21.17	0.083	1.52	0.308	0.01	4.80	53.37	0.29	23.48	13.91	0.05	0.20	0.01	3.16	35.06	0.19	0.43	0.03	5.26	2.73	304	175	<10	117	<51	159	<10	28	1281	<116	<11	<10	26	Caliza gris oscura a negra, con calcita, masiva
QUERECUAL	1	DO-03	1	1	2	3	1	1	1	21.14	0.098	1.76	0.565	0.01	2.45	49.12	0.33	21.61	12.04	0.06	0.32	0.01	1.40	27.97	0.19	0.47	0.02	5.26	1.57	625	432	<10	256	<51	839	<10	35	1323	<116	294	<10	22	Lutita carbonática negra, laminada
QUERECUAL	1	DO-04	1	1	1	1	1	1	1	17.79	0.075	1.14	0.341	0.01	1.00	54.51	0.29	23.98	15.66	0.07	0.30	0.01	0.88	47.98	0.25	0.35	0.03	3.95	2.00	374	253	<10	142	<51	243	<10	28	1420	<116	20	<10	32	Caliza negra, con vetillas de cuarzo, masiva, fractura irregular
QUERECUAL	1	DO-05	1	1	2	1	1	1	1	31.35	0.084	1.22	0.482	0.01	1.00	43.92	0.280	19.33	25.68	0.07	0.40	0.01	0.82	35.98	0.23	0.74	0.02	4.36	1.22	687	282	<10	236	<51	1014	<10	33	1270	<116	140	<10	<20	Lutita carbonática gris oscuro a negro, con segregaciones de calcita y qz. , laminada, reacción al HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-06	1	1	1	1	1	1	1	35.91	0.104	1.86	0.737	0.01	1.00	38.73	0.317	17.04	19.35	0.06	0.40	0.01	0.54	20.87	0.17	0.98	0.01	5.85	1.30	798	399	<10	127	<51	1403	12	37	1134	<116	196	<10	<20	Caliza negra, muy dura, laminada
QUERECUAL	1	DO-07	1	1	2	2	1	1	1	30.82	0.114	2.24	0.640	0.01	1.72	42.92	0.344	18.89	13.78	0.05	0.29	0.00	0.77	19.19	0.15	0.77	0.02	6.51	1.51	754	344	<10	197	<51	615	<10	37	1409	<116	97	<10	23	Lutita carbonática gris oscuro, laminada, efervesce con el HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-08	1	1	2	3	1	1	1	25.69	0.087	1.11	0.460	0.01	1.00	46.02	0.296	20.23	23.17	0.08	0.43	0.01	0.90	41.51	0.27	0.58	0.02	3.74	1.20	728	390	<10	231	<51	667	<10	35	1388	<116	168	<10	<20	Lutita carbonática gris oscuro, segregaciones de calcita y qz., laminada, con concreciones
QUERECUAL	1	DO-09	1	1	2	1	1	1	1	21.79	0.083	1.08	0.390	0.01	1.00	50.01	0.281	22.00	20.10	0.08	0.36	0.01	0.92	46.13	0.26	0.46	0.03	3.86	1.55	537	309	<10	116	<51	514	<10	32	1666	<116	133	<10	21	Caliza negra con segregaciones de calcita, masiva
QUERECUAL	1	DO-10	1	1	1	1	1	1	1	27.15	0.107	1.46	0.558	0.01	1.00	44.50	0.299	19.58	18.54	0.07	0.38	0.01	0.68	30.39	0.20	0.64	0.02	4.90	1.46	730	347	<10	166	62	565	15	35	1516	<116	96	<10	22	Caliza gris oscura a negra, con segregaciones de calcita, laminada
QUERECUAL	1	DO-11	1	1	2	1	1	1	1	27.26	0.110	1.60	0.790	0.01	1.44	45.13	0.343	19.86	10.40	0.04	0.30	0.01	0.55	17.37	0.13	0.66	0.01	7.57	1.50	739	339	<10	227	<51	834	20	37	1773	<116	104	<10	24	Lutita carbonática negra, laminada, tamaño limo
QUERECUAL	1	DO-12	1	1	2	3	1	1	1	30.50	0.136	2.03	0.908	0.01	1.00	41.51	0.373	18.26	15.03	0.07	0.45	0.00	0.49	20.45	0.18	0.78	0.01	5.44	1.64	825	338	<10	253	76	1160	17	36	1388	<116	56	<10	29	Lutita carbonática negra, con calcita,laminada, reacción al HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-13	1	1	1	1	1	1	1	17.47	0.140	1.41	0.515	0.01	2.54	52.47	0.249	23.09	12.40	0.10	0.37	0.01	1.95	37.24	0.18	0.36	0.02	5.67	2.27	617	316	<10	<100	<51	405	25	<27	1559	<116	111	<10	37	Caliza gris oscuro, con calcita, qz., ox. de fe., laminar
QUERECUAL	1	DO-14	1	1	2	1	1	1	1	20.90	0.097	1.04	0.425	0.01	1.70	51.32	0.325	22.58	19.24	0.09	0.41	0.01	1.64	49.45	0.31	0.43	0.02	3.19	1.29	326	210	<10	206	<51	341	31	32	1302	<116	112	<10	23	Caliza negra, con vetillas de calcita y qz., laminar
QUERECUAL	1	DO-15	1	1	1	2	1	1	1	22.47	0.099	0.96	0.590	0.01	1.00	48.96	0.316	21.54	23.50	0.10	0.62	0.01	1.05	51.20	0.33	0.48	0.02	3.02	1.26	788	381	<10	304	<51	981	12	35	1623	<116	156	<10	24	Lutita carbonática negra, con vetillas de qz.,laminada, fracción limo
QUERECUAL	1	DO-16	1	1	1	1	1	1	1	22.13	0.091	1.34	0.624	0.01	1.00	48.68	0.302	21.42	16.51	0.07	0.41	0.01	0.75	36.32	0.23	0.48	0.02	4.44	1.07	855	238	<10	160	<51	882	13	34	1549	<116	265	<10	<20	Caliza gris oscura a negra con calcita, masiva
QUERECUAL	1	DO-17	1	1	2	3	1	1	1	23.94	0.097	1.56	0.650	0.01	1.00	46.41	0.330	20.42	15.39	0.06	0.42	0.01	0.64	29.84	0.21	0.55	0.02	4.71	0.92	1054	403	<10	207	79	1190	14	37	1485	<116	220	<10	25	Lutita negra, con compuestos carbonáticos y qz.,laminada
QUERECUAL	1	DO-18	1	1	2	1	1	1	1	25.96	0.102	1.43	0.651	0.01	1.00	46.48	0.324	20.45	18.12	0.07	0.45	0.01	0.70	32.44	0.23	0.59	0.02	4.42	1.78	573	414	<10	330	56	542	<10	40	1495	<116	275	<10	25	Caliza negra, laminada, muy dura
QUERECUAL	1	DO-19	1	1	2	2	1	1	1	20.47	0.081	1.38	0.496	0.01	1.00	50.65	0.310	22.38	14.86	0.06	0.36	0.01	0.73	36.88	0.23	0.43	0.02	4.44	2.99	272	285	<10	135	<51	564	21	33	1613	<116	93	<10	<20	Lutita carbonática gris oscuro, con vetillas de qz. y calcita, hay reacción al HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-20	1	1	2	2	1	1	1	19.55	0.081	2.55	0.448	0.01	2.10	53.08	0.347	23.36	7.67	0.03	0.18	0.00	0.82	20.81	0.14	0.42	0.02	7.36	2.72	298	251	<10	134	<51	304	<10	30	1549	<116	<11	<10	23	Caliza negra con calcita, laminada
QUERECUAL	1	DO-21	1	1	1	1	1	1	1	18.87	0.068	0.62	0.397	0.01	1.13	50.89	0.254	22.39	30.45	0.11	0.64	0.02	1.82	82.11	0.41	0.38	0.03	2.44	4.00	171	<150	<10	<100	<51	184	<10	28	1731	<116	<11	<10	32	Lutita carbonática negra, con vetillas de qz., y calcita, masiva
QUERECUAL	1	DO-22	1	1	1	1	1	1	1	16.96	0.077	1.97	0.360	0.01	2.09	56.39	0.300	24.81	8.59	0.04	0.18	0.01	1.06	28.58	0.15	0.14	0.03	6.57	6.00	128	289	<10	134	<51	432	<10	31	2073	<116	<11	<10	39	Caliza gris oscuro, con vetillas de qz.,masiva
QUERECUAL	1	DO-23	1	1	1	1	1	1	1	19.80	0.089	1.60	0.362	0.01	1.00	53.85	0.304	23.69	12.37	0.06	0.23	0.01	0.62	33.64	0.19	0.40	0.03	5.27	3.39	262	238	<10	108	<51	340	30	32	1752	<116	33	<10	26	Lutita carbonática gris oscuro, laminada, reacción al HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-24	1	1	1	1	1	1	1	20.82	0.071	1.41	0.348	0.01	1.00	51.57	0.275	22.69	14.76	0.05	0.23	0.01	0.71	36.56	0.19	0.43	0.03	5.14	2.45	295	225	<10	126	<51	270	<10	<27	1292	<116	<11	<10	21	Caliza negra con vetillas de calcita, laminada
QUERECUAL	1	DO-25	1	1	2	3	1	1	1	29.96	0.123	2.41	0.802	0.01	1.00	42.97	0.378	18.91	12.42	0.05	0.33	0.00	0.41	17.80	0.16	0.75	0.01	6.39	2.16	567	263	<10	239	52	819	12	37	1356	<116	151	<10	23	Lutita carbonática gris oscuro a negro, laminada, con concreciones, reacción al HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-26	1	1	1	1	1	1	1	24.95	0.092	1.63	0.508	0.01	2.04	48.89	0.300	21.57	15.30	0.06	0.28	0.01	0.85	29.98	0.18	0.54	0.02	5.44	3.20	289	208	<10	135	56	483	<10	30	1270	<116	<11	<10	25	Lutita carbonática negra, con calcita y qz., tamaño limo, laminada
QUERECUAL	1	DO-27	1	1	2	3	1	1	1	29.44	0.125	3.36	0.842	0.01	1.00	43.57	0.386	19.17	8.76	0.04	0.25	0.00	0.30	12.96	0.11	0.78	0.01	6.70	1.61	778	355	<10	275	75	657	18	38	1399	<116	197	<10	31	Lutita carbonática negra, con calcita, reacción al HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-28	1	1	2	3	1	1	1	35.81	0.136	3.03	0.810	0.01	1.00	39.48	0.325	17.37	11.80	0.04	0.27	0.00	0.33	13.01	0.11	0.98	0.01	9.34	1.68	808	358	<10	212	<51	542	12	37	1152	<116	141	<10	<20	Lutita carbonática negra, laminar, reacción al HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-29	1	1	2	2	1	1	1	29.72	0.154	3.21	1.066	0.01	1.00	39.90	0.404	17.58	9.27	0.05	0.33	0.00	0.31	12.44	0.13	0.83	0.01	7.94	1.66	326	319	<10	302	<51	1423	41	38	1163	<116	129	<10	<20	Lutita carbonática negra con compuestos carbonáticos y qz. laminada, tamaño arcilla
QUERECUAL	1	DO-31	2	2	1	1	1	1	1	16.84	0.091	1.36	0.404	0.01	1.00	55.00	0.305	24.20	12.43	0.07	0.30	0.01	0.74	40.59	0.22	0.33	0.02	4.45	3.44	265	391	<10	130	<51	320	29	32	1420	<116	<11	<10	28	Lutita carbonática gris oscuro, con vetillas de qz., tamaño limo, laminada
QUERECUAL	1	DO-32	2	2	1	2	1	1	1	25.15	0.109	2.39	0.615	0.01	1.34	46.56	0.337	20.49	10.52	0.05	0.26	0.00	0.56	19.48	0.14	0.59	0.02	7.09	1.82	599	368	<10	226	<51	850	19	34	1463	<116	123	<10	30	Caliza negra con calcita, laminada, reacción al HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-33	1	1	2	3	1	1	1	35.15	0.127	2.95	0.734	0.01	1.00	38.73	0.352	17.23	9.97	0.04	0.25	0.00	0.34	13.26	0.12	0.97	0.01	8.38	1.63	778	397	<10	264	<51	929	21	37	1206	<116	172	<10	27	Lutita negra con vetillas de qz. y calcita, pref., laminada, muy dura
QUERECUAL	1	DO-34	2	2	1	2	1	1	1	32.39	0.108	2.21	0.781	0.01	1.00	40.54	0.318	17.84	14.68	0.05	0.35	0.00	0.45	18.37	0.14	0.85	0.01	6.94	1.73	723	370	<10	241	<51	961	17	36	1292	<116	96	<10	<20	Caliza negra, reacciona al HCL diluido, muy dura
QUERECUAL	1	DO-35	2	2	1	2	1	1	1	21.30	0.082	1.15	0.491	0.01	1.00	48.59	0.293	21.38	18.56	0.07	0.40	0.01	0.87	42.33	0.26	0.46	0.02	3.91	1.75	467	331	<10	197	58	661	20	30	1485	<116	25	<10	<20	Lutita negra, laminada, reacción al HCL diluido, dura
QUERECUAL	1	DO-36	2	2	1	1	1	1	1	26.04	0.078	1.16	0.500	0.01	1.00	47.21	0.260	20.77	22.37	0.07	0.34	0.01	0.86	40.55	0.22	0.58	0.03	4.47	1.74	446	351	<10	182	<51	641	<10	30	1506	<116	<11	<10	<20	Caliza gris oscuro, con calcita y qz., nódulos de calcita, masiva
QUERECUAL	1	DO-37	2	2	1	1	1	1	1	23.58	0.070	1.78	0.440	0.01	1.40	52.09	0.278	22.92	13.25	0.04	0.25	0.01	0.79	29.27	0.16	0.49	0.02	6.40	2.95	238	308	<10	142	<51	348	<10	28	990	<116	24	<10	<20	Caliza gris oscuro, con vetillas de Qz., y calcita, reacciona al ácido HCL
QUERECUAL	1	DO-38	2	2	1	2	1	1	1	15.45	0.095	1.26	0.417	0.01	2.42	55.72	0.289	24.52	7.24	0.04	0.27	0.01	1.56	38.69	0.22	0.30	0.02	4.36	3.69	167	263	<10	211	60	289	<10	27	1677	<116	<11	<10	36	Caliza negra, con calcita, laminada
QUERECUAL	1	DO-39	2	2	2	3	1	1	1	21.32	0.092	1.43	0.505	0.01	1.00	48.56	0.319	21.36	14.95	0.06	0.35	0.01	0.70	34.05	0.22	0.47	0.02	4.47	1.64	558	399	<10	118	<51	643	<10	31	1323	<116	52	<10	<20	Caliza negra, con calcita, efervesce al HCL diluido, masiva
QUERECUAL	1	DO-40	2	2	2	3	1	1	1	24.17	0.101	1.61	0.591	0.01	1.00	47.77	0.303	21.02	15.49	0.06	0.31	0.01	0.64	30.61	0.23	0.54	0.02	4.29	3.49	288	216	<10	138	56	483	<10	29	1345	<116	64	<10	31	Caliza negra, gris oscuro, con vetillas de qz., tamaño limo, laminada
QUERECUAL	1	DO-41	2	2	2	3	1	1	1	24.75	0.093	2.78	0.617	0.01	1.00	49.51	0.311	21.78	8.90	0.03	0.22	0.00	0.36	17.80	0.11	0.56	0.02	8.94	3.93	236	282	<10	128	<51	308	<10	31	1099	<116	66	<10	<20	Lutita carbonática marrón oscuro, laminada, tamaño limo, fractura laminar
QUERECUAL	1	DO-42	2	2	2	3	1	1	1	43.11	0.154	4.85	1.028	0.01	1.00	32.70	0.400	14.39	8.88	0.03	0.21	0.00	0.21	6.74	0.08	1.47	0.01	12.14	5.02	306	238	<10	147	<51	663	15	38	999	<116	<11	<10	<20	Lutita pardo rojizo,laminada, algo compacta
QUERECUAL	1	DO-43	2	2	2	3	1	1	1	34.61	0.188	3.93	0.936	0.01	1.00	29.90	0.336	17.42	8.80	0.05	0.44	0.00	0.25	10.06	0.09	0.97	0.01	11.69	12.19	154	205	<10	152	<51	359	34	34	1152	<116	<11	<10	<20	Lutita carbonática gris oscuro, reacción con el HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-44	2	2	1	1	1	1	1	22.46	0.110	1.56	0.592	0.01	1.00	47.86	0.331	21.06	14.42	0.07	0.34	0.01	0.64	30.74	0.21	0.50	0.02	4.70	6.38	172	291	<10	172	<51	1210	<10	35	1420	<116	91	<10	22	Caliza negra, masiva, reacciona con el HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-45	2	2	1	2	1	1	1	20.89	0.089	1.76	0.488	0.01	1.00	52.04	0.294	22.90	11.85	0.05	0.28	0.01	0.57	29.53	0.17	0.44	0.02	5.99	23.63	38	213	<10	135	<51	146	<10	28	1152	<116	<11	<10	23	Caliza negra, masiva, con vetas
QUERECUAL	1	DO-46	2	2	2	2	1	1	1	21.23	0.088	1.52	1.134	0.01	1.00	48.26	0.320	21.43	13.93	0.06	0.34	0.01	0.66	31.95	0.21	0.47	0.01	4.76	9.24	56	210	<10	<100	60	496	<10	29	1452	<116	<11	<10	29	Caliza negra, efervesce con el HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-47	2	2	1	2	1	1	1	31.34	0.097	2.61	0.592	0.01	2.31	43.28	0.326	19.04	11.99	0.04	0.23	0.00	0.88	16.56	0.12	0.78	0.02	8.02	3.73	261	330	<10	224	88	1989	14	33	1173	<116	108	<10	25	Caliza negra, con calcita, masiva, reacciona al HCL
QUERECUAL	1	DO-48	2	2	2	3	1	1	1	28.98	0.112	2.53	0.830	0.01	1.00	45.07	0.330	19.83	8.79	0.04	0.28	0.00	0.31	13.97	0.10	0.70	0.01	9.88	14.89	32	239	<10	<100	47	343	13	30	1259	<116	<11	<10	20	Lutita negra, con calcita, masiva, muy dura, laminada
QUERECUAL	1	DO-49	2	2	1	1	1	1	1	17.00	0.093	1.03	0.472	0.01	1.00	53.67	0.317	23.61	16.44	0.09	0.46	0.01	0.97	51.89	0.31	0.34	0.02	3.26	36.34	26	<150	<10	<100	56	272	<10	30	1335	<116	<11	<10	29	Caliza negra, con calcita, efervesce con el HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-50	2	2	2	3	1	1	1	23.51	0.118	1.61	0.512	0.01	1.00	47.45	0.355	20.88	14.57	0.07	0.32	0.01	0.62	29.41	0.22	0.53	0.02	4.54	9.38	125	289	<10	180	<51	923	12	31	1259	<116	48	<10	<20	Lutita carbonática negra, laminada
QUERECUAL	1	DO-51	2	2	2	2	1	1	1	30.56	0.104	1.81	0.617	0.01	1.00	41.93	0.337	18.45	16.83	0.06	0.34	0.01	0.55	23.23	0.19	0.77	0.02	5.36	5.35	195	184	<10	121	<51	698	<10	30	1066	<116	<11	<10	<20	Caliza negra, muy dura, laminada, tamaño limo, (cambio de buz.)
QUERECUAL	1	DO-52	2	2	1	1	1	1	1	41.80	0.120	2.22	0.724	0.01	1.00	34.67	0.298	15.25	18.85	0.05	0.33	0.00	0.45	15.63	0.13	1.27	0.01	7.45	3.96	302	244	<10	102	<51	990	15	34	1281	<116	42	<10	<20	Caliza negra, con calcita, laminada
QUERECUAL	1	DO-53	2	2	2	3	1	1	1	42.05	0.153	3.90	0.924	0.01	1.00	32.09	0.333	14.72	8.60	0.04	0.32	0.00	0.34	11.05	0.12	1.31	0.01	8.72	3.13	129	329	<10	129	<51	642	13	36	930	<116	33	<10	<20	Lutita carbonática gris oscuro, reacción con el HCL
QUERECUAL	1	DO-54	2	2	1	1	1	1	1	18.75	0.081	0.83	1.730	0.01	1.00	50.44	0.266	22.19	22.48	0.10	2.07	0.01	1.20	60.46	0.32	0.39	0.01	3.14	5.01	162	<150	<10	<100	<51	223	20	<27	1709	<116	<11	<10	52	Caliza negra, reacciona con el HCL diluido
QUERECUAL	1	DO-55	3	2	2	1	1	1	1	40.48	0.171	4.00	1.010	0.01	1.00	29.93	0.281	13.17	10.13	0.04	0.25	0.00	0.25	7.49	0.07	1.49	0.01	14.24	9.10	188	<150	<10	<100	<51	372	<10	36	1420	<116	<11	<10	<20	Caliza gris oscuro, con segregaciones de calcita y ox. de fe., masiva
QUERECUAL	1	DO-56	3	2	2	3	1	1	1	37.86	0.084	1.21	0.524	0.01	1.00	36.63	0.216	16.12	31.38	0.07	0.43	0.01	0.83	30.36	0.18	1.07	0.02	5.60	1.95	217	<150	<10	217	<51	1140	<10	30	1147	<116	<11	<10	78	Caliza gris oscuro, con vetillas de qz y calcita,masiva
QUERECUAL	1	DO-57	3	2	2	3	1	1	1	24.95	0.109	1.97	0.589	0.01	1.00	45.26	0.323	19.92	12.66	0.06	0.30	0.01	0.51	22.98	0.16	0.59	0.02	6.09	5.72	191	305	<10	197	58	827	15	31	1227	<116	46	<10	<20	Caliza negra , tabular, masiva
QUERECUAL	1	DO-58	3	2	2	3	1	1	1	21.10	0.093	1.78	0.454	0.01	1.00	49.60	0.290	21.82	13.78	0.06	0.35	0.01	0.57	29.21	0.18	0.46	0.02	6.69	8.35	17	290	<10	<100	61	650	12	33	1709	<116	17	<10	30	Caliza negra, muy dura, laminada
QUERECUAL	1	DO-59	3	2	2	3	1	1	1	21.08	0.101	1.83	0.568	0.01	1.00	49.38	0.313	21.73	11.50	0.06	0.31	0.01	0.55	26.94	0.17	0.46	0.02	5.86	14.06	72	216	<10	123	<51	336	29	34	2244	<116	<11	<10	23	Lutita carbonática gris oscuro, con vetillas de qz. y calcita, laminada. (cambio de buz.)
QUERECUAL	1	DO-60	3	2	1	1	1	1	1	22.34	0.079	0.66	0.373	0.01	1.62	48.03	0.251	21.13	33.87	0.12	0.57	0.02	2.46	72.81	0.38	0.48	0.03	2.63	1.22	645	335	<10	215	<51	1594	<10	35	1485	<116	180	<10	25	Caliza gris oscura a negra, con calcita, masiva
QUERECUAL	1	DO-61	3	2	2	2	1	1	1	21.27	0.090	1.34	0.687	0.01	1.00	47.93	0.350	21.65	15.88	0.07	0.51	0.01	0.75	36.73	0.26	0.46	0.01	3.83	1.10	307	207	<10	183	<51	521	24	34	1806	<116	65	<10	26	Lutita carbonática, con vetillas de calcita, laminada, muy dura
QUERECUAL	1	DO-62	3	2	1	2	1	1	1	18.65	0.083	1.67	0.431	0.01	1.67	53.07	0.316	23.35	11.18	0.05	0.26	0.01	1.00	31.82	0.19	0.38	0.02	5.28	1.42	583	255	<10	151	<51	669	<10	34	1677	<116	144	<10	27	Caliza negra, con calcita, laminada
QUERECUAL	1	DO-63	3	2	1	2	1	1	1	17.25	0.087	0.38	0.460	0.01	1.00	50.73	0.311	22.32	45.63	0.23	1.22	0.03	2.65	134.23	0.82	0.35	0.02	1.21	1.70	513	353	<10	183	<51	722	<10	32	1559	<116	108	<10	27	Caliza gris oscuro a negro, con segregaciones de calcita, fractura irregular
QUERECUAL	1	DO-64	3	2	2	2	1	1	1	22.26	0.178	2.37	0.992	0.01	2.00	46.76	0.402	20

Formación	Localidad	Muestra	Unidad	Litología	Litofacies 1	Litofacies 2	Paleoambiente	Paleobatimetría	Herron-Michael	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	CO_2 (%)	SiO_2/Al_2O_3	TiO_2/Al_2O_3	Fe_2O_3/Al_2O_3	MnO/Al_2O_3	MgO/Al_2O_3	CaO/Al_2O_3	K_2O/Al_2O_3	$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	MnO/Fe_2O_3	Al_2O_3/K_2O	TiO_2/V	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb	LITOLOGÍA	$Log(Fe_2O_3/K_2O)$	$Log(SiO_2/Al_2O_3)$	Ca	Litología
NARICUAL	1	OR-01(base)	1	1	1	1	1	1	1	56.25	0.200	0.889	1.508	0.13	1.00	15.38	0.05	0.09	63.30	0.22	0.088	0.663	10.202	0.035	0.058	3.71	0.088	16.84	99.76	20	150	11	100	40	48	10	27	644	144	11	10	20	Arenisca gris oscuro, muy compacta, grano fino	1.46	1.80	10.99	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-02	1	1	3	1	1	1	1	97.33	0.142	0.320	1.569	0.01	1.68	0.09	0.29	0.06	303.96	0.44	0.008	1.068	0.055	0.184	0.040	1132.23	0.008	1.11	70.79	20	150	11	100	40	48	10	27	81	123	11	10	20	Arenisca gris claro , compacta, grano fino a grueso, masiva	0.73	2.48	0.06	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-03	1	1	2	1	1	1	2	95.27	0.027	0.282	0.503	0.02	2.82	0.10	0.33	0.10	338.24	0.81	0.036	5.588	0.197	0.663	0.199	962.29	0.036	0.84	113.69	20	150	11	100	40	48	10	27	39	137	23	10	20	Arenisca blanca a gris, masiva , grano medio a grueso ,con qz.	0.18	2.53	0.07	Arcilla-Fe
NARICUAL	1	OR-04	1	1	1	1	1	1	2	89.91	0.061	1.064	0.535	0.01	2.41	0.12	0.29	0.03	84.51	0.06	0.027	4.498	0.227	0.537	0.051	748.44	0.027	3.70	30.72	20	150	11	508	40	48	10	27	89	116	11	10	20	Arenisca blanca a rosado claro, masiva, compacta , grano medio	0.27	1.93	0.09	Arcilla-Fe
NARICUAL	1	OR-05	1	1	3	1	1	1	2	76.73	0.586	9.64	3.947	0.01	1.96	0.11	0.81	0.26	7.96	0.06	0.003	0.497	0.028	0.206	0.065	789.87	0.003	11.85	167.57	35	150	11	100	40	81	10	42	125	292	11	10	20	Arenisca gris, grano medio, masiva, compacta, con muscovita.	0.69	0.90	0.08	Arcilla-Fe
NARICUAL	1	OR-06	1	1	1	1	1	1	2	84.11	0.456	4.38	3.205	0.01	2.67	0.10	0.18	0.20	19.20	0.10	0.003	0.855	0.031	0.059	0.054	910.46	0.003	23.80	228.20	20	150	14	100	40	48	10	31	90	355	11	10	20	Arenisca gris claro , compacta, grano fino , masiva, con musgo	1.23	1.28	0.07	Arenisca- Fe
NARICUAL	1	OR-07	1	2	5	3	4	2	3	50.47	0.849	21.35	4.646	0.01	1.00	0.15	2.14	0.37	2.36	0.04	0.002	0.217	0.032	0.461	0.080	482.82	0.002	9.97	91.28	93	150	11	100	40	83	10	97	171	185	11	10	40	Lutitas marron oscuro a negro, muy disgregada	0.34	0.37	0.11	lutita
NARICUAL	1	OR-08	1	1	2	3	4	2	3	49.27	0.813	21.45	4.062	0.01	0.90	0.22	2.35	0.36	2.30	0.04	0.002	0.165	0.036	0.458	0.080	327.29	0.002	9.13	121.89	137	150	11	100	40	81	10	104	192	165	11	10	40	Lutitas marrón oscuro , laminada, deleznable	0.41	0.36	0.15	lutita
NARICUAL	1	OR-09	1	1	2	3	4	2	3	75.65	0.525	5.493	5.607	0.01	2.25	0.31	0.19	0.23	13.77	0.10	0.002	0.401	0.055	0.334	0.041	263.34	0.002	28.74	262.28	20	150	15	100	40	84	10	32	99	318	11	10	20	Arenisca gris oscuro a negro, grano fino, muy compacta, laminada	1.47	1.14	0.22	Arenisca- Fe
NARICUAL	1	OR-10	1	2	7	3	4	2	4	27.89	0.317	7.997	30.875	0.57	4.09	0.64	0.66	0.14	3.58	0.04	0.018	0.133	0.021	0.021	0.005	55.56	0.018	11.88	109.19	29	150	11	40	40	150	10	55	157	142	11	10	20	Lutitas marron rojizo, laminada, delezable	1.67	0.55	0.46	Subilarenita
NARICUAL	1	OR-11	1	2	5	3	4	2	3	53.83	0.988	24.57	5.046	0.01	0.81	0.17	1.84	0.31	2.19	0.04	0.002	0.083	0.022	0.490	0.076	706.48	0.002	9.94	102.29	20	150	11	100	40	118	10	106	189	158	11	10	20	Lutitas marron oscuro, muy disgregada	0.31	0.34	0.08	lutita
NARICUAL	1	OR-12	1	2	5	3	4	2	3	51.02	0.821	22.50	6.081	0.01	1.00	0.15	2.37	0.36	2.27	0.04	0.002	0.164	0.024	0.389	0.059	502.19	0.002	9.50	93.28	88	150	14	569	40	122	10	103	185	164	11	10	44	Lutitas marron oscuro, laminada	0.41	0.36	0.10	lutita
NARICUAL	1	OR-13	1	2	5	3	4	2	3	47.73	0.737	22.45	9.381	0.08	1.00	0.21	2.27	0.32	2.13	0.03	0.008	0.107	0.023	0.242	0.035	331.04	0.008	9.91	129.34	57	150	19	100	40	154	10	107	192	158	11	10	59	Lutitas marron oscuro a negro, laminada, muy disgregada	0.62	0.33	0.15	lutita
NARICUAL	1	OR-14	1	2	5	3	4	2	3	74.93	0.562	8.67	3.155	0.02	1.20	0.16	0.15	0.49	8.65	0.06	0.005	0.281	0.042	0.357	0.070	566.08	0.005	57.75	280.92	20	150	11	100	40	48	10	38	125	233	11	10	21	Arenisca gris claro, compacta, grano fino , masiva, muy compacta	0.86	0.94	0.11	Arenisca- Fe
NARICUAL	1	OR-15	1	1	1	1	1	1	1	91.02	0.713	3.862	0.822	0.01	1.00	0.10	0.05	0.31	23.57	0.18	0.013	1.216	0.127	0.056	0.381	910.53	0.013	83.67	356.36	20	150	11	100	40	48	10	28	183	354	11	10	20	Arenisca , grano fino, laminada, muy compacta	1.25	1.37	0.07	Arenisca- Fe
NARICUAL	1	OR-16	1	1	1	1	1	1	1	87.11	0.585	4.148	3.686	0.01	2.46	0.09	0.05	0.26	21.01	0.14	0.004	0.666	0.025	0.013	0.070	976.22	0.004	87.02	292.26	20	150	14	100	40	74	10	27	86	414	11	10	20	Arenisca gris verdosa claro, grano muy fino, laminada, meteorizada	1.89	1.32	0.07	Arenisca Cuarzosa
NARICUAL	1	OR-17	1	2	7	3	1	1	1	58.78	0.822	21.275	2.950	0.01	1.00	0.11	2.06	0.36	2.76	0.04	0.003	0.339	0.038	0.699	0.123	712.41	0.003	10.32	139.33	59	150	11	100	40	69	10	77	177	222	11	10	43	Lutitas marrón rojizo, laminada, algo compacta	0.16	0.44	0.08	Arcilla-Fe
NARICUAL	1	OR-18	1	1	1	1	1	1	1	86.87	0.476	9.010	1.271	0.01	1.00	0.12	0.48	0.21	9.64	0.05	0.008	0.787	0.093	0.377	0.165	814.81	0.008	18.82	206.75	23	150	11	100	40	48	10	33	121	182	11	10	20	Arenisca gris, grano fino, laminada, compacta	0.42	0.98	0.08	Arcilla-Fe
NARICUAL	1	OR-19	1	1	2	1	1	1	1	71.79	0.663	10.293	3.823	0.01	1.78	0.12	0.91	0.17	6.97	0.06	0.005	0.259	0.049	0.172	0.088	946.76	0.006	49.29	331.71	20	150	11	100	40	48	10	29	90	250	11	10	20	Arenisca rosado, grano fino , muy compacta, con qz, y musc,	1.35	1.38	0.07	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-20	1	1	1	1	1	1	1	90.93	0.532	3.115	0.796	0.01	1.00	0.09	0.03	0.23	69.13	0.40	0.014	1.256	0.159	0.047	0.117	0.032	0.294	991.05	0.014	91.52	266.23	20	150	11	100	40	48	10	27	81	249	11	10	20	Arenisca , grano medio, inequigranular, deleznable	1.50	1.84	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-21	1	1	1	1	1	1	1	82.57	0.475	7.085	3.232	0.02	1.27	0.11	0.26	0.21	11.65	0.07	0.005	0.392	0.035	0.081	0.065	801.91	0.005	27.11	175.88	27	150	11	100	40	48	10	32	101	410	11	10	20	Arenisca gris claro, muy compacta, masiva	1.09	1.07	0.08	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-22	1	1	1	1	1	1	1	90.23	0.093	1.901	1.711	0.01	1.41	0.11	0.01	0.44	4.33	0.00	0.014	0.098	0.032	0.057	0.001	970.19	0.014	130.24	46.33	20	150	11	100	40	48	10	27	81	116	11	10	20	Arenisca blanca a rosado, muy compacta, grano fino, delezable	2.85	1.84	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-23	1	1	1	1	1	1	1	89.65	1.100	2.003	1.139	0.01	1.00	0.10	0.05	0.48	44.76	0.55	0.009	0.878	0.088	0.044	0.425	916.37	0.009	40.26	549.78	20	150	11	100	40	48	10	27	81	506	11	10	20	Arenisca rosado pálido, grano fino, muy compacta, masiva	1.36	1.65	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-24	1	1	1	1	1	1	1	89.09	0.188	1.838	1.317	0.01	1.57	0.10	0.01	0.28	48.48	0.11	0.028	0.268	0.034	0.001	0.185	952.70	0.028	183.78	98.95	20	150	11	100	40	48	10	27	81	133	11	10	20	Arenisca blanco a rosado, grano medio a fino, masiva, delezinable	1.71	1.69	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-25	2	1	4	1	1	1	1	58.74	0.161	3.861	2.786	0.11	1.00	13.23	0.25	0.07	15.22	0.04	0.041	0.359	4.749	0.091	0.025	4.73	0.041	15.28	80.56	20	150	11	100	40	58	10	31	241	124	11	10	20	Arenisca marrón, grano fino, laminada, compacta, reacción al hcl, meteorizada	1.04	1.18	9.45	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-26	2	2	5	3	1	1	1	48.01	0.747	21.954	6.656	0.01	1.00	0.39	1.91	0.33	2.19	0.03	0.002	0.150	0.058	0.288	0.049	179.81	0.002	11.47	146.37	51	150	11	100	40	92	10	94	170	168	11	10	45	Lutitas marrón oscuro, muy disgregada	0.54	0.34	0.28	lutita
NARICUAL	1	OR-27	2	2	7	3	1	1	1	56.98	0.361	3.354	2.727	0.03	1.34	0.10	0.05	0.16	27.07	0.11	0.011	0.491	0.035	0.020	0.058	976.45	0.011	60.98	180.69	20	150	11	100	40	48	10	27	84	231	11	10	20	Arenisca gris claro, grano fino, laminada, compacta, meteorizada	1.70	1.43	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-28	2	2	3	2	3	1	1	74.99	0.500	8.176	4.401	0.04	1.56	0.16	0.47	0.22	9.17	0.06	0.009	0.354	0.036	0.108	0.050	523.48	0.009	17.26	249.85	20	150	11	100	40	79	10	37	124	190	11	10	20	limolita gris verdosa muy compacta, masiva	0.97	0.96	0.11	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-29	2	2	7	3	1	1	1	90.49	0.063	0.292	0.810	0.02	1.94	0.09	0.01	0.03	309.60	0.21	0.020	2.398	0.116	0.012	0.034	965.93	0.020	29.23	31.36	20	150	11	100	40	48	10	27	81	116	11	10	20	Arenisca gris a rosado, grano fino, muy compacta, estriada	1.91	2.49	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-30	2	2	7	3	1	1	1	59.56	0.995	23.977	2.953	0.01	1.00	0.11	2.83	0.41	2.48	0.04	0.003	0.339	0.047	0.122	0.118	718.48	0.003	10.45	104.78	20	150	11	100	40	48	10	27	187	179	11	10	31	Lutitas marron oscuro , laminada, delezable	0.11	0.40	0.08	lutita
NARICUAL	1	OR-31	2	2	7	3	1	1	1	44.05	0.748	20.636	6.598	0.08	1.00	0.59	2.12	0.33	2.13	0.04	0.012	0.152	0.090	0.321	0.050	109.49	0.012	9.73	226.53	33	150	11	100	40	148	10	98	192	170	11	10	47	Lutitas marrón rojizo, con yeso, muy delezinable	0.49	0.33	0.42	lutita
NARICUAL	1	OR-32	2	2	7	3	1	1	1	46.24	0.693	22.684	7.972	0.04	1.00	0.18	1.99	0.30	2.04	0.03	0.018	0.125	0.018	0.249	0.038	468.76	0.018	11.43	144.39	48	150	12	100	40	128	10	98	179	156	11	10	46	Arenisca gris a rosado, grano fino, muy compacta, masiva	0.90	0.36	0.13	lutita
NARICUAL	1	OR-33	2	2	7	3	1	1	1	46.85	0.825	21.122	6.551	0.04	1.00	0.18	2.08	0.36	2.22	0.04	0.005	0.153	0.028	0.318	0.055	375.32	0.005	10.13	137.44	60	150	11	100	40	153	10	99	179	173	11	10	41	Lutitas marron claro a amarillento, con yeso, muy disgregada	0.50	0.35	0.13	lutita
NARICUAL	1	OR-34	2	2	7	3	1	1	1	49.77	0.690	23.292	7.605	0.02	1.00	0.26	2.13	0.30	2.14	0.03	0.002	0.131	0.035	0.281	0.040	276.84	0.002	10.92	113.04	61	150	11	100	40	122	10	100	171	151	11	10	32	Lutitas marron claro a rojizo con yeso	0.55	0.33	0.19	lutita
NARICUAL	1	OR-35	2	2	4	2	1	1	1	48.95	0.635	8.350	3.328	0.02	3.02	0.14	0.37	0.28	10.27	0.08	0.006	0.907	0.043	0.111	0.084	658.26	0.006	22.37	317.62	20	150	11	100	40	48	10	36	113	565	11	10	20	Arenisca gris, grano fino, muy compacta, masiva	0.95	1.01	0.10	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-36	2	1	2	3	1	1	1	72.45	0.570	9.919	3.571	0.07	1.17	0.89	0.58	0.25	7.30	0.06	0.020	0.328	2.433	0.163	0.070	9.48	0.020	16.99	285.05	20	150	11	100	40	72	10	39	163	466	11	10	20	Arenisca gris oscuro, con musc., calcita post- diagenética, grano fino, masiva, compacta	0.79	0.86	0.21	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-37	2	2	7	3	1	1	1	50.76	0.793	21.081	8.895	0.11	1.00	0.30	1.99	0.35	2.41	0.04	0.013	0.112	0.034	0.223	0.039	240.54	0.013	10.61	118.42	67	150	18	100	40	222	10	88	180	169	11	10	42	Lutitas marrón rojizo y gris, delezinable	0.65	0.38	0.21	lutita
NARICUAL	1	OR-38	2	2	7	3	1	1	1	53.33	0.941	20.627	6.197	0.02	1.00	0.30	1.97	0.32	2.59	0.05	0.002	0.145	0.032	0.095	0.051	494.70	0.002	8.57	142.60	59	150	11	100	40	159	10	104	186	177	11	10	34	Lutitas marrón rojizo, laminada	0.46	0.40	0.10	lutita
NARICUAL	1	OR-39	2	2	5	3	1	1	1	52.30	0.779	23.563	7.082	0.02	1.00	0.50	2.23	0.34	2.22	0.03	0.003	0.141	0.071	0.315	0.048	151.66	0.003	10.56	144.19	54	150	11	100	40	124	10	102	193	182	11	10	42	Lutitas marron oscuro a negro	0.50	0.35	0.36	lutita
NARICUAL	1	OR-40	2	2	5	3	1	1	1	49.76	0.807	21.491	6.836	0.02	1.00	0.51	2.25	0.34	2.32	0.04	0.002	0.144	0.048	0.352	0.051	212.68	0.002	8.57	144.08	55	150	11	100	40	151	10	110	191	171	11	10	62	Lutitas marrón oscuro a rojizo, laminada, delezinable	0.44	0.36	0.24	lutita
NARICUAL	1	OR-41	2	2	5	3	1	1	1	67.75	0.724	18.490	6.401	0.07	2.96	0.22	1.08	0.32	3.66	0.04	0.010	0.463	0.034	0.169	0.050	398.24	0.010	17.06	219.31	33	150	11	100	40	145	10	56	158	196	11	10	20	Lutitas marron oscuro, laminada, compacta	0.77	0.56	0.15	waca
NARICUAL	1	OR-42	2	1	1	3	1	1	1	93.22	0.436	2.611	3.501	0.05	3.30	0.12	0.09	0.19	35.70	0.17	0.014	0.943	0.034	0.000	0.055	805.12	0.014	261.04	218.26	20	150	11	100	40	49	10	27	81	266	11	10	20	Arenisca gris, grano fino, muy compacta, masiva	3.54	1.55	0.09	Arenisca-Fe
NARICUAL	1	OR-43	2	1	2	3	1	1	1	49.65	0.750	21.280	7.026	0.01	1.00	0.12	2.54	0.33	2.24	0.04	0.001	0.142	0.018	0.302	0.047	597.84	0.001	8.36	104.15	72	150	11	100	40	48	10	27	109	213	11	10	53	Lutitas marrón rojizo , laminada	0.44	0.35	0.08	lutita
NARICUAL	1	OR-44	2	1	2	3	1	1	1	82.71	0.408	8.192	3.537	0.02	1.00	0.12	0.53	0.18	10.10	0.05	0.007	0.283	0.035	0.149	0.051	729.98	0.007	15.54	203.81	20	150	11	100	40	66	10	39	127	156	11	10	20	Arenisca gris oscuro, laminada, compacta	0.83	1.00	0.09	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-45	2	1	2	3	1	1	1	90.42	0.626	4.753	2.194	0.02	1.00	0.09	0.17	0.28	19.02	0.13	0.008	0.456	0.048	0.078	0.125	1009.33	0.008	27.78	312.79	20	150	11	100	40	48	10	30	89	313	11	10	20	Arenisca gris pardo, con qz, ox, de fe y muscovita, grano fino ,masiva	1.11	1.28	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-46	2	1	2	3	1	1	1	55.19	0.682	15.113	10.100	0.21	1.00	0.50	0.21	0.09	15.71	0.05	0.021	0.447	0.032	0.033	0.014	264.99	0.021	15.71	235.04	20	150	11	100	40	51	10	51	165	229	11	10	35	Lutitas gris oscuro , laminada, compacta	1.02	0.56	0.19	Litarenita
NARICUAL	1	OR-47	2	1	1	3	1	1	1	75.32	0.413	8.302	2.995	0.02	1.00	0.13	0.51	0.18	9.07	0.05	0.006	0.334	0.043	0.171	0.061	648.29	0.006	16.17	206.44	20	150	11	145	40	51	10	35	126	145	11	10	20	Arenisca gris , con qz, ox, de fe, grano fino, laminada	0.77	0.96	0.09	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-48	2	1	2	3	1	1	1	73.0	0.428	18.466	4.226	0.01	1.00	0.14	1.62	0.19	3.95	0.02	0.015	0.478	0.033	0.044	0.040	654.18	0.015	11.38	133.24	20	150	11	100	40	48	10	27	81	116	11	10	20	Arenisca marrón claro, con musc, grano fino, masiva	0.62	0.60	0.10	Arcilla - Fe
NARICUAL	1	OR-49	2	1	2	3	1	1	1	87.46	0.244	2.597	1.752	0.01	1.71	0.10	0.20	0.14	33.67	0.09	0.007	0.204	0.074	0.062	0.052	1037.44	0.007	8.59	68.68	20	150	11	100	40	48	10	29	82	131	11	10	20	Arenisca marrón claro, grano fino, compacta	0.95	1.53	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-50	2	4	6	1	2	1	1	82.72	1.358	7.224	4.816	0.01	1.00	0.35	0.78	0.60	4.53	0.19	0.002	0.208	0.074	0.162	0.124	112.58	0.002	9.26	196.86	69	150	11	100	40	48	10	36	177	162	11	10	20	lignito negro, compacto (capa guia)	0.79	0.66	0.25	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-51	2	1	1	1	1	1	1	71.91	0.743	4.020	5.679	0.03	1.00	0.17	0.80	0.22	17.88	0.10	0.008	0.106	0.176	0.017	0.038	1168.63	0.008	18.63	239.79	41	150	11	100	40	48	10	31	93	455	11	10	28	Arenisca gris claro, grano fino, muy compacta, con qz, ox, de fe, grano grueso	1.42	1.25	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-52	2	1	2	3	1	1	1	95.92	0.310	1.253	1.544	0.01	2.92	0.08	0.02	0.14	76.53	0.25	0.009	1.783	0.054	0.011	0.088	1174.82	0.009	72.75	155.16	20	150	11	100	40	48	10	27	81	184	11	10	20	Arenisca amarilla ,qz,micas y ox, de fe, grano fino, grano grueso	1.95	1.88	0.06	Arenisca- cuarzosa
NARICUAL	1	OR-53	2	1	2	3	1	1	1	76.69	0.259	5.628	4.147	0.02	1.03	0.10	0.10	0.11	30.34	0.10	0.005	0.247	0.023	0.024	0.027	825.53	0.005	24.99	129.41	20	150	11	202	40	82	10	28	82	149	11	10	20	Arenisca gris claro,qz y ox, de fe, grano muy fino, compacta	1.61	1.48	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-54	2	1	2	3	1	1	1	68.14	0.607	24.742	2.746	0.02	1.00	0.12	0.04	0.22	28.24	0.09	0.002	0.087	0.002	0.004	0.001	550.89	0.002	24.63	178.62	34	150	11	100	40	48	10	27	95	403	11	10	20	Arenisca gris claro, grano fino, muy compacta	3.98	1.36	0.07	Arenisca -Qz
NARICUAL	1	OR-55	2	1	2	1	1	1	1	77.84	0.421	2.079	3.118	0.02	1.00	0.10	0.09	0.19	37.44	0.20	0.006	0.321	0.034	0.028	0.059	795.58	0.006	23.44	210.62	20	150	11	106	40	64	10	29	83	256	11	10	20	Arenisca gris pardusco, con qz y musc, laminada de grano fino	1.55	1.57	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-56	2	1	1	1	1	1	1	79.96	0.383	0.141	1.064	0.01	1.45	0.08	0.01	0.11	668.26	2.71	0.013	1.359	0.092	0.021	0.156	970.74	0.013	141.49	191.59	20	150	11	100	40	48	10	27	81	148	11	10	20	Arenisca gris claro, grano fino, muy compacta	2.82	1.90	0.07	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-57	2	1	2	1	1	1	1	71.09	0.470	7.407	2.831	0.03	1.34	0.15	0.55	0.21	9.60	0.06	0.009	0.472	0.054	0.193	0.073	509.28	0.009	13.59	234.93	20	150	11	100	40	73	10	34	108	145	11	10	20	Arenisca gris claro , con qz, y ox, de fe, grano fino, algo compacta	0.72	0.98	0.11	Arcilla - Fe
NARICUAL	1	OR-58	3	1	3	1	1	1	2	71.35

TABLA DE DATOS QUIMICOS DE LAS SECCIONES RIO OREGANO Y TIPO PERTENECIENTES A LA FORMACION NARICUAL

Formación	Localidad	Muestra	Unidad Litología	Litofacies 1	Litofacies 2	Paleoambiente	Paleobatimetría	Herron-Michael	ELEMENTOS MAYORITARIOS (%) SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	K2O	CO2(T)	ELEMENTOS MAYORITARIOS NORMALIZADOS (%) SiO2/Al2O3	TiO2/Al2O3	Fe2O3/Al2O3	MnO/Al2O3	MgO/Al2O3	CaO/Al2O3	K2O/Al2O3	RELACIONES Al2O3/SiO2	TiO2/CaO	MnO/Fe2O3	Al2O3/K2O	ELEMENTOS TRAZA (ppm) LITOLOGÍA V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Sc	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb	CLASIFICACIÓN SILICICLÁSTICA DE HERRON MICHAEL Log(Fe2O3/K2O)	Log(SiO2/Al2O3)	Ca	Litología
NARICUAL	1	OR-01(base)	1	1	3	1	1	1	56.25	0.800	10.00	1.508	0.13	1.00	15.35	0.05	0.09	63.30	0.22	0.088	0.663	10.202	0.035	0.058	3.71	0.008	16.84	39.76	<20	<150	<11	<100	97	<40	48	<10	<27	64	144	<11	<10	<20	Arenisca gris oscuro, muy compactada, grano fino	1.46	1.80	10.99	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-02	1	1	3	1	1	1	97.33	0.142	0.320	1.569	0.01	1.68	0.09	0.29	0.06	303.96	0.44	0.008	1.068	0.055	0.184	0.040	1132.23	0.008	1.11	70.79	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	<27	<81	123	<11	<10	<20	Arenisca gris claro , compacta, grano fino a grueso, masiva	0.73	2.48	0.06	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-03	1	1	8	1	1	2	95.27	0.227	0.282	0.503	0.02	2.82	0.10	0.33	0.10	338.24	0.81	0.036	5.598	0.197	0.663	0.199	962.29	0.036	0.84	113.69	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	<27	<81	139	<11	<10	<20	Arenisca blanco a gris, masiva , grano medio a grueso ,con qz.	0.18	2.53	0.07	Arcilla-Fe
NARICUAL	1	OR-04	1	1	3	1	1	1	89.91	0.061	1.064	0.535	0.01	2.41	0.12	0.29	0.03	84.51	0.06	0.027	4.498	0.227	0.537	0.051	748.44	0.027	3.70	30.72	<20	<150	<11	<100	51	508	<40	<48	<10	<27	88	<116	<11	<10	<20	Arenisca blanco a rosado claro, masiva, compacta , grano medio	0.27	1.93	0.09	Arcilla-Fe
NARICUAL	1	OR-05	1	1	3	1	1	2	76.73	0.586	9.64	3.947	0.01	1.96	0.11	0.81	0.26	7.96	0.06	0.003	0.497	0.028	0.206	0.065	789.87	0.003	11.85	167.57	35	<150	<11	<100	<40	81	<10	42	125	292	<11	<10	<20	Arenisca gris, grano medio, masiva, compacta, con muscovita.	0.69	0.90	0.08	Arcilla-Fe
NARICUAL	1	OR-06	1	1	2	1	1	1	84.11	0.456	4.38	3.126	0.01	2.67	0.10	0.18	0.20	19.20	0.10	0.003	0.855	0.031	0.059	0.064	910.46	0.003	23.80	228.20	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	31	90	355	<11	<10	<20	Arenisca gris claro , compacta, grano fino , masiva, con musgo	1.23	1.28	0.07	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-07	1	1	3	2	3	3	50.47	0.849	21.35	4.646	0.01	1.00	0.15	2.14	0.37	2.36	0.04	0.002	0.215	0.032	0.461	0.080	482.82	0.002	9.27	91.28	93	<150	<11	<100	<40	83	<10	97	171	88	<11	<10	<20	Lutitas marrón oscuro a negro, muy disgregada	0.34	0.37	0.11	lutita
NARICUAL	1	OR-08	1	2	5	3	4	2	49.27	0.813	21.45	6.062	0.01	1.00	0.22	2.35	0.36	2.30	0.04	0.002	0.165	0.036	0.388	0.059	327.29	0.002	9.13	121.29	67	<150	14	<100	<40	150	<10	104	192	165	<11	<10	46	Lutitas marrón oscuro , laminada, deleznable	0.41	0.36	0.15	lutita
NARICUAL	1	OR-09	1	2	5	4	2	3	75.65	0.525	4.493	5.607	0.01	2.25	0.31	0.19	0.23	13.77	0.10	0.002	0.401	0.055	0.034	0.041	263.34	0.002	28.74	262.28	<20	<150	15	<100	<40	84	<10	32	91	318	<11	<10	<20	Arenisca gris oscuro a negro, grano fino, muy compactada, laminada	1.47	1.14	0.22	Arenisca- Fe
NARICUAL	1	OR-10	1	2	7	3	4	3	27.89	0.317	7.797	30.875	0.57	4.09	0.64	0.66	0.14	3.58	0.04	0.018	0.133	0.021	0.021	0.005	55.56	0.018	11.88	109.19	29	<150	<11	<100	<40	152	<10	55	157	48	<11	<10	<20	Lutitas marrón rojizo, laminada, deleznable	1.67	0.55	0.46	Sublitarenita
NARICUAL	1	OR-11	1	2	5	3	4	2	53.81	0.869	24.57	5.046	0.01	2.84	0.11	2.47	0.38	2.19	0.04	0.002	0.563	0.022	0.490	0.076	706.46	0.002	9.94	102.29	85	<150	17	<100	<40	118	<10	106	189	168	<11	<10	43	Lutitas marrón oscuro, con materia orgánica, disgregada	0.31	0.34	0.08	lutita
NARICUAL	1	OR-12	1	2	5	3	4	2	51.02	0.820	22.50	6.081	0.01	1.00	0.15	2.37	0.36	2.27	0.04	0.002	0.164	0.024	0.389	0.059	502.19	0.002	9.50	93.28	88	<150	14	<100	<40	122	<10	103	189	164	<11	<10	44	Lutitas marrón rojizo, laminada	0.41	0.36	0.10	lutita
NARICUAL	1	OR-13	1	2	5	3	4	2	47.73	0.737	22.45	9.381	0.08	1.00	0.21	2.27	0.32	2.13	0.03	0.008	0.107	0.023	0.242	0.035	331.04	0.008	9.91	129.34	57	<150	19	<100	<40	154	<10	107	192	158	<11	<10	51	Lutitas marrón oscuro a negro, laminada, muy disgregada	0.62	0.33	0.15	lutita
NARICUAL	1	OR-14	1	1	1	1	1	1	74.93	0.562	8.662	3.555	0.02	1.00	0.15	0.49	0.25	8.65	0.06	0.005	0.281	0.042	0.137	0.070	566.08	0.005	17.75	280.92	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	38	125	233	<11	<10	21	Arenisca, grano fino, laminada, muy compacta	0.86	0.94	0.11	Arenisca- Fe
NARICUAL	1	OR-15	1	1	1	1	1	1	91.02	0.113	3.862	0.822	0.01	1.00	0.10	0.05	0.31	23.57	0.18	0.013	1.216	0.127	0.056	0.381	910.53	0.013	83.67	356.36	<20	<150	<11	<100	<40	26	<10	26	183	354	<11	<10	<20	Arenisca , grano fino, laminada, muy compacta	1.25	1.37	0.07	Arenisca- Fe
NARICUAL	1	OR-16	1	1	1	5	1	5	87.11	0.585	4.146	3.686	0.01	2.46	0.09	0.05	0.26	21.01	0.14	0.004	0.666	0.025	0.013	0.070	976.22	0.004	87.02	292.26	<20	<150	<11	<100	<40	74	<10	<27	86	414	<11	<10	<20	Arenisca gris verdoso claro, grano muy fino, laminada, meteorizada	1.89	1.32	0.07	Arenisca Cuarzosa
NARICUAL	1	OR-17	1	2	7	3	5	2	58.58	0.822	21.275	2.950	0.01	1.00	0.11	2.06	0.36	2.75	0.04	0.003	0.339	0.038	0.699	0.123	712.41	0.003	10.32	139.33	59	<150	<11	<100	<40	68	<10	77	177	222	<11	<10	43	Lutitas marrón rojizo, laminada, algo compacta	0.16	0.44	0.08	Lutita
NARICUAL	1	OR-18	1	2	7	3	5	2	86.87	0.479	8.210	1.271	0.01	1.00	0.12	0.48	0.12	8.64	0.05	0.008	0.787	0.093	0.377	0.165	814.81	0.008	18.82	205.75	23	<150	<11	<100	<40	48	<10	33	121	182	<11	<10	<20	Arenisca gris claro, grano fino, laminada, compacta	0.42	0.98	0.08	Arcilla-Fe
NARICUAL	1	OR-19	1	1	2	1	1	1	91.76	0.663	3.823	1.718	0.01	1.56	0.10	0.08	0.29	24.00	0.17	0.006	0.905	0.059	0.045	0.170	946.76	0.006	49.29	331.71	<20	<150	<11	<100	<40	48	<10	29	90	252	<11	<10	<20	Arenisca rosado, grano fino, masiva, compacta, con qz. y musc.	1.35	1.38	0.07	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-20	1	1	1	1	1	1	90.93	0.532	1.315	0.796	0.01	1.00	0.09	0.03	0.23	69.13	0.40	0.014	1.256	0.117	0.032	0.294	991.05	0.014	51.92	205.23	<20	<150	<11	<100	<40	48	<10	<27	48	249	<11	<10	<20	Arenisca , grano medio, inequigranular, deleznable	1.50	1.84	0.07	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-21	1	1	1	1	1	1	82.57	0.475	7.085	3.232	0.02	1.27	0.11	0.26	0.21	11.65	0.07	0.005	0.392	0.035	0.081	0.065	801.91	0.005	27.11	175.88	27	<150	<11	<100	<40	48	<10	32	101	410	<11	<10	<20	Arenisca gris claro, muy compacta, masiva	1.09	1.07	0.08	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-22	1	1	1	1	1	1	90.23	0.093	1.301	0.711	0.01	4.33	0.09	0.00	0.04	69.34	0.07	0.014	6.098	0.133	0.001	0.057	970.19	0.014	1301.24	46.33	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	<27	<81	<116	<11	<10	<20	Arenisca blanco a rosado, grano medio, masiva, deleznable	2.85	1.84	0.07	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-23	1	1	1	1	1	1	89.66	1.109	2.003	1.139	0.01	1.00	0.10	0.05	0.08	0.48	44.76	0.55	0.009	0.878	0.088	0.044	0.425	916.37	0.009	40.26	549.78	<20	<150	<11	<100	<40	48	<10	<27	83	144	<11	<10	<20	Arenisca rosado pálido, grano fino, muy compacta, masiva	1.36	1.65	0.07	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-24	1	1	1	1	1	1	89.09	0.198	1.838	0.517	0.01	1.57	0.10	0.01	0.10	48.48	0.11	0.026	3.031	0.185	0.019	0.185	952.70	0.026	183.76	98.95	<20	<150	<11	<100	<40	48	<10	<27	<81	133	<11	<10	<20	Arenisca blanco a rosado, grano medio a fino, masiva, deleznable	1.71	1.69	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-25	2	1	4	1	1	1	58.74	0.161	3.861	2.786	0.11	1.00	13.23	0.25	0.07	15.22	0.04	0.041	0.359	4.749	0.091	0.025	4.73	0.041	15.28	80.56	<20	<150	<11	<100	<40	58	<10	31	241	124	<11	<10	<20	Arenisca marrón, grano fino, laminada, compacta, reacción al hcl, meteorizada	1.04	1.18	9.45	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-26	2	1	4	1	1	1	48.01	0.747	21.954	6.656	0.01	1.00	0.39	1.91	0.33	2.19	0.03	0.002	0.150	0.058	0.088	0.049	179.81	0.002	11.47	146.37	51	<150	<11	<100	<40	94	<10	88	148	173	<11	<10	<20	Lutitas marrón oscuro, muy compactada, grano fino, masiva	0.54	0.34	0.28	lutita
NARICUAL	1	OR-27	2	1	2	1	1	1	90.58	0.361	3.354	2.727	0.03	1.34	0.10	0.05	0.16	27.01	0.11	0.011	0.491	0.035	0.020	0.058	976.45	0.011	60.98	180.69	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	<27	84	231	<11	<10	<20	Arenisca gris claro, grano fino, laminada, compacta, meteorizada	1.70	1.43	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-28	2	1	4	1	1	1	74.99	0.500	8.176	4.401	0.04	1.56	0.16	0.47	0.22	9.17	0.06	0.009	0.354	0.038	0.051	0.128	523.48	0.009	17.26	249.85	<20	<150	<11	<100	<40	37	124	190	<11	<10	<20	Arenisca gris verdosa claro, grano fino, masiva	0.97	0.96	0.11	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-29	2	1	2	1	1	1	90.49	0.063	0.292	0.810	0.02	1.94	0.09	0.01	0.03	309.60	0.21	0.020	2.398	0.116	0.012	0.034	965.93	0.020	29.23	31.36	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	<27	<81	<116	<11	<10	<20	Arenisca gris a rosado, grano fino, muy compacta, estriada	1.91	2.49	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-30	2	2	5	3	1	3	59.56	0.995	23.977	2.953	0.01	1.00	0.12	2.29	0.44	2.48	0.04	0.003	0.339	0.039	0.777	0.148	718.48	0.003	10.45	104.75	95	<150	<11	<100	<40	56	<10	97	187	178	<11	<10	31	Lutitas marrón oscuro, laminada, deleznable	0.11	0.40	0.08	lutita
NARICUAL	1	OR-31	2	2	6	3	1	3	44.05	0.783	20.636	6.598	0.01	1.00	0.59	2.12	0.33	2.13	0.04	0.012	0.152	0.090	0.327	0.050	109.49	0.012	9.73	128.53	33	<150	<11	<100	<40	48	<10	98	192	170	<11	<10	47	Lutitas marrón rojizo, muy deleznable	0.49	0.33	0.42	lutita
NARICUAL	1	OR-32	2	2	7	3	1	3	46.24	0.693	22.694	7.972	0.14	1.00	0.15	1.99	0.30	2.04	0.03	0.018	0.125	0.018	0.249	0.038	468.76	0.018	11.43	144.39	48	<150	<11	<100	<40	126	<10	128	10	98	179	156	<11	<10	46	Lutitas marrón claro a amarillento, con veso, muy disgregada	0.50	0.35	0.13	lutita
NARICUAL	1	OR-33	2	2	7	3	1	3	46.85	0.825	21.122	6.551	0.04	1.00	0.18	2.08	0.36	2.22	0.04	0.005	0.153	0.028	0.318	0.055	375.32	0.005	10.13	137.44	60	<150	<11	<100	<40	153	<10	99	179	173	<11	<10	41	Lutitas marrón claro a amarillento, con veso, muy disgregada	0.50	0.35	0.13	lutita
NARICUAL	1	OR-34	2	2	7	3	1	3	49.71	0.690	23.292	7.605	0.01	1.00	0.20	2.26	0.32	2.14	0.03	0.002	0.131	0.035	0.281	0.040	276.84	0.002	10.92	113.04	61	<150	<11	<100	<40	100	<10	171	151	171	<11	<10	32	Lutitas marrón rojizo, muy compacta, masiva	0.55	0.33	0.19	lutita
NARICUAL	1	OR-35	2	1	2	1	1	1	84.85	0.635	8.260	3.328	0.02	3.02	0.14	0.37	0.28	10.27	0.08	0.006	0.907	0.043	0.111	0.088	658.26	0.006	22.37	317.62	<20	<150	<11	<100	<40	61	<10	36	113	565	<11	<10	<20	Arenisca gris, grano muy fino, muy compacta, masiva	0.95	1.01	0.10	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-36	2	1	1	1	1	1	72.45	0.519	11.019	3.277	0.01	1.17	0.09	0.37	0.13	7.30	0.06	0.020	0.328	2.433	0.163	0.070	9.48	0.020	18.99	285.10	39	<150	<11	<100	<40	126	<10	98	146	466	<11	<10	<20	Arenisca gris oscuro, con musc., calcita posi. diagénetica, grano fino, masiva, compacta	0.79	0.88	0.21	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-37	2	2	7	3	1	3	50.76	0.793	21.081	8.895	0.11	1.00	0.30	1.99	0.35	2.41	0.04	0.013	0.112	0.034	0.223	0.039	240.54	0.013	10.61	118.42	67	<150	18	<100	<40	222	<10	88	180	169	<11	<10	42	Lutitas marrón rojizo y gris, deleznable	0.65	0.38	0.21	lutita
NARICUAL	1	OR-38	2	2	5	3	1	3	51.33	0.841	20.627	6.902	0.05	1.00	0.15	2.41	0.37	2.49	0.04	0.007	0.145	0.021	0.349	0.054	494.70	0.007	8.57	142.60	59	<150	<11	<100	<40	159	<10	104	186	177	<11	<10	41	Lutitas marrón oscuro a negro, laminada	0.46	0.40	0.10	lutita
NARICUAL	1	OR-39	2	2	5	3	1	3	52.30	0.853	23.563	7.082	0.02	1.00	0.50	2.03	0.34	2.22	0.03	0.003	0.141	0.071	0.315	0.048	151.66	0.003	10.56	144.19	54	<150	<11	<100	<40	102	<10	182	147	182	<11	<10	42	Lutitas marrón oscuro a negro	0.50	0.35	0.36	lutita
NARICUAL	1	OR-40	2	2	5	3	1	3	49.76	0.807	21.491	6.936	0.02	1.00	0.34	2.51	0.36	2.32	0.04	0.002	0.144	0.048	0.362	0.051	212.68	0.002	8.57	144.08	56	<150	<11	<100	<40	141	<10	110	191	171	<11	<10	62	Lutitas marrón oscuro a negro, laminada, deleznable	0.44	0.36	0.24	lutita
NARICUAL	1	OR-41	2	2	5	3	1	6	67.75	0.724	18.490	6.401	0.07	2.96	0.22	1.08	0.32	3.66	0.04	0.010	0.192	0.080	0.198	0.030	398.24	0.010	17.06	219.31	33	<150	<11	<100	<40	145	<10	56	158	196	<11	<10	<20	Lutitas marrón oscuro, laminada, compacta	0.77	0.56	0.15	waca
NARICUAL	1	OR-42	2	2	5	3	1	3	93.22	0.439	3.501	0.205	0.01	43.30	0.12	0.01	0.14	35.70	0.17	0.014	0.943	0.034	0.000	0.055	805.12	0.014	261.04	218.08	<20	<150	<11	<100	<40	151	<10	<27	<81	206	111	<11	<10	<20	Arenisca gris, grano fino, muy compacta, masiva	3.54	1.55	0.09	Arenisca-Fe
NARICUAL	1	OR-43	2	2	2	3	1	3	47.65	0.750	21.260	7.026	0.01	1.00	0.12	2.54	0.33	2.24	0.04	0.001	0.142	0.016	0.362	0.047	597.84	0.001	8.36	104.15	72	<150	<11	<100	<40	82	<10	109	211	166	<11	<10	53	Lutitas marrón oscuro, tamaño limoso	0.44	0.35	0.08	lutita
NARICUAL	1	OR-44	2	1	2	1	1	1	82.71	0.408	8.192	3.537	0.02	1.00	0.12	0.53	0.15	10.15	0.05	0.007	0.263	0.035	0.149	0.051	729.98	0.007	15.54	203.81	<20	<150	<11	<100	<40	66	<10	39	127	159	<11	<10	<20	Arenisca gris oscuro, laminada, compacta	0.83	1.00	0.09	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-45	2	1	2	1	1	1	90.42	0.626	4.793	2.104	0.01	1.00	0.09	0.17	0.28	19.02	0.13	0.008	0.456	0.043	0.078	0.125	1009.33	0.008	27.78	312.79	<20	<150	<11	<100	<40	30	89	313	410	<11	<10	<20	Arenisca gris parda, con qz. de fe y musc., grano fino ,masiva	1.11	1.28	0.07	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-46	2	1	5	3	1	7	55.19	0.682	15.113	10.100	0.21	1.00	0.27	0.96	0.30	3.65	0.05	0.021	0.099	0.026	0.095	0.030	294.99	0.021	15.71	235.04	29	<150	<11	<100	<40	95	<10	51	155	235	<11	<10	<20	Lutitas gris oscuro, con micas, laminada	1.02	0.56	0.19	litarenita
NARICUAL	1	OR-47	2	1	2	1	1	1	75.32	0.618	8.302	2.595	0.02	1.00	0.13	0.66	0.18	9.07	0.06	0.008	0.334	0.043	0.171	0.061	648.29	0.008	16.17	206.44	30	<150	<11	<100	<40	73	<10	64	171	161	<11	<10	<20	Arenisca gris, con musc. y qz. grano fino, laminada	0.77	0.96	0.09	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-48	2	1	2	1	1	2	73.0	0.426	18.460	4.226	0.06	2.02	0.14	1.62	0.19	3.95	0.02	0.015	0.478	0.033	0.384	0.044	654.18	0.015	11.38	213.14	<20	<150	<11	<100	<40	90	<10	50	148	131	<11	<10	<20	Arenisca marrón claro, con qz.,micas, de grano fino	0.42	0.60	0.10	Arcilla - Fe
NARICUAL	1	OR-49	2	1	2	1	1	1	87.46	0.244	2.597	1.752	0.01	1.71	0.10	0.20	0.11	33.67	0.09	0.007	0.974	0.055	0.113	0.061	941.87	0.007	13.16	122.19	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	29	82	131	<11	<10	<20	Arenisca marrón claro, grano fino, compacta,	0.95	1.53	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-50	2	1	4	1	1	1	32.72	1.355	7.224	4.816	0.01	1.00	0.35	0.78	0.60	4.53	0.19	0.002	0.208	0.074	0.162	0.124	112.58	0.002	9.26	196.86	69	<150	<11	<100	<40	59	<10	36	177	162	<11	<10	<20	agnito negro, compacto (capa guía)	0.79	0.66	0.25	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-51	2	1	2	1	1	1	71.91	0.743	4.020	5.679	0.03	1.00	0.10	0.22	0.33	17.89	0.18	0.006	0.176	0.017	0.038	0.058	792.40	0.006	18.63	239.79	31	<150	<11	<100	<40	147	<10	31	93	455	<11	<10	28	Arenisca gris oscura, con musc y qz, laminada, compacta	1.42	1.25	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-52	2	1	2	1	1	1	95.92	0.310	1.233	1.544	0.01	2.92	0.08	0.02	0.14	76.53	0.25	0.009	1.893	0.054	0.011	0.088	1174.82	0.009	72.75	155.16	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	<27	<81	184	<11	<10	<20	Arenisca amarilla, qz,micas y ox, de fe, grano fino, algo compacta	1.95	1.88	0.06	Arenisca- cuarzosa
NARICUAL	1	OR-53	2	1	2	1	1	1	76.09	0.268	4.228	4.147	0.02	1.00	0.10	0.10	0.05	30.34	0.10	0.005	0.047	0.023	0.024	0.024	825.53	0.005	24.59	129.41	28	<150	<11	<100	<40	82	<10	39	124	246	<11	<10	<20	Arenisca gris claro,qz. de grano muy fino, compacta	1.61	1.48	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-54	2	1	5	6	1	2	68.14	0.607	7.246	9.528	0.04	2.62	0.13	0.00	0.27	24.81	0.22	0.004	0.275	0.014	0.000	0.028	550.89	0.004	2746.43	178.62	34	<150	20	<100	<40	156	<10	<27	95	403	<11	<10	<20	Arenisca gris parduzca, con cuarzo y micas claras, grano fino, compacta	3.98	1.39	0.09	Arenisca - Qz.
NARICUAL	1	OR-55	2	1	2	1	1	1	77.84	0.525	7.079	3.118	0.02	1.00	0.10	0.19	0.19	27.44	0.20	0.006	0.321	0.032	0.068	0.059	795.58	0.006	23.44	210.62	31	<150	<11	<100	<40	106	<10	29	83	256	183	<11	<10	<20	Arenisca gris parduzca, con musc y qz, laminada de grano fino	1.55	1.57	0.07	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-56	2	1	2	1	1	1	94.55	0.383	0.141	1.064	0.01	1.45	0.10	0.00	0.17	668.26	2.71	0.013	1.359	0.092	0.001	0.158	970.74	0.013	141.49	191.59	<20	<150	<11	<100	<40	<48	<10	27	<81	149	<11	<10	<20	Arenisca amarillo claro, con qz,micas , con grano fino a medio	3.03	2.82	0.07	Arenisca -Fe
NARICUAL	1	OR-57	2	1	2	1	1	1	82.71	0.408	8.192	3.537	0.02	1.00	0.12	0.53	0.15	10.15	0.05	0.007	0.263	0.035	0.149	0.051	729.98	0.007	15.54	203.81	<20	<150	<11	<100	<40	66	<10	39	127	159	<11	<10	<20	Arenisca gris oscura, con musc. y qz, laminada, compacta	0.83	1.00	0.09	Arenisca - Fe
NARICUAL	1	OR-58	2	1	5	6	1	2	71.35	0.622	6.523	3.003	0.01	1.00	0.15	0.32	0.27	19.94	0.10	0.004	0.333	0.051	0.108	0.091	506.36	0.004	20.19	310.99	<20

Tabla de datos químicos de la secciones río Orégano y tipo pertenecientes a la Formación Naricual

							ELEMENTOS MAYORITARIOS (%)									ELEMENTOS MAYORITARIOS NORMALIZADOS (%)							RELACIONES					ELEMENTOS TRAZA (ppm)										
Localidad	Muestra	Unidad	Litología	Litofacies 1	Litofacies 2	Herron-Michael	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	CO_2 (%)	SiO_2/Al_2O_3	TiO_2/Al_2O_3	Fe_2O_3/Al_2O_3	MnO/Al_2O_3	MgO/Al_2O_3	CaO/Al_2O_3	K_2O/Al_2O_3	$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	MnO/Fe_2O_3	Al_2O_3/K_2O	TiO_2/V	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb
1	OR-01(base)	1	1	1	1	1	56,25	0,200	0,889	1,508	0,13	1,00	15,38	0,05	0,09	63,30	0,22	0,09	0,66	10,20	0,03	0,06	3,71	0,09	16,84	99,76	20	150	11	100	40	48	10	27	644	144	11	10	20
1	OR-02	1	1	3	1	1	97,33	0,142	0,320	1,569	0,01	1,68	0,09	0,29	0,06	303,96	0,44	0,01	1,07	0,05	0,18	0,04	1132,23	0,01	1,11	70,79	20	150	11	100	40	48	10	27	81	123	11	10	20
1	OR-03	1	1	8	1	2	95,27	0,227	0,282	0,503	0,02	2,82	0,10	0,33	0,10	338,24	0,81	0,04	5,60	0,20	0,66	0,20	962,29	0,04	0,84	113,69	20	150	11	100	40	48	10	27	81	139	11	10	20
1	OR-04	1	1	1	1	2	89,91	0,06	1,06	0,53	0,01	2,41	0,12	0,29	0,03	84,51	0,06	0,03	4,50	0,23	0,54	0,05	748,44	0,03	3,70	30,72	20	150	11	508	40	48	10	27	89	116	11	10	20
1	OR-05	1	1	3	1	2	76,73	0,59	9,64	3,95	0,01	1,96	0,11	0,81	0,26	7,96	0,06	0	0,50	0,03	0,21	0,07	789,87	0	11,85	167,57	35	150	11	100	40	81	10	42	125	292	11	10	20
1	OR-06	1	1	2	1	1	84,11	0,46	4,38	3,13	0,01	2,67	0,10	0,18	0,20	19,20	0,10	0	0,86	0,03	0,06	0,06	910,46	0	23,80	228,20	20	150	11	100	40	48	10	31	90	355	11	10	20
1	OR-07	1	2	5	3	3	50,47	0,85	21,35	4,65	0,01	1,00	0,15	2,14	0,37	2,36	0,04	0	0,22	0,03	0,46	0,08	482,82	0	9,97	91,28	93	150	11	100	40	83	10	97	171	185	11	10	40
1	OR-08	1	2	5	3	3	49,27	0,81	21,45	6,06	0,01	1,00	0,22	2,35	0,36	2,30	0,04	0	0,16	0,04	0,39	0,06	327,29	0	9,13	121,29	67	150	14	100	40	150	10	104	192	165	11	10	46
1	OR-09	1	1	2	3	1	75,65	0,52	5,49	5,61	0,01	2,25	0,31	0,19	0,23	13,77	0,10	0	0,40	0,05	0,03	0,04	263,34	0	28,74	262,28	20	150	15	100	40	84	10	32	99	318	11	10	20
1	OR-10	1	2	7	3	4	27,89	0,32	7,80	30,87	0,57	4,09	0,64	0,66	0,14	3,58	0,04	0,02	0,13	0,02	0,02	0,00	55,56	0,02	11,88	109,19	29	150	11	100	40	152	10	55	157	142	11	10	20
1	OR-11	1	2	5	3	3	53,81	0,87	24,57	5,05	0,01	2,84	0,11	2,47	0,38	2,19	0,04	0	0,56	0,02	0,49	0,08	706,46	0	9,94	102,29	85	150	17	100	40	118	10	106	189	168	11	10	43
1	OR-12	1	2	5	3	3	51,02	0,82	22,50	6,08	0,01	1,00	0,15	2,37	0,36	2,27	0,04	0	0,16	0,02	0,39	0,06	502,19	0	9,50	93,28	88	150	14	569	40	122	10	103	185	164	11	10	44
1	OR-13	1	2	5	3	3	47,73	0,74	22,45	9,38	0,08	1,00	0,21	2,27	0,32	2,13	0,03	0,01	0,11	0,02	0,24	0,03	331,04	0,01	9,91	129,34	57	150	19	100	40	154	10	107	192	158	11	10	59
1	OR-14	1	1	1	1	1	74,93	0,56	8,66	3,55	0,02	1,00	0,15	0,49	0,25	8,65	0,06	0	0,28	0,04	0,14	0,07	566,08	0	17,75	280,92	20	150	11	100	40	48	10	38	125	233	11	10	21
1	OR-15	1	1	1	1	1	91,02	0,71	3,86	0,82	0,01	1,00	0,10	0,05	0,31	23,57	0,18	0,01	1,22	0,13	0,06	0,38	910,53	0,01	83,67	356,36	20	150	11	100	40	48	10	28	183	354	11	10	20
1	OR-16	1	1	1	1	5	87,11	0,58	4,15	3,69	0,01	2,46	0,09	0,05	0,26	21,01	0,14	0	0,67	0,03	0,01	0,07	976,22	0	87,02	292,26	20	150	14	100	40	74	10	27	86	414	11	10	20
1	OR-17	1	2	7	1	3	58,78	0,82	21,27	2,95	0,01	1,00	0,11	2,06	0,36	2,76	0,04	0	0,34	0,04	0,70	0,12	712,41	0	10,32	139,33	59	150	11	100	40	69	10	77	177	222	11	10	43
1	OR-18	1	1	1	1	2	86,87	0,48	9,01	1,27	0,01	1,00	0,12	0,48	0,21	9,64	0,05	0,01	0,79	0,09	0,38	0,16	814,81	0,01	18,82	206,75	23	150	11	100	40	48	10	33	121	182	11	10	20
1	OR-19	1	1	2	1	1	91,76	0,66	3,82	1,72	0,01	1,56	0,10	0,08	0,29	24,00	0,17	0,01	0,91	0,06	0,05	0,17	946,76	0,01	49,29	331,71	20	150	11	100	40	48	10	29	90	252	11	10	20
1	OR-20	1	1	1	1	1	90,93	0,53	1,32	0,80	0,01	1,00	0,09	0,03	0,23	69,13	0,40	0,01	1,26	0,12	0,03	0,29	991,05	0,01	51,92	266,23	20	150	11	100	40	48	10	27	81	249	11	10	20
1	OR-21	1	1	1	1	1	82,57	0,47	7,09	3,23	0,02	1,27	0,11	0,26	0,21	11,65	0,07	0,01	0,39	0,03	0,08	0,06	801,91	0,01	27,11	175,88	27	150	11	100	40	48	10	32	101	410	11	10	20
1	OR-22	1	1	1	1	1	90,23	0,09	1,30	0,71	0,01	4,33	0,09	0,00	0,04	69,34	0,07	0,01	6,10	0,13	0,00	0,06	970,19	0,01	1301,24	46,33	20	150	11	100	40	48	10	27	81	116	11	10	20
1	OR-23	1	1	1	1	1	89,65	1,10	2,00	1,14	0,01	1,00	0,10	0,05	0,48	44,76	0,55	0,01	0,88	0,09	0,04	0,42	916,37	0,01	40,26	549,78	20	150	11	100	40	48	10	27	81	506	11	10	20
1	OR-24	1	1	1	1	1	89,09	0,20	1,84	0,52	0,01	1,57	0,10	0,01	0,10	48,48	0,11	0,03	3,03	0,18	0,02	0,18	952,70	0,03	183,76	98,95	20	150	11	100	40	48	10	27	81	133	11	10	20
1	OR-25	2	1	4	2	1	58,74	0,16	3,86	2,79	0,11	1,00	1,23	0,25	0,07	15,22	0,04	0,04	0,36	4,75	0,09	0,03	4,73	0,04	15,28	80,56	20	150	11	100	40	58	10	31	41	151	11	10	20
1	OR-26	2	2	5	2	3	48,01	0,75	21,95	6,66	0,01	1,00	0,39	1,91	0,33	2,19	0,03	0	0,15	0,06	0,29	0,05	179,81	0	11,47	146,37	51	150	11	100	40	92	10	94	170	168	11	10	45
1	OR-27	2	1	2	2	1	90,58	0,36	3,35	2,73	0,03	1,34	0,10	0,05	0,16	27,01	0,11	0,01	0,49	0,04	0,02	0,06	976,45	0,01	60,98	180,69	20	150	11	100	40	48	10	27	84	231	11	10	20
1	OR-28	2	3	2	2	1	74,99	0,50	8,18	4,40	0,04	1,56	0,16	0,47	0,22	9,17	0,06	0,01	0,35	0,04	0,11	0,05	523,48	0,01	17,26	249,85	20	150	11	100	40	79	10	37	124	190	11	10	20
1	OR-29	2	1	2	2	1	90,49	0,06	0,29	0,81	0,02	1,94	0,09	0,01	0,03	309,60	0,21	0,02	2,40	0,12	0,01	0,03	965,93	0,02	29,23	31,36	20	150	11	100	40	48	10	27	81	116	11	10	20
1	OR-30	2	2	5	3	3	59,56	1,00	23,98	2,95	0,01	1,00	0,12	2,29	0,44	2,48	0,04	0	0,34	0,04	0,78	0,15	718,48	0	10,45	104,75	95	150	11	100	40	56	10	97	187	178	11	10	31
1	OR-31	2	2	7	3	3	44,05	0,75	20,64	6,60	0,08	1,00	0,59	2,12	0,33	2,13	0,04	0,01	0,15	0,09	0,32	0,05	109,49	0,01	9,73	226,53	33	150	11	100	40	148	10	98	192	170	11	10	47
1	OR-32	2	2	7	3	3	46,24	0,69	22,69	7,97	0,14	1,00	0,15	1,99	0,30	2,04	0,03	0,02	0,13	0,02	0,25	0,04	468,76	0,02	11,43	144,39	48	150	11	126	40	128	10	98	179	156	11	10	46
1	OR-33	2	2	7	3	3	46,85	0,82	21,12	6,55	0,04	1,00	0,18	2,08	0,36	2,22	0,04	0,01	0,15	0,03	0,32	0,06	375,32	0,01	10,13	137,44	60	150	11	100	40	153	10	99	179	173	11	10	41
1	OR-34	2	2	7	2	3	49,77	0,69	23,29	7,60	0,02	1,00	0,26	2,13	0,30	2,14	0,03	0	0,13	0,03	0,28	0,04	276,84	0	10,92	113,04	61	150	11	100	40	122	10	100	171	151	11	10	32
1	OR-35	2	1	2	2	1	84,85	0,64	8,26	3,33	0,02	3,02	0,14	0,37	0,28	10,27	0,08	0,01	0,91	0,04	0,11	0,08	658,26	0,01	22,37	317,62	20	150	11	100	40	61	10	36	113	565	11	10	20
1	OR-36	2	1	2	2	1	72,45	0,57	9,92	3,57	0,07	1,17	8,69	0,58	0,25	7,30	0,06	0,02	0,33	2,43	0,16	0,07	9,48	0,02	16,99	285,05	20	150	11	100	40	72	10	39	163	466	11	10	20
1	OR-37	2	2	7	2	3	50,76	0,79	21,08	8,90	0,11	1,00	0,30	1,99	0,35	2,41	0,04	0,01	0,11	0,03	0,22	0,04	240,54	0,01	10,61	118,42	67	150	18	100	40	222	10	88	180	169	11	10	42
1	OR-38	2	2	5	2	3	51,33	0,84	20,63	6,90	0,05	1,00	0,15	2,41	0,37	2,49	0,04	0,01	0,14	0,02	0,35	0,05	494,70	0,01	8,57	142,60	59	150	11	100	40	159	10	104	186	177	11	10	41
1	OR-39	2	2	5	2	3	52,30	0,78	23,56	7,08	0,02	1,00	0,50	2,23	0,34	2,22	0,03	0	0,14	0,07	0,32	0,05	151,66	0	10,56	144,19	54	150	11	100	40	124	10	102	193	182	11	10	42
1	OR-40	2	2	5	2	3	49,76	0,81	21,49	6,94	0,02	1,00	0,34	2,51	0,36	2,32	0,04	0	0,14	0,05	0,36	0,05	212,68	0	8,57	144,08	56	150	11	100	40	141	10	110	191	171	11	10	62
1	OR-41	2	2	5	2	6	67,75	0,72	18,49	6,40	0,07	2,96	0,22	1,08	0,32	3,66	0,04	0,01	0,46	0,03	0,17	0,05	398,24	0,01	17,06	219,31	33	150	11	100	40	145	10	56	158	196	11	10	20
1	OR-42	2	1	1	2	1	93,22	0,44	2,61	3,50	0,05	3,30	0,12	0,00	0,19	35,70	0,17	0,01	0,94	0,03	0	0,05	805,12	0,01	2611,04	218,08	20	150	11	100	40	49	10	27	81	266	11	10	20
1	OR-43	2	2	2	2	3	47,65	0,75	21,26	7,03	0,01	1,00	0,12	2,54	0,33	2,24	0,04	0	0,14	0,02	0,36	0,05	597,84	0	8,36	104,15	72	150	11	84	40	82	10	109	211	156	11	10	53
1	OR-44	2	1	2	2	1	82,71	0,41	8,19	3,54	0,02	1,00	0,12	0,53	0,18	10,10	0,05	0,01	0,28	0,04	0,15	0,05	729,98	0,01	15,54	203,81	20	150	11	100	40	66	10	39	127	156	11	10	20
1	OR-45	2	1	2	2	1	90,42	0,63	4,75	2,19	0,02	1,00	0,09	0,17	0,28	19,02	0,13	0,01	0,46	0,04	0,08	0,13	1009,33	0,01	27,78	312,79	20	150	11	100	40	48	10	30	89	313	11	10	20
1	OR-46	2	1	5	2	7	55,19	0,68	15,11	10,10	0,21	1,00	0,27	0,96	0,30	3,65	0,05	0,02	0,10	0,03	0,10	0,03	264,99	0,02	15,71	235,04	29	150	11	100	40	95	10	51	155	235	11	10	20
1	OR-47	2	1	1	2	1	75,32	0,41	8,30	3,00	0,02	1,00	0,13	0,51	0,18	9,07	0,05	0,01	0,33	0,04	0,17	0,06	648,29	0,01	16,17	206,44	20	150	11	145	40	51	10	35	126	145	11	10	20
1	OR-48	2	1	1	2	2	73,0	0,43	18,46	4,23	0,06	2,02	0,14	1,62	0,19	3,95	0,02	0,02	0,48	0,03	0,38	0,04	654,18	0,02	11,38	213,14	20	150	11	100	40	90	10	50	148	131	11	10	20
1	OR-49	2	1	2	2	1	87,46	0,24	2,60	1,75	0,01	1,71	0,11	0,20	0,11	33,67	0,09	0,01	0,97	0,05	0,11	0,06	941,87	0,01	13,16	122,19	20	150	11	100	40	48	10	29	82	131	11	10	20
1	OR-50	2	4	6	4	8	32,72	1,36	7,22	4,82	0,01	1,00	0,35	0,78	0,60	4,53	0,19	0	0,21	0,07	0,16	0,12	112,58	0	9,26	196,86	69	150	11	100	40	48	10	36	177	162	11	10	20
1	OR-51	2	1	2	1	1	71,91	0,74	4,02	5,68	0,03	1,00	0,10	0,22	0,33	17,89	0,18	0,01	0,18	0,02	0,04	0,06	792,40	0,01	18,63	239,79	31	150	14	159	40	147	10	31	93	455	11	10	28
1	OR-52	2	1	2	1	5	95,92	0,31	1,25	1,54	0,01	2,92	0,08	0,02	0,14	76,53	0,25	0,01	1,89	0,05	0,01	0,09	1174,82	0,01	72,75	155,16	20	150	11	100	40	48	10	27	81	184	11	10	20
1	OR-53	2	1	1	1	1	76,69	0,26	2,53	4,15	0,02	1,03	0,10	0,10	0,11	30,34	0,10	0	0,25	0,02	0,02	0,03	825,53	0	24,99	129,41	20	150	11	202	40	82	10	28	82	149	11	10	20
1	OR-54	2	1	2	1	5	68,14	0,61	2,75	9,53	0,04	2,62	0,13	0,00	0,27	24,81	0,22	0	0,28	0,01	0,00	0,03	550,89	0	2746,43	178,62	34	150	20	100	40	156	10	27	95	403	11	10	20
1	OR-55	2	1	2	1	1	77,84	0,42	2,08	3,12	0,02	1,00	0,10	0,09	0,19	37,44	0,20	0,01	0,32	0,03	0,03	0,06	795,58	0,01	23,44	210,62	20	150	11	106	40	64	10	29	83	256	11	10	20
1	OR-56	2	1	2	1	1	94,55	0,38	0,14	1,06	0,01	1,45	0,10	0,00	0,17	668,26	2,71	0,01	1,36	0,09	0,00	0,16	970,74	0,01	141,49	191,59	20	150	11	109	40	48	10	27	81	149	11	10	20
1	OR-57	2	1	1	1	2	71,09	0,47	7,41	2,83	0,03	1,34	0,15	0,55	0,21	9,60	0,06	0,01	0,47	0,05	0,19	0,07	509,28	0,01	13,59	234,93	20	150	11	100	40	73	10	34	108	145	11	10	20
1	OR-58	3	1	3	1	1	71,35	0,62	6,52	3,00	0,01	1,00	0,15	0,32	0,27	10,94	0,10	0	0,33	0,05	0,11	0,09	506,36	0	20,19	310,99	20	150	11	102	40	48	10	33	120	265	11	10	20
1	OR-60	3	2	7	1	3	47,82	1,00	18,09	7,24	0,18	1,00	0,19	2,05	0,44	2,64	0,06	0,03	0,14	0,03	0,28	0,06	341,54	0,03	8,84	172,48	58	150	11	120	40	166	10	91	307	230	11	10	41
1	OR-61	3	1	2	1	1	58,09	0,41	5,91	10,53	0,14	1,00	0,15	0,73	0,18	9,83	0,07	0,01	0,10	0,01	0,07	0,02	425,82	0,01	8,07	204,08	20	150	11	100	40	58	10	40	157	272	11	10	20
1	OR-62	3	1	2	1	2	73,02	0,43	6,14	3,51	0,07	1,00	0,15	0,80	0,19	11,89	0,07	0,02	0,29	0,04	0,23	0,05	523,09	0,02	7,72	213,09	20	150	11	122	40	60	10	38	146	298	11	10	20
1	OR-63	3	1	2	1	1	70,40	0,53	4,44	3,78	0,01	1,00	0,11	0,65	0,23	15,86	0,12	0	0,26	0,03	0,17	0,06	692,38	0	6,79	266,64	20	150	11	111	40	48	10	38	116	326	11	10	20
1	OR-64	3	1	1	1	1	70,70	0,76	3,75	4,59	0,01	1,00	0,12	0,17	0,34	18,85	0,20	0	0,22	0,03	0,04	0,07	600,79	0	22,18	381,20	20	150	11	100	40	48	10	29	113	411	11	10	20
1	OR-65	3	1	8	1	1	85,96	0,23	1,92	1,59	0,01	1,13	0,09	0,22	0,10	44,69	0,12	0,01	0,71	0,06	0,14	0,06	925,80	0,01	8,89	114,80	20	150	11	100	40	48	10	31	95	165	11	10	20
1	OR-66	3	2	7	1	3	50,88	0,76	17,77	6,73	0,14	1,00	0,48	1,41	0,33	2,86	0,04	0,02	0,15	0,07	0,21	0,05	141,61	0,02	12,61	175,85	43	150	11	100	40	110	10	61	190	258	11	10	29
1	OR-67	3	1	1	1	2	67,63	0,64	7,77	2,77	0,02	1,00	0,10	0,76	0,28	8,71	0,08	0,01	0,36	0,14	0,28	0,10	188,26	0,01	10,18	103,42	62	150	11	199	40	64	10	42	141	278	11	10	20
1	OR-68	3	2	7	1	2	63,25	0,56	9,41	3,26	0,04	1,00	0,32	0,86	0,25	6,72	0,06	0,01	0,31	0,10	0,27	0,08	227,09	0,01	10,88	278,66	20	150	11	100	40	68	10	44	150	267	11	10	20
1	OR-69	3	2	7	1	3	52,83	0,89	19,65	6,39	0,09	1,00	0,20	1,64	0,39	2,69	0,05	0,01	0,16	0,03	0,26	0,06	370,46	0,01	12,02	158,51	56	150	17	246	40	128	10	69	213	266	11	10	34
1	OR-70	3	1	8	1	1	80,15	0,17	3,00	2,91	0,04	0,01	0,13	0,12	0,07	26,69	0,06	0,01	0,00	0,04	0,04	0,03	636,25	0,01	24,11	#¡DIV/0!	0	150	11	104	40	49	10	31	90	124	11	10	20
1	OR-71	3	1	8	1	1	91,84	0,17	1,37	1,02	0,01	1,30	0,09	0,00	0,07	67,06	0,12	0,01	1,27	0,09	0	0,07	1050,12	0,01	489,69	83,14	20	150	11	100	40	48	10	27	81	130	11	10	20
1	OR-72	3	1	1	1	1	73,40	0,31	5,78	3,96	0,04	2,52	0,18	0,56	0,14	12,70	0,05	0,01	0,64	0,04	0,14	0,03	452,06	0,01	10,30	156,44	20	150	11	186	40	98	10	36	119	185	11	10	20
1	OR-73	3	1	8	1	1	92,90	0,13	2,17	0,70	0,02	1,00	0,09	0,10	0,06	42,90	0,06	0,02	1,44	0,13	0,14	0,08	1078,27	0,02	21,62	57,29	22	150	11	574	40	48	10	28	86	123	11	10	20
1	OR-74	3	1	8	1	1	93,47	0,21	2,36	0,75	0,02	3,92	0,08	0,09	0,09	39,58	0,09	0,02	5,19	0,11	0,12	0,12	1129,65	0,02	27,14	106,84	20	150	11	100	40	48	10	27	81	131	11	10	20
1	OR-75	3	1	2	1	2	78,84	0,27	4,07	2,62	0,05	1,00	0,13	0,48	0,12	19,37	0,07	0,02	0,38	0,05	0,18	0,05	620,16	0,02	8,54	136,34	20	150	11	702	40	48	10	33	107	178	11	10	20
1	OR-76	3	2	5	1	3	55,32	0,75	18,32	6,33	0,10	2,83	0,19	1,36	0,33	3,02	0,04	0,02	0,45	0,03	0,21	0,05	390,34	0,02	13,49	233,70	32	150	11	245	40	123	10	61	193	279	11	10	20
1	OR-77	3	2	5	1	3	51,60	0,87	18,90	7,06	0,09	1,00	0,20	1,65	0,38	2,73	0,05	0,01	0,14	0,03	0,23	0,05	349,75	0,01	11,47	133,72	65	150	18	100	40	150	10	72	241	227	11

										ELEMENTOS MAYORITARIOS (%)										ELEMENTOS MAYORITARIOS NORMALIZADOS (%)										RELACIONES					ELEMENTOS TRAZA (ppm)											
Formación	Localidad	Muestra	Unidad	Litología	Litofacies 1	Litofacies 2	Paleoambiente	Paleobatimetría	Terron-Michac	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	K2O	CO2 (%)	SiO2/Al2O3	TiO2/Al2O3	Fe2O3/Al2O3	MnO/Al2O3	MgO/Al2O3	CaO/Al2O3	K2O/Al2O3	(Al+Si)/CaO	MnO/Fe2O3	Al2O3/ K2O	TiO2/V	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Hg	Pb
NARICUAL	2	CPR09 (tope)		5	4		1	3		73,73	0,55	8,50	2,53	0,01	0,10	0,25	0,33	0,11	8,67	0,06	0,30	0,00	0,01	0,03	0,04	324,00	0,00	26,07	182	30	150	11	100	97	97	10	31	100	196	11	23	20
NARICUAL	2	CPR10 / FJM-45		5	3		1	1		71,07	0,49	17,33	2,53	0,00	0,00	0,31	0,87	0,14	4,10	0,03	0,15	0,00	0,00	0,02	0,05	282,68	0,00	19,90	116	42	150	11	100	40	59	10	38	117	136	11	13	20
NARICUAL	2	CPR11		5	2		1	3		77,84	0,42	8,88	3,71	0,01	0,71	0,23	0,53	0,10	8,76	0,05	0,42	0,00	0,08	0,03	0,06	375,20	0,00	16,90	141	30	251	11	129	129	131	13	36	111	162	11	39	20
NARICUAL	2	CPR12		5	5		3	6		44,66	0,38	4,31	2,68	0,14	0,38	22,30	0,37	9,81	10,37	0,09	0,62	0,03	0,09	5,18	0,09	2,20	0,05	11,49	127	30	195	11	100	101	109	12	35	181	197	11	27	20
NARICUAL	2	CPR13		5	3		1	1		68,91	0,38	8,82	4,01	0,01	0,00	0,33	0,36	0,14	7,82	0,04	0,45	0,00	0,00	0,04	0,04	237,17	0,00	24,35	128	30	150	19	100	56	143	10	34	108	136	11	21	20
NARICUAL	2	PR14 / RCPC-1000-10A		5	1		1	1		75,13	0,32	5,91	3,72	0,08	0,34	0,49	0,25	0,21	12,72	0,05	0,63	0,01	0,06	0,08	0,04	165,97	0,02	23,17	108	30	150	37	100	112	149	10	32	100	150	11	34	20
NARICUAL	2	CPR15 / FJM47		5	4		1	3		66,60	0,50	8,74	3,47	0,01	0,00	0,32	0,50	0,14	7,62	0,06	0,40	0,00	0,00	0,04	0,06	235,27	0,00	17,41	168	30	321	11	100	51	62	10	35	124	248	11	14	20
NARICUAL	2	CPR16		5	3		1	1		79,55	0,18	4,23	2,73	0,10	0,61	1,85	0,10	0,81	18,79	0,04	0,65	0,02	0,14	0,44	0,02	45,27	0,04	43,12	59	30	150	11	100	87	94	10	29	102	116	11	29	20
NARICUAL	2	CPR17		5	2		1	3		89,84	0,19	4,66	1,85	0,01	0,75	0,23	0,10	0,10	19,27	0,04	0,40	0,00	0,16	0,05	0,02	406,50	0,01	44,56	63	30	190	11	100	107	94	10	29	108	116	11	29	40
NARICUAL	2	6-19-13		5	3		1	1		54,37	0,82	21,48	8,02	0,07	2,05	1,33	1,91	0,59	2,53	0,04	0,37	0,00	0,10	0,06	0,09	56,83	0,01	11,26	205	40	150	16	100	40	183	10	84	185	173	11	10	20
NARICUAL	2	CPR19		5	4		1	3		66,55	0,57	15,39	3,93	0,04	0,00	0,31	0,64	0,14	4,32	0,04	0,26	0,00	0,00	0,02	0,04	264,91	0,01	24,07	191	30	219	13	100	104	141	10	38	116	171	11	29	20
NARICUAL	2	RC-800-12		5	2		1	3		71,93	0,30	4,09	8,93	0,12	0,00	2,40	0,02	1,06	17,59	0,07	2,18	0,03	0,00	0,59	0,00	31,67	0,01	227,70	100	30	150	11	100	332	261	29	27	115	211	11	83	34
NARICUAL	2	6-19-11		5	3		1	1		50,74	0,69	18,74	8,71	0,11	0,00	8,55	1,33	3,76	2,71	0,04	0,46	0,01	0,00	0,46	0,07	8,13	0,01	14,13	221	31	150	11	100	40	143	10	64	223	212	11	11	20
NARICUAL	2	6-19-8		5	3		1	6		62,05	0,68	17,46	5,89	0,04	0,37	2,80	0,64	1,23	3,65	0,04	0,34	0,00	0,19	0,16	0,04	28,37	0,01	27,30	226	30	238	11	100	48	114	10	40	153	375	11	13	20
NARICUAL	2	6-19-7		5	1		1	4		91,65	0,28	2,35	1,29	0,01	0,00	0,23	0,17	0,10	39,06	0,12	0,55	0,00	0,00	0,10	0,07	414,13	0,00	14,18	92	30	150	11	100	333	206	31	28	89	166	11	89	20
NARICUAL	2	6-19-5		5	3		1	2		66,41	0,29	5,05	3,35	0,04	0,00	12,80	0,32	5,63	13,16	0,06	0,66	0,01	0,00	2,54	0,06	5,58	0,01	15,56	97	30	150	11	100	165	163	12	34	216	153	11	43	24
NARICUAL	2	CPR20		5	3		1	2		65,19	0,74	17,75	4,67	0,03	0,00	0,29	1,16	0,13	3,67	0,04	0,26	0,00	0,00	0,02	0,07	288,86	0,01	15,36	149	50	150	13	100	40	98	10	52	143	270	11	13	20
NARICUAL	2	CPR21		5	3		1	3		83,35	0,32	6,17	2,72	0,01	0,00	0,21	0,29	0,09	13,52	0,05	0,44	0,00	0,00	0,03	0,05	427,97	0,01	21,37	106	30	150	11	100	110	114	11	32	95	162	11	38	20
NARICUAL	2	CPR22		5	3		1	3		75,30	0,45	9,12	2,31	0,00	0,00	0,21	0,48	0,09	8,26	0,05	0,25	0,00	0,00	0,02	0,05	411,45	0,00	19,03	149	30	156	11	100	58	69	10	33	100	215	11	25	22
NARICUAL	2	RC-800-14		5	3		1	1		59,69	0,67	17,30	8,09	0,10	0,28	1,00	1,18	0,44	3,45	0,04	0,47	0,01	0,02	0,06	0,07	77,02	0,01	14,65	225	30	150	11	100	74	118	10	54	156	267	11	13	20
NARICUAL	2	6-19-3		5	5		3	6		51,95	0,45	8,50	11,94	0,11	0,89	9,67	0,49	4,25	6,11	0,05	1,40	0,01	0,11	1,14	0,06	6,25	0,01	17,20	150	30	150	11	100	52	100	10	37	195	194	11	19	20
NARICUAL	2	6-19-2		5	3		1	1		64,88	0,58	8,92	7,45	0,06	1,53	0,52	0,75	0,23	7,28	0,07	0,84	0,01	0,17	0,06	0,08	143,07	0,01	11,93	194	30	150	16	100	76	145	10	45	131	210	11	21	20
NARICUAL	2	6-19-1		5	3		1	3		57,44	0,53	15,36	9,33	0,09	0,00	8,65	0,68	3,80	3,74	0,03	0,61	0,01	0,00	0,56	0,04	8,42	0,01	22,73	175	30	150	11	121	60	131	10	39	175	214	11	23	20
NARICUAL	2	CPR23		5	3		1	1		64,16	0,55	15,13	4,66	0,28	0,22	9,32	0,91	4,10	4,24	0,04	0,31	0,02	0,01	0,62	0,06	8,51	0,06	16,66	184	30	150	11	119	58	111	10	36	163	212	11	21	20
NARICUAL	2	CPR24		5	3		1	1		69,65	0,57	15,70	3,01	0,02	0,00	0,33	0,55	0,14	4,44	0,04	0,19	0,00	0,00	0,02	0,03	260,75	0,01	28,58	189	30	310	11	100	112	165	11	45	153	264	11	40	20
NARICUAL	2	CPR25		5	5		3	6		39,22	0,55	9,90	8,82	0,19	2,28	18,71	0,88	8,23	3,96	0,06	0,89	0,02	0,23	1,89	0,09	2,63	0,02	11,24	106	52	250	11	100	40	90	10	33	114	145	11	10	20
NARICUAL	2	CPR26		5	2		1	3		72,46	0,34	9,01	2,57	0,05	0,00	9,27	0,17	4,08	8,04	0,04	0,28	0,01	0,00	1,03	0,02	8,79	0,02	54,36	61	56	409	11	100	40	119	10	45	207	177	11	13	20
NARICUAL	2	CPR27		5	3		1	6		69,67	0,39	8,27	2,57	0,07	0,34	10,78	0,23	4,74	8,42	0,05	0,31	0,01	0,04	1,30	0,03	7,23	0,03	35,64	83	47	150	11	100	153	182	15	29	154	130	11	44	20
NARICUAL	2	CPR28		5	3		1	1		62,83	0,76	9,13	3,42	0,01	0,00	0,34	1,08	0,15	6,88	0,08	0,37	0,00	0,00	0,04	0,12	212,20	0,00	8,44	252	30	159	11	100	55	92	10	28	160	125	11	16	28
NARICUAL	2	CPR29		5	3		1	1		62,77	0,83	16,45	5,25	0,02	0,60	0,29	1,38	0,13	3,82	0,05	0,32	0,00	0,04	0,02	0,08	272,04	0,00	11,95	277	30	219	12	100	40	90	10	51	142	260	11	8	20
NARICUAL	2	CPR30		5	3		1	1		59,96	0,93	22,93	3,95	0,06	1,56	0,86	1,95	0,38	2,61	0,04	0,17	0,00	0,07	0,04	0,08	96,62	0,01	11,78	163	57	358	17	100	40	94	10	59	152	242	11	8	35
NARICUAL	2	CPR31		6	8		1	2		48,43	0,85	17,27	7,60	0,10	0,02	0,35	1,68	0,16	2,81	0,05	0,44	0,01	0,00	0,02	0,10	185,88	0,01	10,27	284	30	205	11	179	40	137	10	72	194	220	11	10	35
NARICUAL	2	CPR32		5	3		1	3		75,63	0,47	17,72	2,26	0,02	0,00	0,80	0,63	0,35	4,27	0,03	0,13	0,00	0,00	0,05	0,04	117,00	0,01	28,06	72	65	392	11	113	40	145	10	69	159	164	11	7	20
NARICUAL	2	CPR33		5	1		1	1		68,56	0,60	18,18	2,53	0,02	0,00	0,37	0,86	0,16	3,77	0,03	0,14	0,00	0,00	0,02	0,05	236,73	0,01	21,04	110	54	150	11	100	52	110	10	36	131	131	11	20	20
NARICUAL	2	CPR34		5	3		1	1		38,57	0,36	6,86	27,66	0,65	2,02	0,96	0,51	0,42	5,62	0,05	4,03	0,09	0,29	0,14	0,07	47,45	0,02	13,46	68	53	207	11	100	72	126	10	40	125	148	11	21	20
NARICUAL	2	CPR35		6	5		3	6		39,01	0,42	5,36	18,44	0,45	0,08	12,38	0,46	5,45	7,28	0,08	3,44	0,08	0,02	2,31	0,09	3,58	0,02	11,53	84	50	3338	11	501	40	229	10	45	153	178	11	7	20
NARICUAL	2	CPR36		5	5		3	6		58,42	0,51	8,71	5,48	0,04	0,00	5,09	0,62	2,24	6,71	0,06	0,63	0,00	0,00	0,58	0,07	13,18	0,01	14,03	172	30	1440	11	444	40	156	10	43	241	266	11	16	20
NARICUAL	2	CPR39 / FJM-55		5	3		1	1		64,52	0,67	15,38	2,53	0,03	0,79	0,49	0,41	0,21	4,20	0,04	0,16	0,00	0,05	0,03	0,03	164,70	0,01	37,21	222	30	360	11	100	40	107	10	46	139	203	11	11	20
NARICUAL	2	CPR40		5	2		1	3		72,23	0,79	17,57	3,92	0,05	0,97	0,73	0,60	0,32	4,11	0,05	0,22	0,00	0,06	0,04	0,03	123,38	0,01	29,21	264	30	150	11	150	66	92	10	32	116	143	11	18	20
NARICUAL	2	CPR41		5	1		1	4		93,72	0,16	4,38	1,01	0,00	0,00	0,23	0,16	0,10	21,42	0,04	0,23	0,00	0,00	0,05	0,04	435,88	0,00	27,79	32	50	258	11	100	52	116	10	37	119	268	11	13	20
NARICUAL	2	CPR43		5	2		1	3		81,93	0,41	7,58	3,84	0,04	0,00	0,92	0,42	0,41	10,81	0,05	0,51	0,01	0,00	0,12	0,06	97,10	0,01	18,06	138	30	150	11	100	187	131	14	29	95	116	11	51	20
NARICUAL	2	CPR45 / FJM-57		5	3		1	3		86,78	0,25	6,71	1,95	0,04	0,00	0,45	0,31	0,20	12,93	0,04	0,29	0,01	0,00	0,07	0,05	209,20	0,02	21,98	84	30	150	11	100	145	160	14	34	123	191	11	50	20
NARICUAL	2	CPR47		5	2		1	3		77,93	0,46	16,67	2,70	0,03	0,63	0,40	0,52	0,17	4,68	0,03	0,16	0,00	0,04	0,02	0,03	238,36	0,01	31,75	153	30	150	11	100	54	98	10	31	106	119	11	22	20
NARICUAL	2	CPR48 / FJM-61		5	2		1	3		70,18	0,50	15,11	2,00	0,02	0,00	1,63	0,32	0,72	4,64	0,03	0,13	0,00	0,00	0,11	0,02	52,32	0,01	46,80	113	44	182	11	100	117	129	10	32	116	151	11	37	20
NARICUAL	2	CPR49		5	2		1	3		75,94	0,48	15,64	2,67	0,05	0,09	0,72	0,44	0,32	4,85	0,03	0,17	0,00	0,01	0,05	0,03	127,82	0,02	35,34	117	41	150	11	100	40	69	10	30	114	169	11	19	20
NARICUAL	2	CPM5-1		5	3		1	3		74,24	0,58	14,11	2,76	0,01	0,50	0,56	0,80	0,25	5,26	0,04	0,20	0,00	0,04	0,04	0,06	157,80	0,00	17,72	194	30	150	11	120	40	99	10	32	115	131	11	17	20
NARICUAL	2	CPMS-2		5	3		1	1		73,29	0,65	15,87	2,77	0,01	0,50	0,66	0,89	0,29	4,62	0,04	0,17	0,00	0,03	0,04	0,06	135,19	0,00	17,92	216	30	150	11	100	152	172	13	28	151	130	11	41	20
NARICUAL	2	CPMS-3 / FJM-63		5	3		1	1		72,07	0,66	15,02	3,08	0,01	0,50	0,75	0,88	0,33	4,80	0,04	0,21	0,00	0,03	0,05	0,06	116,56	0,00	17,10	219	30	150	11	100	149	182	14	28	149	128	11	43	20
NARICUAL	2	CPMS-4		5	3		1	1		69,11	0,49	13,22	11,85	0,01	0,50	5,57	0,55	2,45	5,23	0,04	0,90	0,00	0,04	0,42	0,04	14,78	0,00	24,13	164	30	150	11	100	74	104	10	33	119	146	11	21	20
NARICUAL	2	CPMS-5		5	3		1	1		68,84	0,54	15,70	8,55	0,01	0,50	2,97	0,71	1,31	4,38	0,03	0,54	0,00	0,03	0,19	0,04	28,48	0,00	22,24	181	30	150	11	100	147	181	12	27	147	127	11	42	20
NARICUAL	2	CPR50		5	2		1	3		77,10	0,38	8,81	2,91	0,02	0,00	0,26	0,53	0,11	8,75	0,04	0,33	0,00	0,00	0,03	0,06	329,18	0,01	16,69	97	39	150	11	100	151	185	16	29	152	130	11	46	20
NARICUAL	2	CPR51		5	2		1	3		76,94	0,62	18,43	1,84	0,01	0,50	0,40	0,91	0,17	4,17	0,03	0,10	0,00	0,03	0,02	0,05	240,58	0,00	20,31	208	30	150	11	100	40	94	10	37	98	175	11	15	20
NARICUAL	2	CPR52		5	2		1	3		75,88	0,44	9,39	5,35	0,16	1,29	0,37	0,67	0,16	8,08	0,05	0,57	0,02	0,14	0,04	0,07	230,73	0,03	13,91	125	35	150	11	100	52	101	10	47	120	263	11	16	20
NARICUAL	2	CPR53		5	3		1	1		68,69	0,74	15,08	4,22	0,09	0,37	1,02	0,95	0,45	4,55	0,05	0,28	0,01	0,02	0,07	0,06	81,94	0,02	15,82	247	30	237	11	132	40	109	10	41	111	233	11	18	20
NARICUAL	2	CPR54		5	3		1	1		77,24	0,61	15,14	2,78	0,01	0,00	0,26	0,74	0,11	5,10	0,04	0,18	0,00	0,02	0,05	0,06	262,12	0,00	20,34	203	30	211	11	100	45	120	10	52	143	284	11	18	20
NARICUAL	2	CPR55		5	3		1	1		66,85	0,61	8,97	6,54	0,29	0,00	0,31	0,87	0,14	7,46	0,07	0,73	0,03	0,00	0,03	0,10	243,03	0,04	10,28	145	42	150	11	100	44	79	10	42	114	626	11	20	20
NARICUAL	2	CPMS-6		6	8		1	2		48,71	0,47	7,03	6,13	0,01	0,50	8,74	0,54	3,84	6,93	0,07	0,87	0,00	0,07	1,24	0,08	6,38	0,00	12,96	156	30	150	11	100	40	167	10	47	124	326	11	17	39
NARICUAL	2	CPMS-7		6	8		1	2		48,79	0,39	7,48	6,34	0,01	0,50	8,32	0,43	3,66	6,52	0,05	0,85	0,00	0,07	1,11	0,06	6,76	0,00	17,21	130	30	203	11	174	40	133	10	71	192	217	11	9	35
NARICUAL	2	CPMS-9		5	3		1	1		61,15	0,76	17,88	6,99	0,01	0,50	0,54	1,64	0,24	3,42	0,04	0,39	0,00	0,03	0,03	0,09	145,40	0,00	10,90	252	30	206	11	172	40	130	10	43	194	225	11	10	46
NARICUAL	2	CPMS-10		5	3		1	1		52,90	0,89	20,15	7,76	0,01	0,50	0,80	2,03	0,35	2,63	0,04	0,38	0,00	0,02	0,04	0,10	90,88	0,00	9,94	127	70	150	16	100	40	147	10	104	296	175	11	7	42
NARICUAL	2	CPMS-11		5	3		1	1		50,19	0,94	20,16	3,86	0,01	0,50	0,35	1,34	0,15	2,49	0,05	0,19	0,00	0,02	0,02	0,07	200,81	0,00	15,02	113	83	150	11	100	40	125	10	79	260	199	11	9	31
NARICUAL	2	CPMS-12		5	3		1	1		46,47	0,59	14,17	5,72	0,01	0,50	1,15	1,21	0,50	3,28	0,04	0,40	0,00	0,04	0,08	0,09	52,91	0,00	11,73	88	67	150	11	100	40	102	10	51	372	221	11	12	20
NARICUAL	2	CPR56		5	2		1	3		77,16	0,55	16,50	3,71	0,04	0,00	0,30	0,81	0,13	4,68	0,03	0,22	0,00	0,00	0,02	0,05	308,91	0,01	20,44	122	45	150	22	112	40	353	10	57	250	210	11	7	20
NARICUAL	2	CPR57		5	3		1	1		70,07	0,57	17,43	2,63	0,02	0,00	0,24	1,05	0,11	4,02	0,03	0,15	0,00	0,00	0,01	0,06	364,86	0,01	16,57	172	33	150	11	100	198	200	14	39	109	210	11	63	20
NARICUAL	2	CPR58		5	1		1	4		94,09	0,26	6,63	1,50	0,01	0,50	0,20	0,23	0,09	14,19	0,04	0,23	0,00	0,08	0,03	0,03	511,75	0,01	29,27	69	38	150	11	100	88	117	10	41	114	188	11	29	20
NARICUAL	2	CPR59		5	1		1	4		94,37	0,33	2,54	0,63	0,00	0,52	0,51	0,01	0,23	37,21	0,13	0,25	0,00	0,20	0,20	0,00	188,28	0,00	354,81	110	30	150	11	100	108	95	10	29	84	118	11	33	20
NARICUAL	2	CPR61		5	1		1	4		81,95	4,38	2,50	1,06	0,03	0,25	0,59	0,00	0,26	32,72	1,75	0,42	0,01	0,10	0,24	0,00	142,13	0,03	#¡DIV/0!	1460	30	150	11	100	152	121	11	27	84	140	11	47	20
NARICUAL	2	CPR62		5	2		1	3		70,30	1,32	15,60	1,10	0,01	0,00	0,28	0,61	0,12	4,51	0,08	0,07	0,00	0,00	0,02	0,04	307,26	0,01	25,37	321	41	187	11	100	98	107	10	27	130	621	18	32	36
NARICUAL	2	CPR63		5	1		1	4		84,65	0,57	4,02	3,43	0,03	0,15	0,30	0,00	0,13	21,08	0,14	0,85	0,01	0,04	0,07	0,00	294,94	0,01	#¡DIV/0!	188	30	150	11	100	40	78	10	41	139	582	11	13	20
NARICUAL	2	CPR64		5	1		1	4		91,06	0,30	5,39	2,24	0,01	2,46	0,59	0,00	0,26	16,90	0,06	0,42	0,00	0,46	0,11	0,00	164,48	0,01	#¡DIV/0!	56	54	150	11	100	51	96	10	27	102	194	11	24	20
NARICUAL	2	CPR65		6	8		1	2		34,09	0,29	4,46	27,03	0,96	0,00	0,67	0,12	0,29	7,65	0,07	6,06	0,22	0,00	0,15	0,03	57,88	0,04	36,88	97	30	150	11	100	40	82	10	27	88	196	11	18	20
NARICUAL	2	CPR66 / FJM-64		5	4		1	4		93,07	0,24	6,39	1,53	0,01	0,01	1,21	0,21	0,26	0,09	14,56	0,04	0,24	0,00	0,19	0,03	39,04	0,00	24,40	81	30	150	11	100	40	69	10	31	142	242	11	16	20
NARICUAL	2	CPR67		5	1		1	4		91,12	0,28	3,71	1,60	0,01	0,68	0,20	0,06	0,09	24,56	0,08	0,43	0,00	0,18	0,06	0,02	463,46	0,00	61,35	94	30	150	11	100	70	59	10	29	99	142	11	25	20
NARICUAL	2	CPR68		5	1		1	4		99,10	0,21	1,44	0,90	0,01	3,59	0,21	0,00	0,09	69,02	0,15	0,63	0,01	2,50	0,15	0,00	472,04	0,01	#¡DIV/0!	70	30	150	11	100	319	209	27

APÉNDICE V

DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN (GENERALES Y POR LITOLOGÍA)

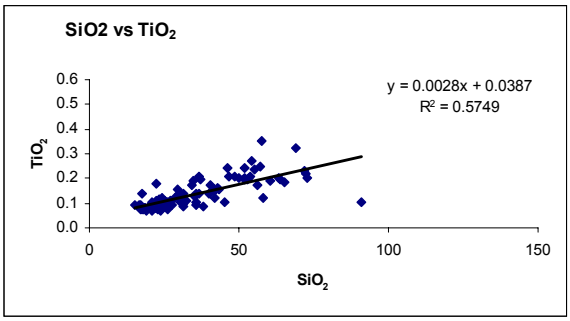
V.1. Formación Querecual
V.1.1. Diagramas de dispersión generales
V.1.2. Diagramas de dispersión por litología

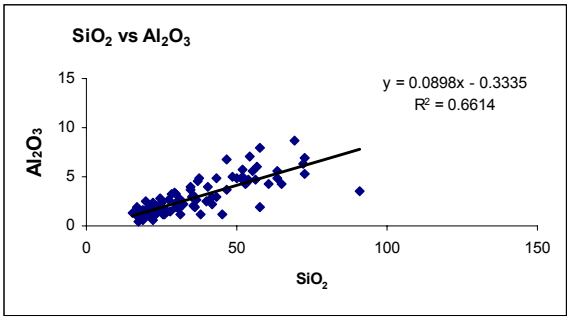
V.2. Formación Naricual
V.2.1. Diagramas de dispersión generales
V.2.2. Diagramas de dispersión por litología

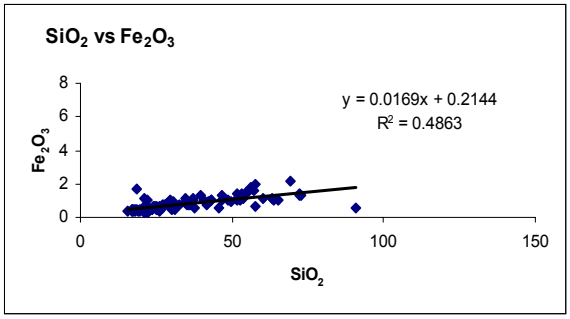
APÉNDICE V.1.1. Diagramas de dispersión generales de la Formación Querecual

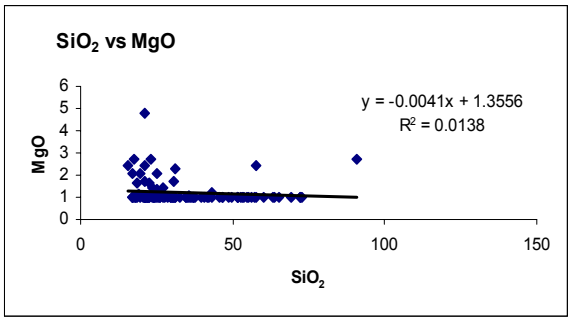
SiO_2 vs elemento

sección Río de Oro

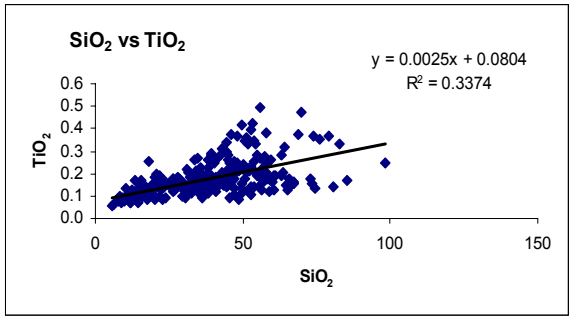


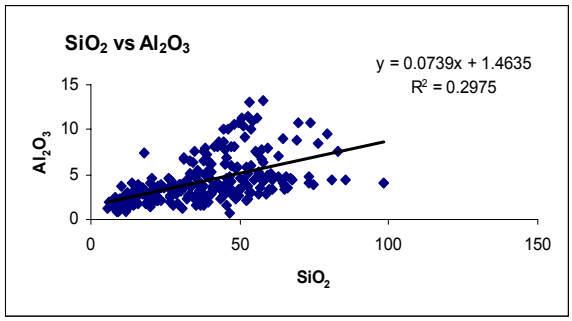


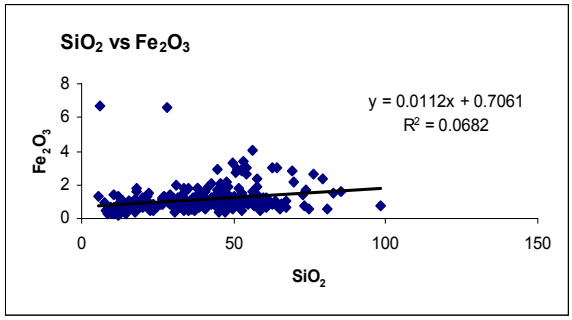


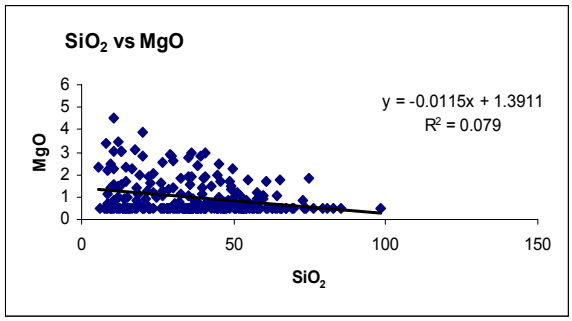


sección río Querecual

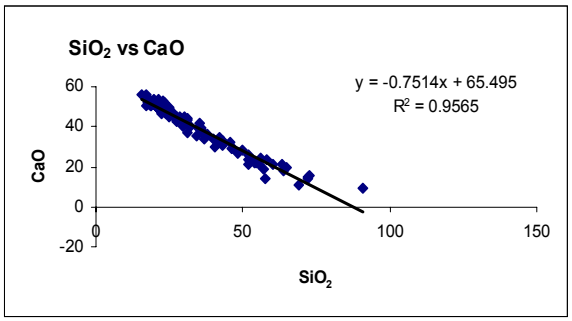


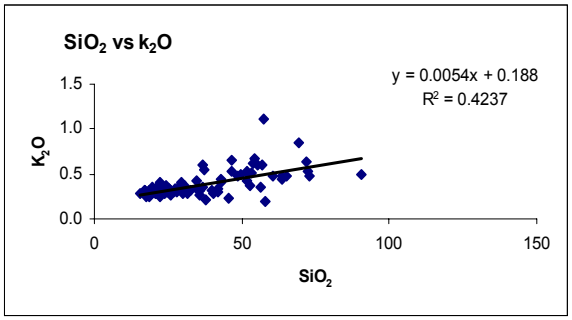


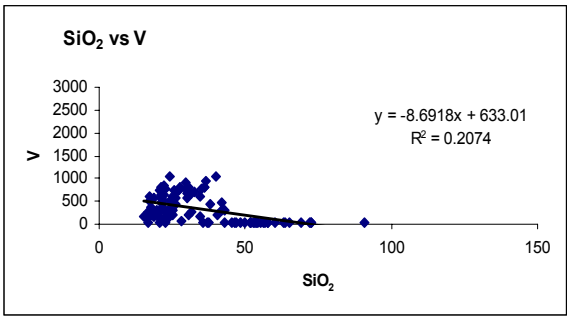


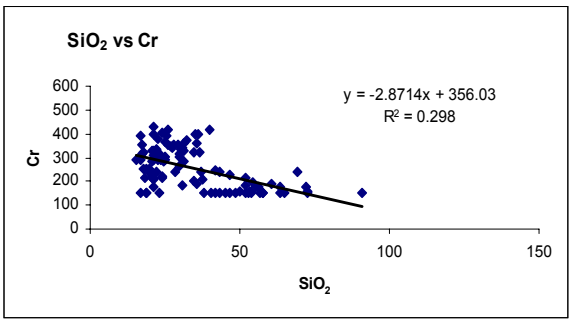


sección Río de Oro

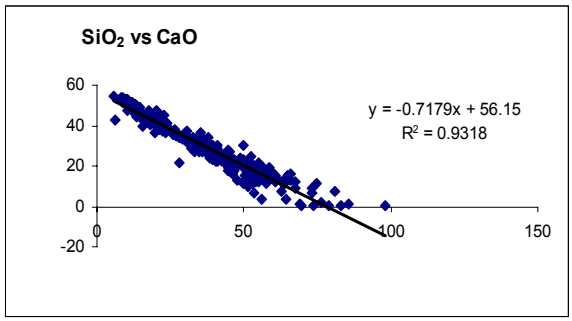


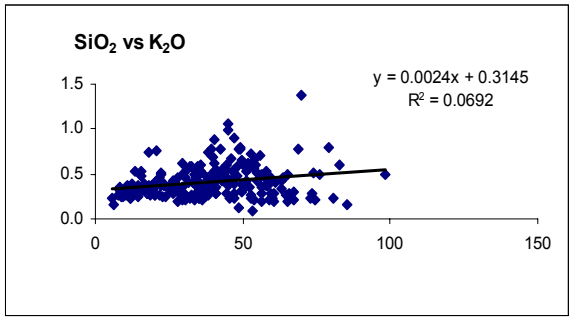


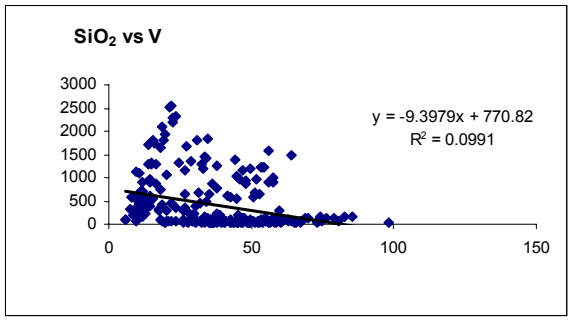


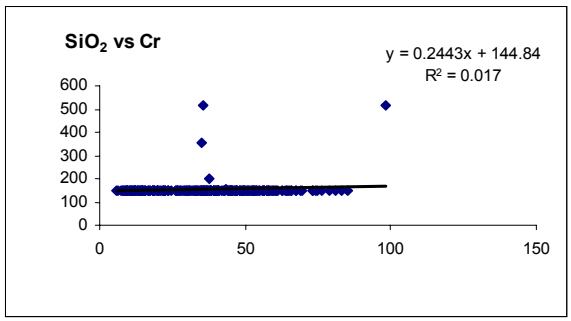


sección río Querecual



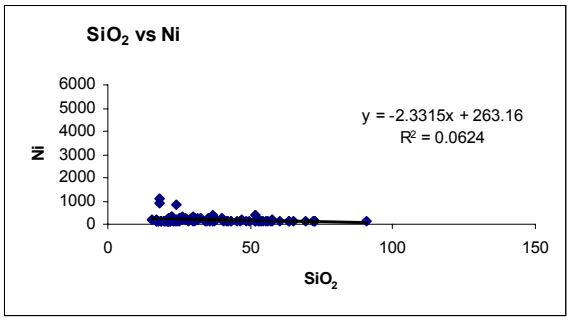


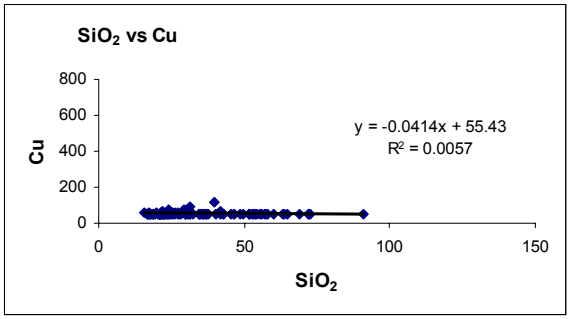


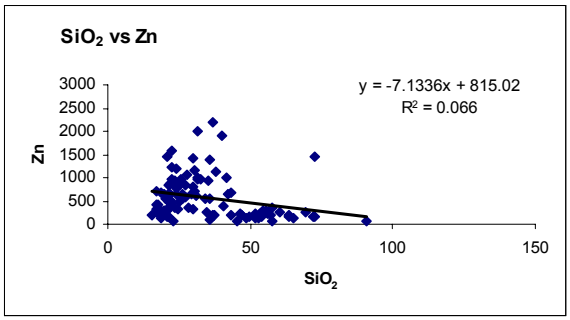


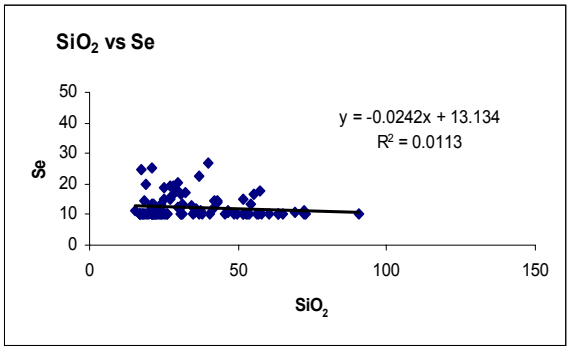
(Continuación)

sección Río de Oro

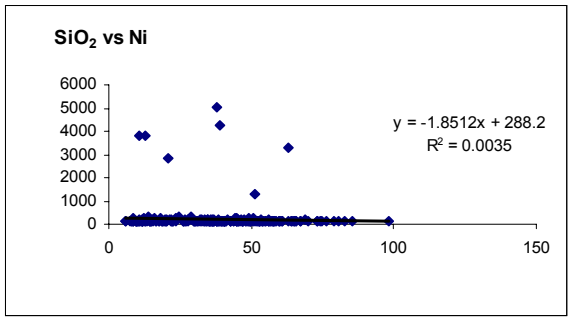


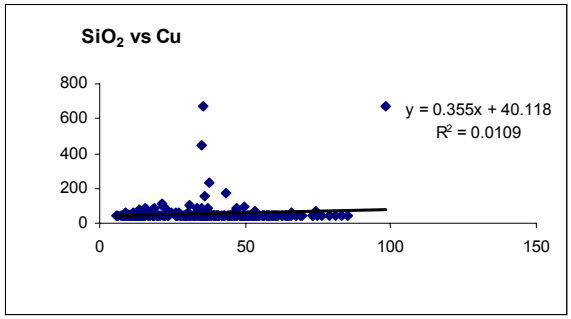


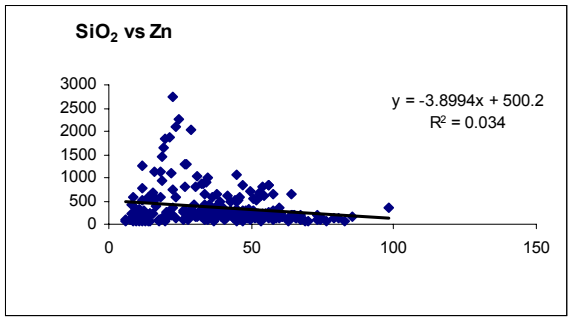


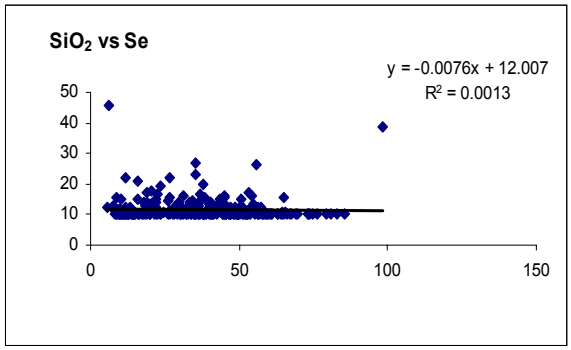


sección río Querecual



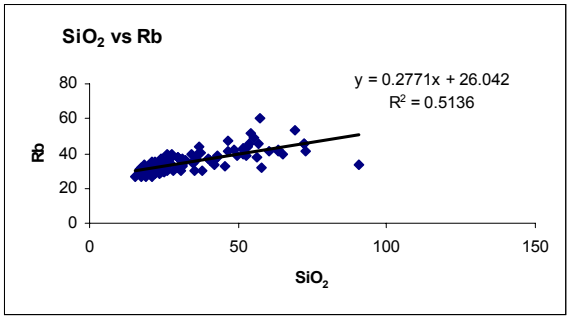


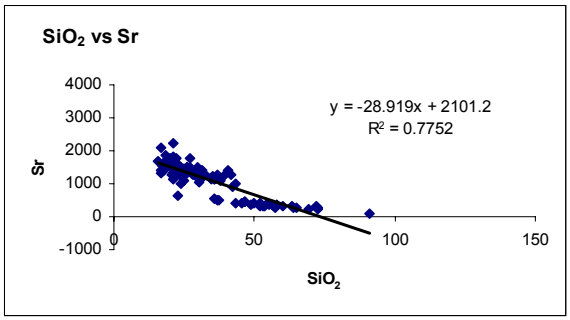


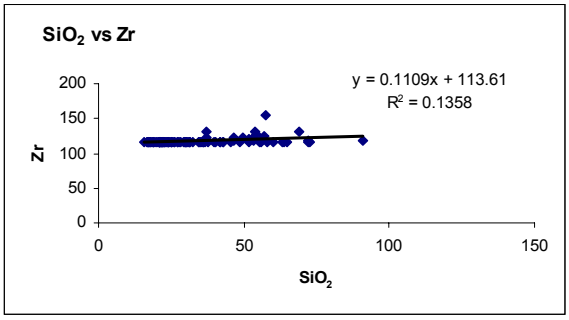


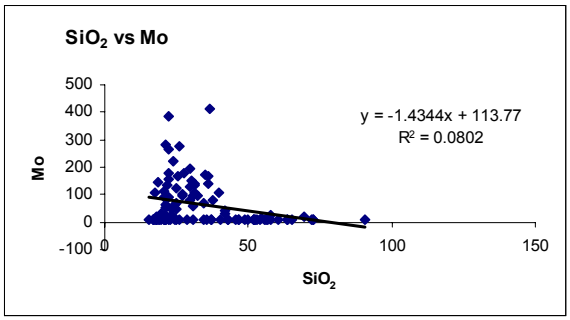
(Continuación)

sección Río de Oro

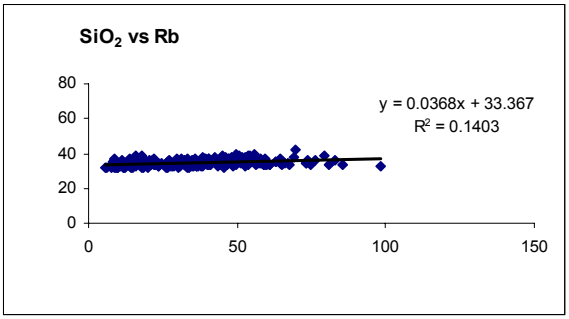


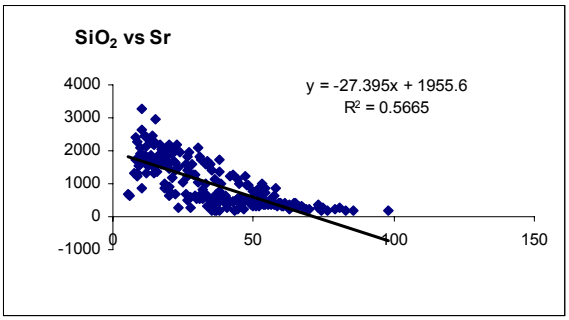


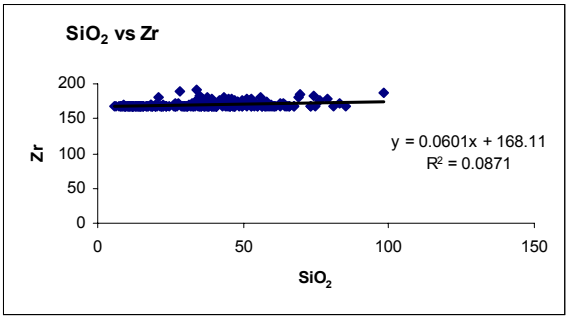


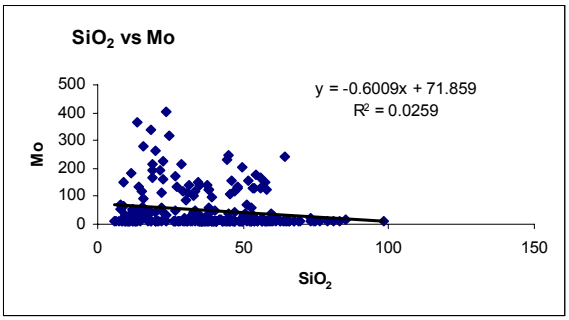


sección río Querecual



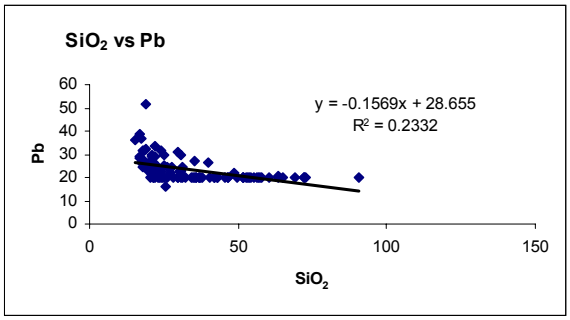




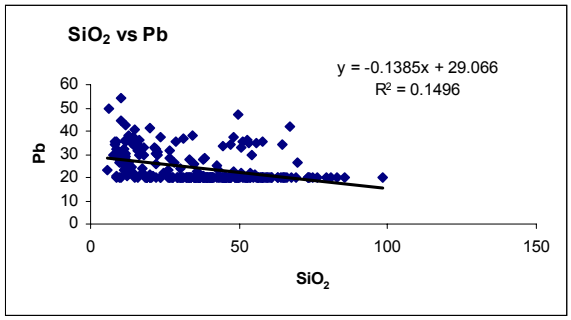


(Continuación)

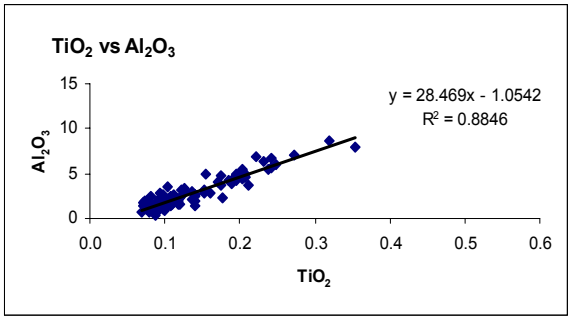
sección Río de Oro

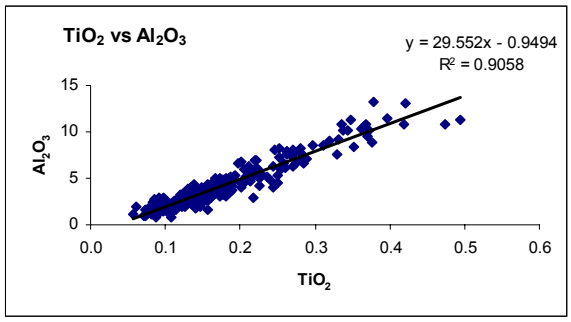


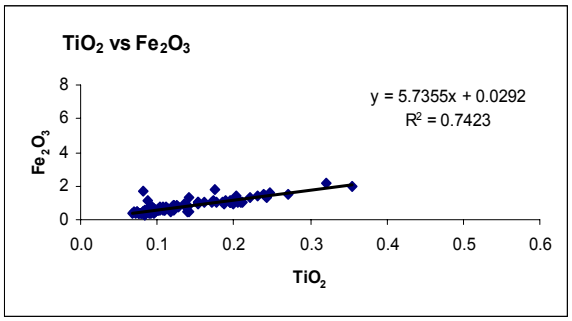
sección río Querecual

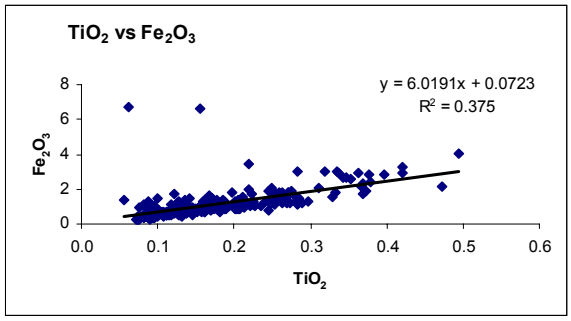


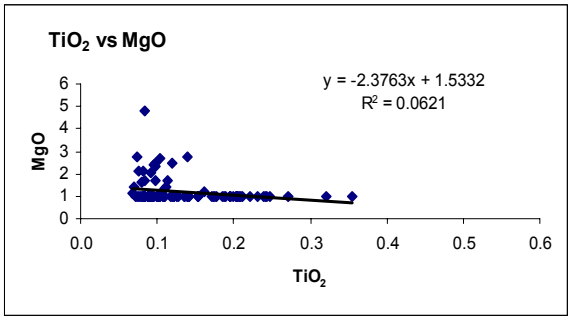
TiO_2 vs elemento

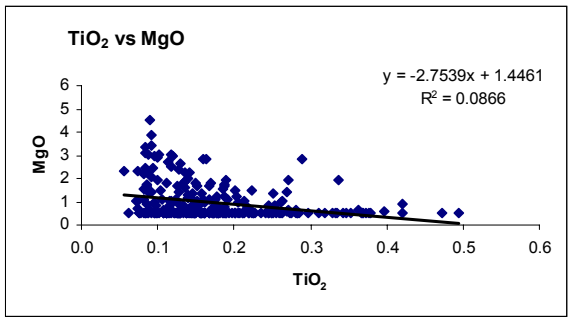






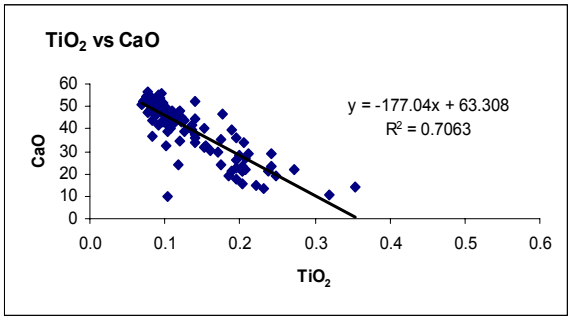


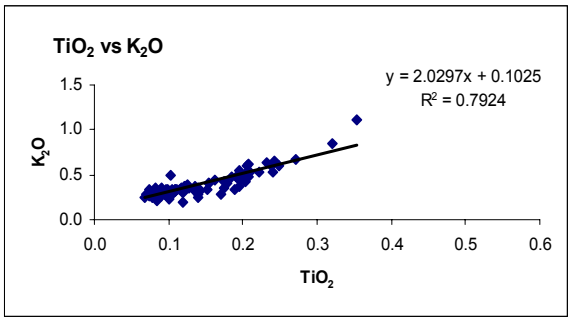


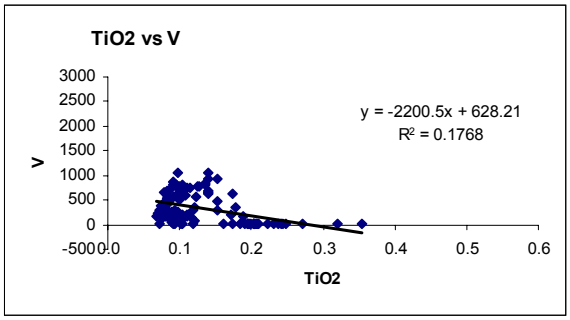


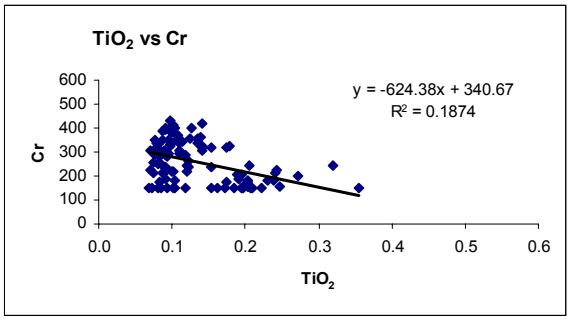
(Continuación).

sección Río de Oro

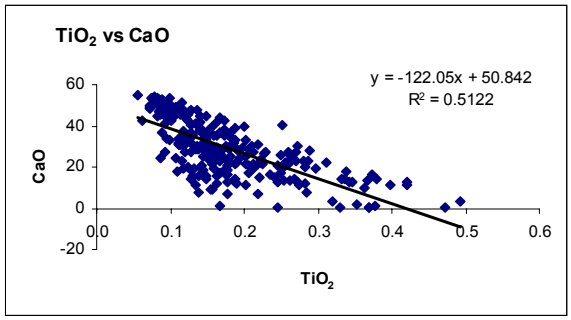


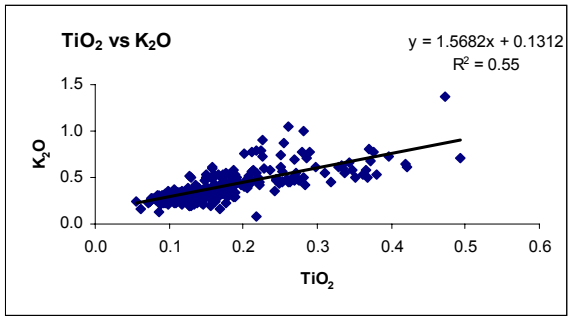


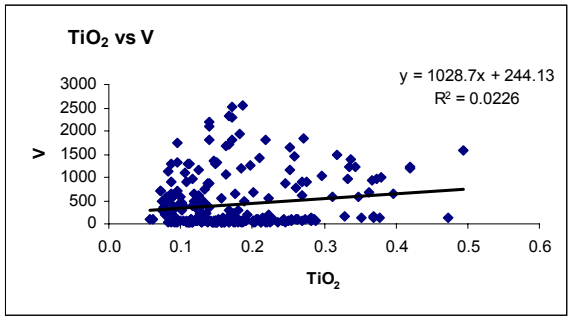


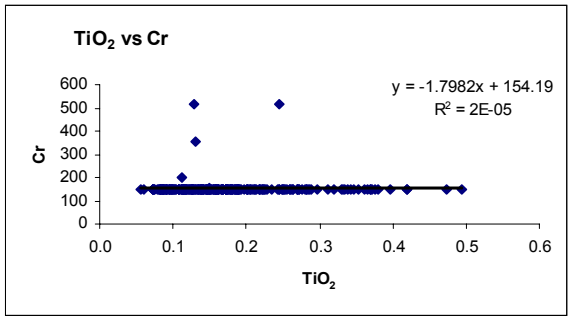


sección río Querecual



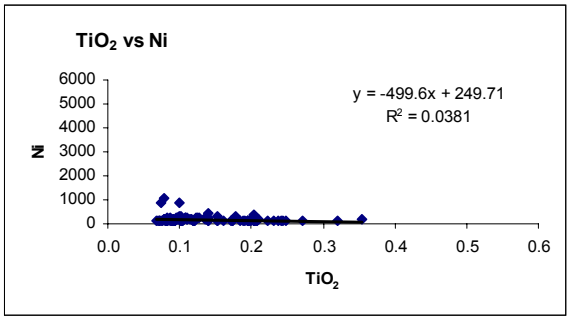


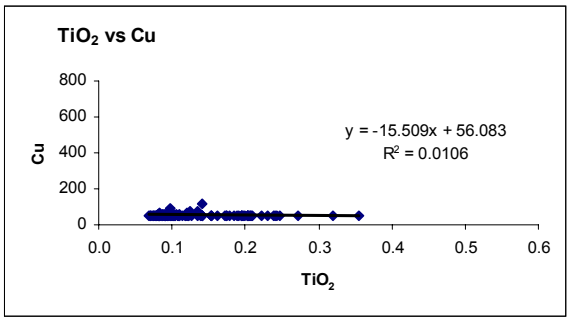


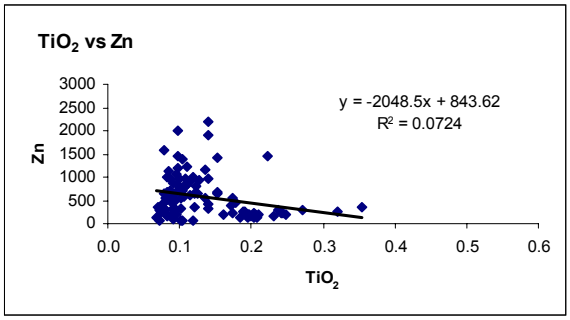


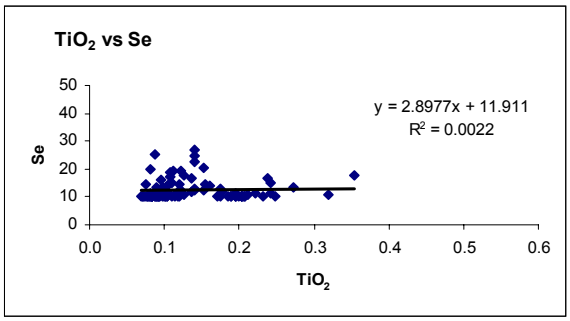
(Continuación)

sección Río de Oro

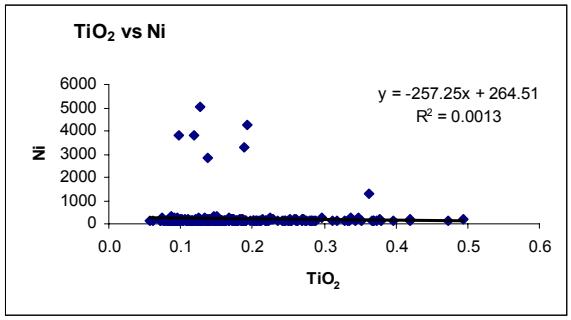


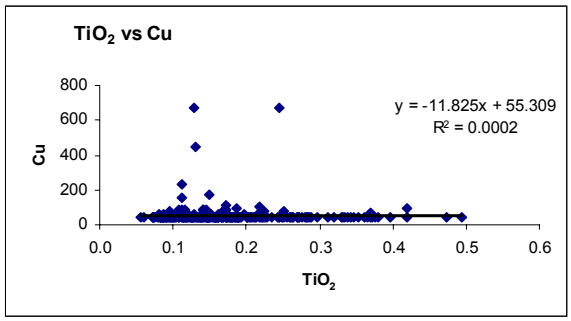


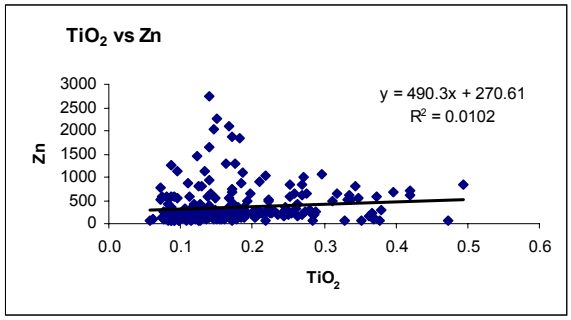


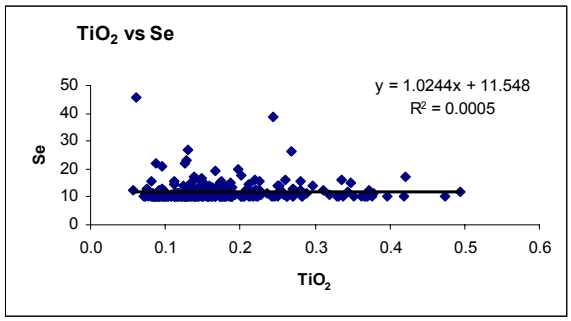


sección río Querecual



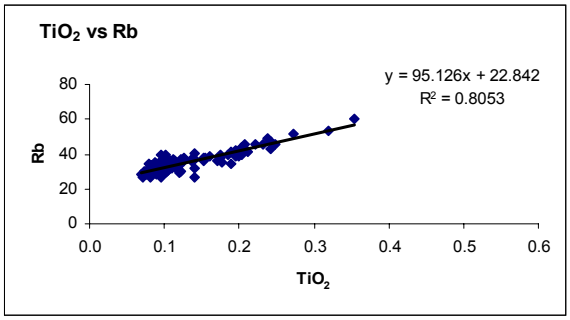


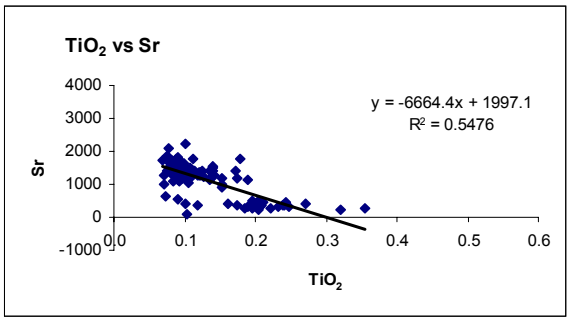


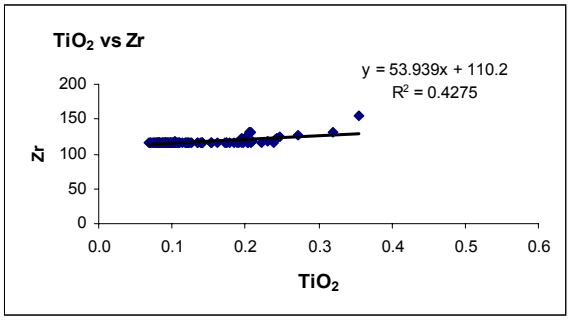


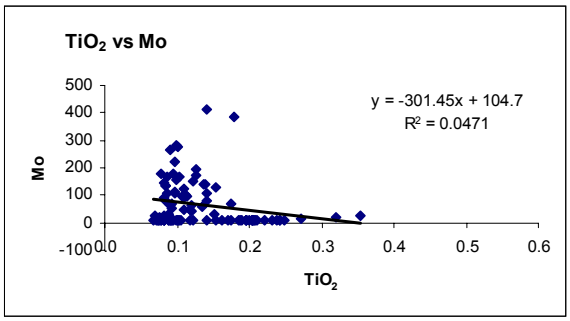
(Continuación)

sección Río de Oro

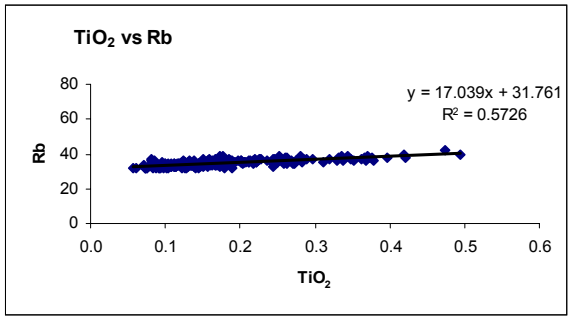


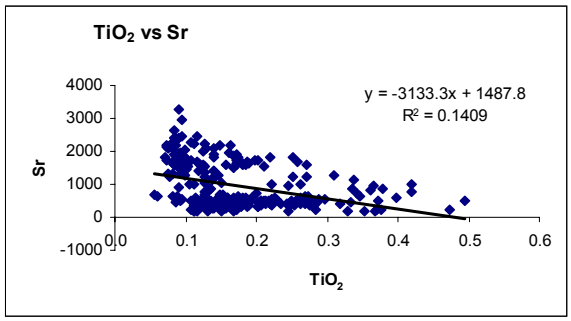


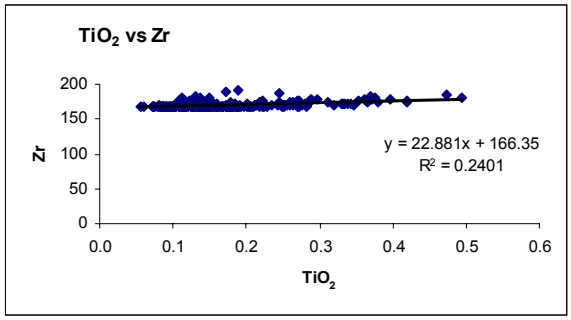


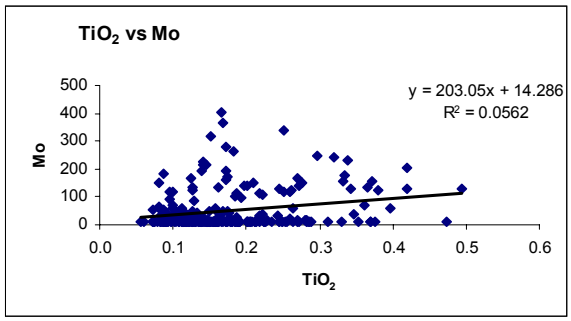


sección río Querecual



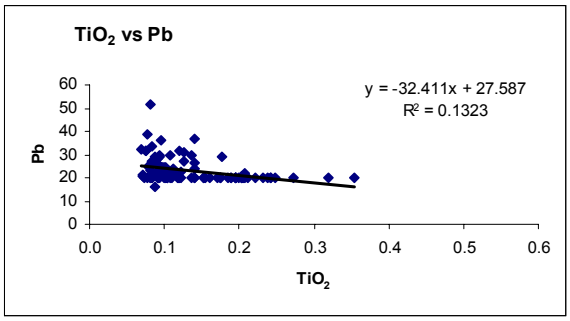




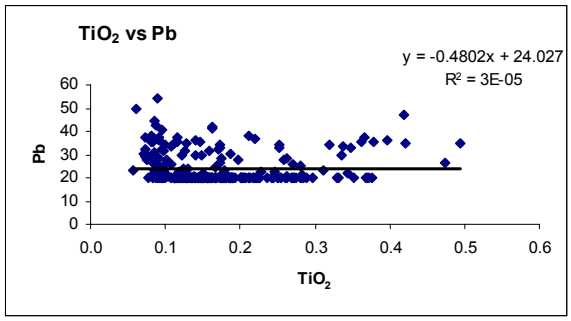


(Continuación)

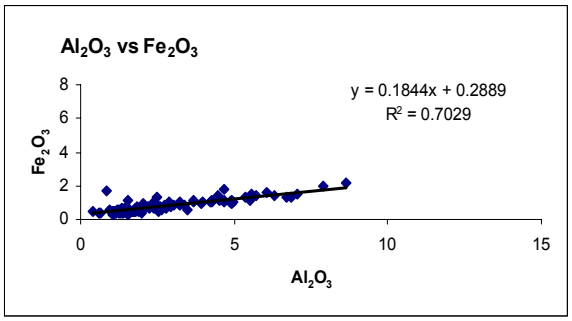
sección Río de Oro

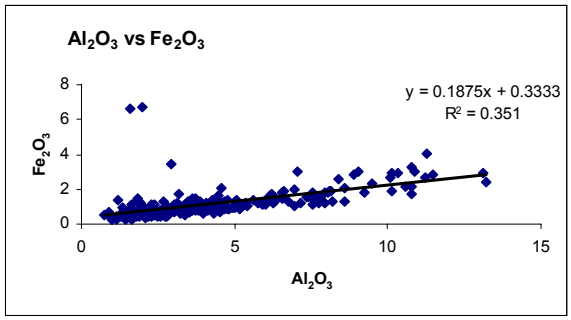


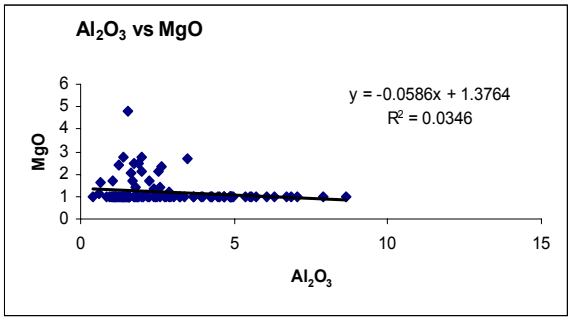
sección río Querecual

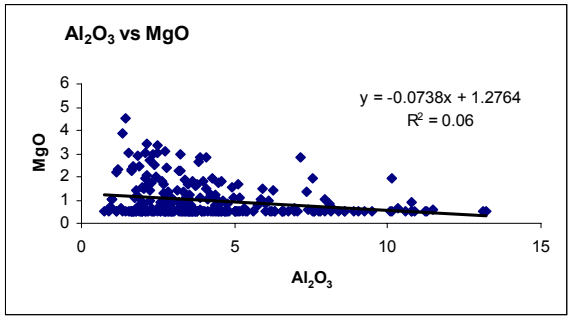


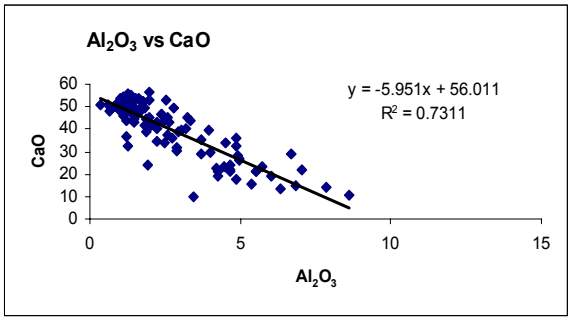
Al_2O_3 vs elemento

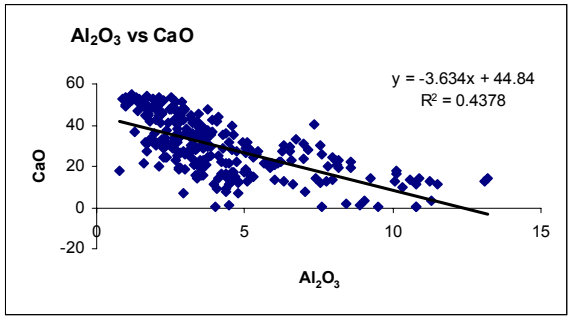






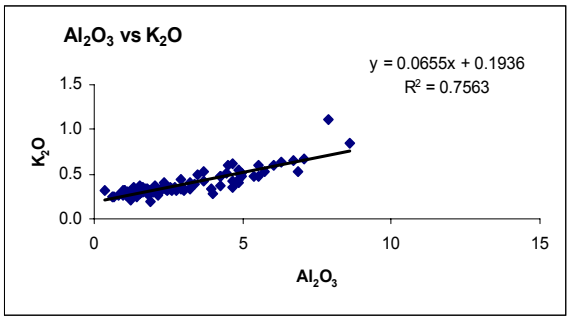


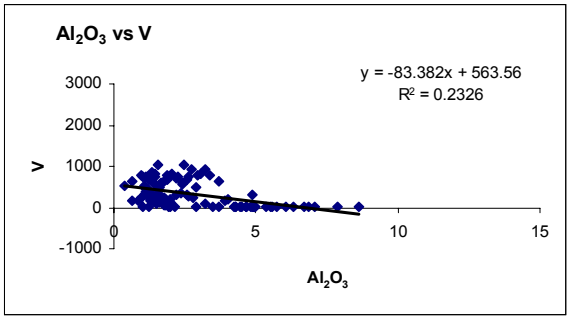


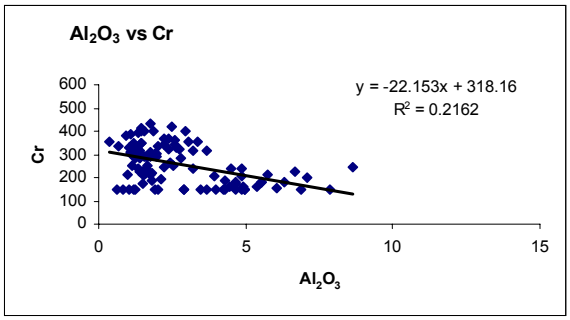


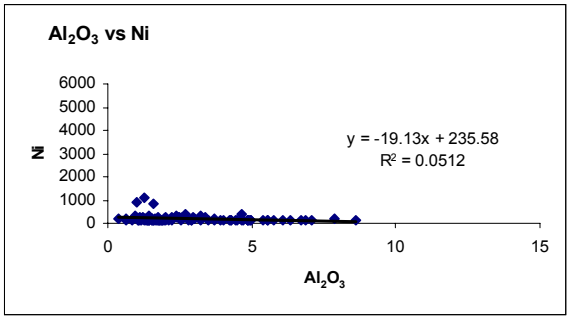
(Continuación)

sección Río de Oro

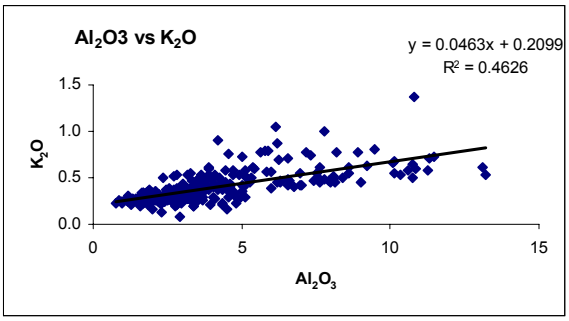


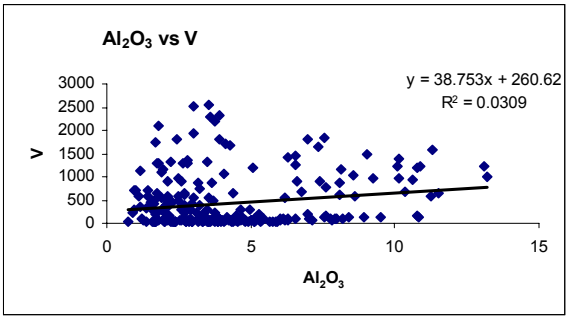


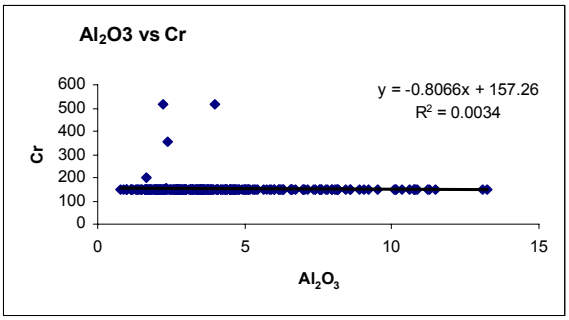


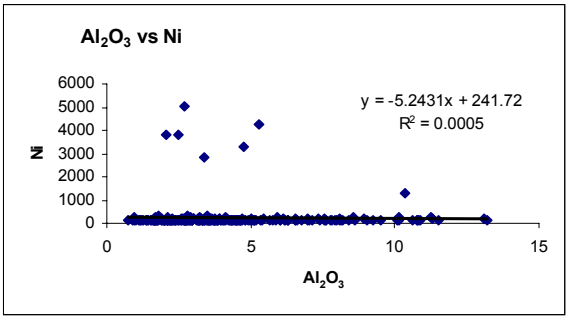


sección río Querecual



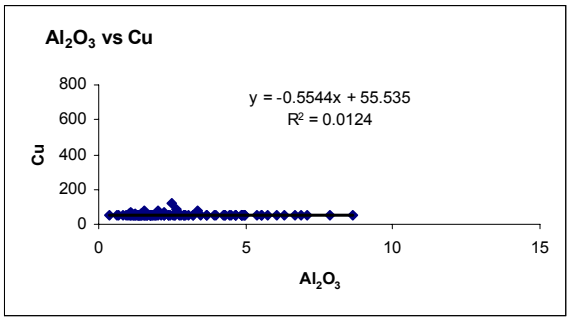


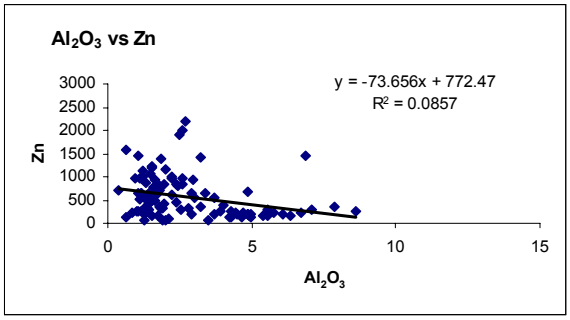


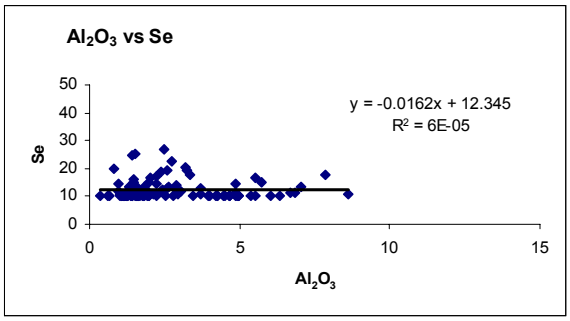


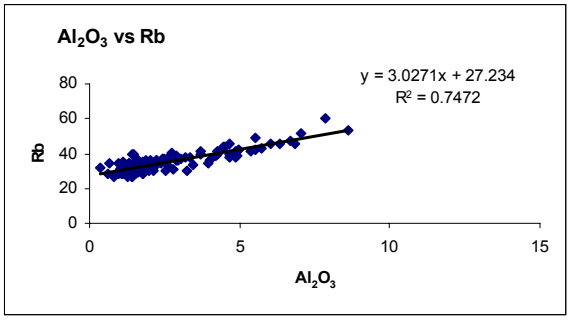
(Continuación)

sección Río de Oro

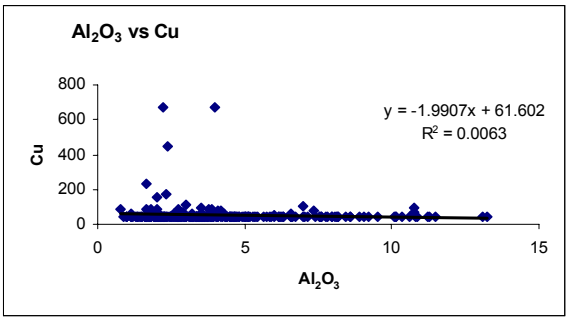


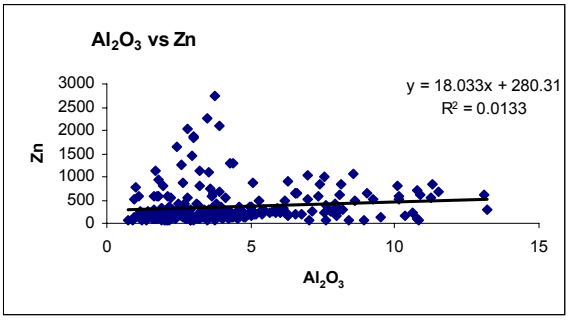


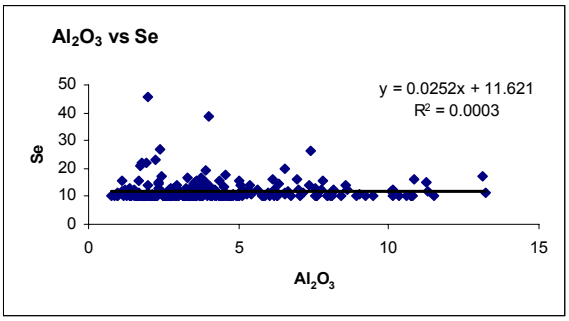


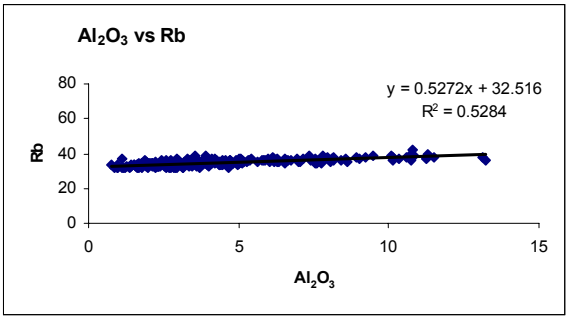


sección río Querecual



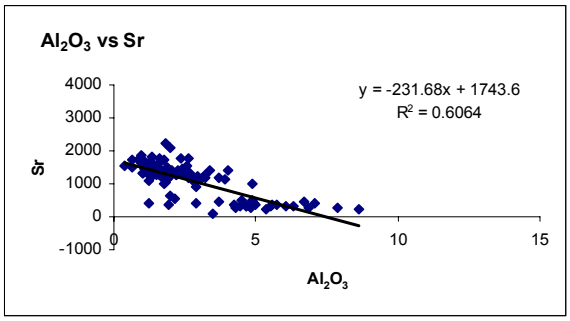


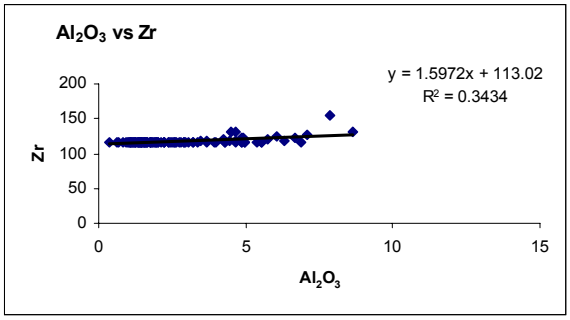


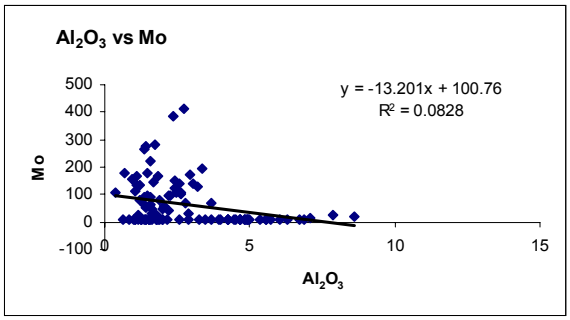


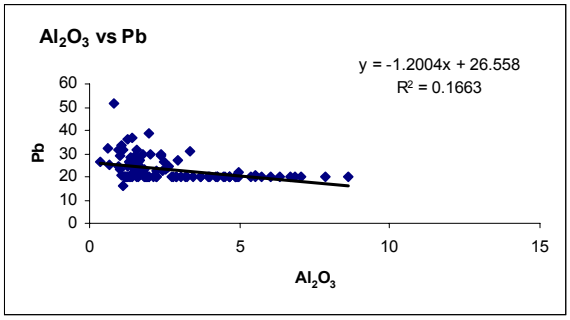
(Continuación)

sección Río de Oro

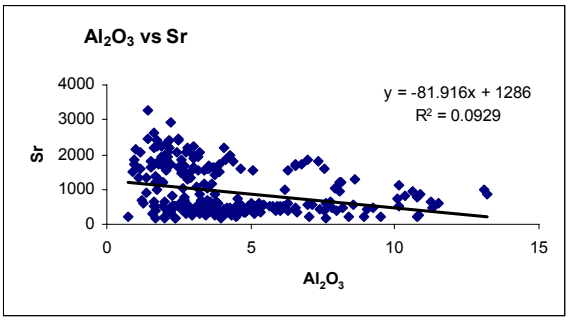


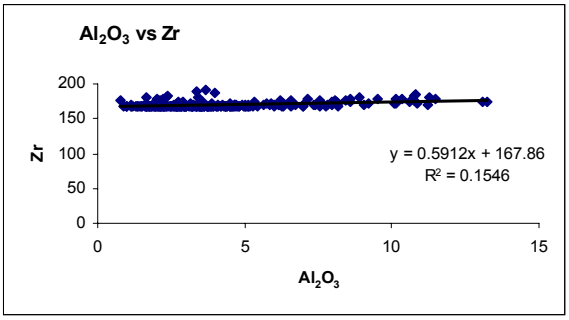


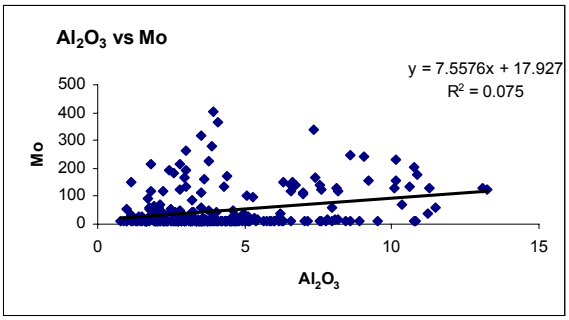


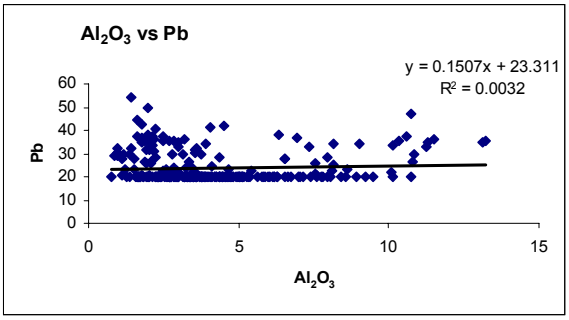


sección río Querecual





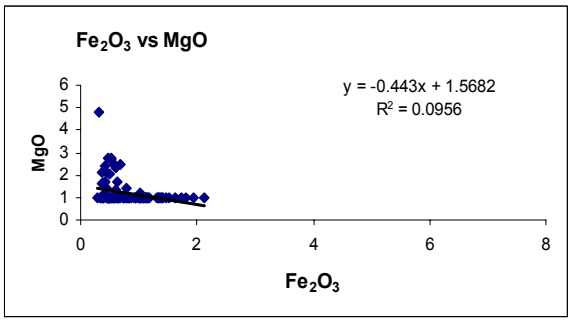


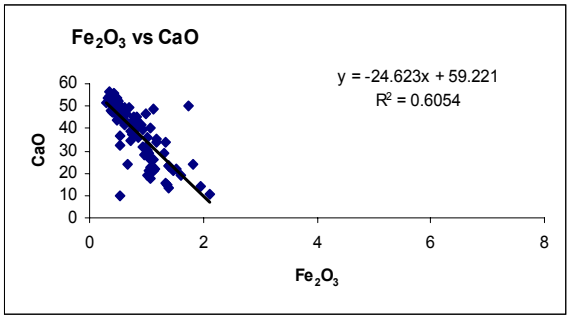


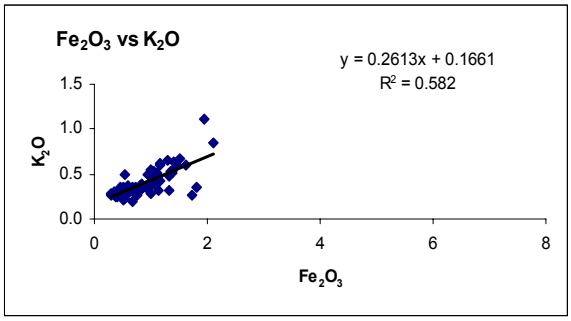
(Continuación)

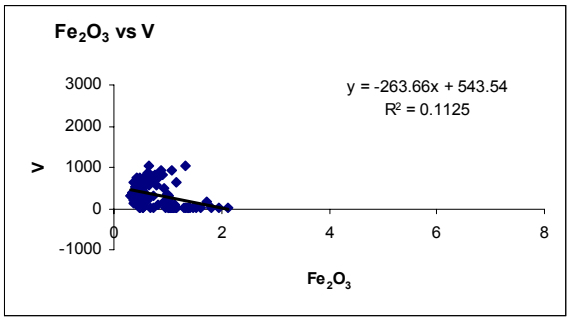
Fe_2O_3 vs elemento

sección Río de Oro

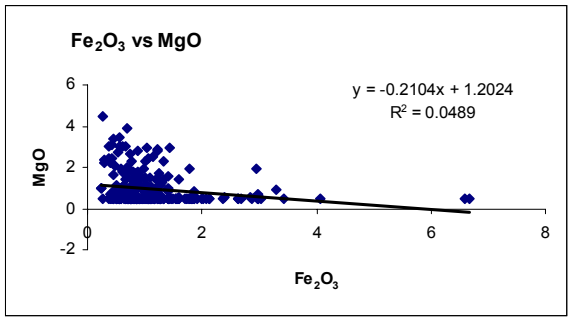


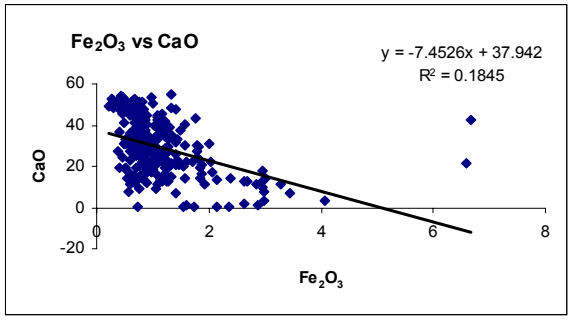


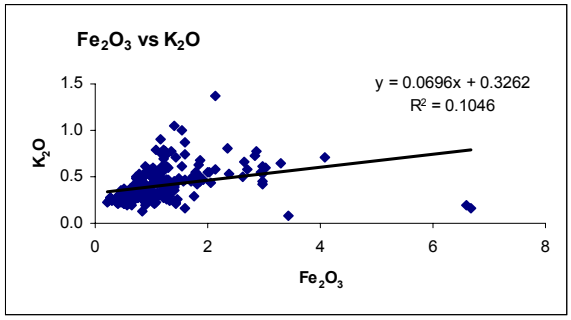


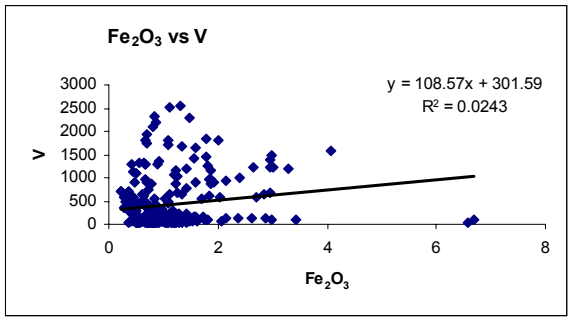


sección río Querecual



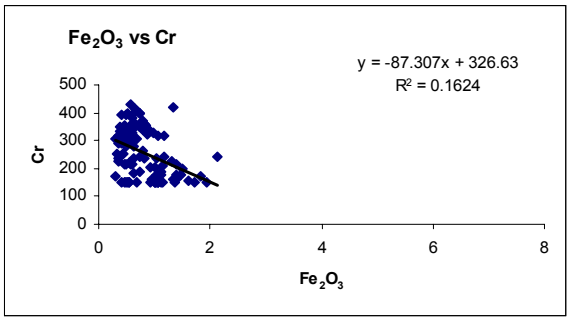


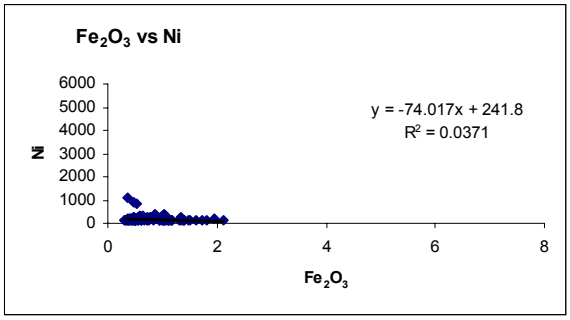


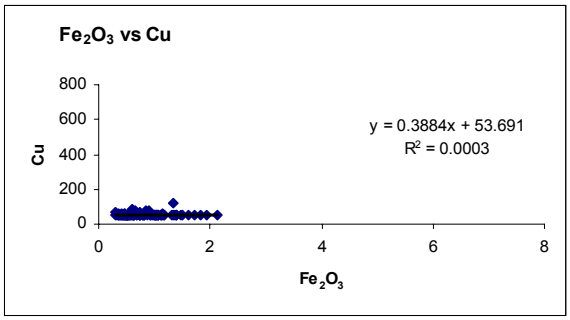


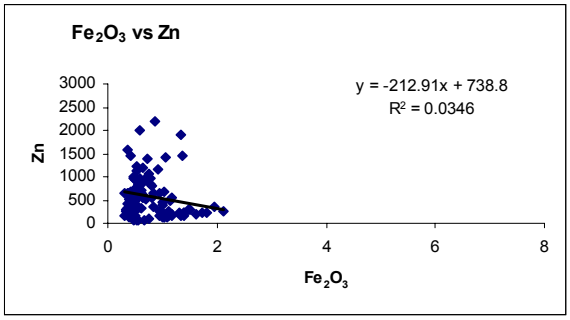
(Continuación)

sección Río de Oro

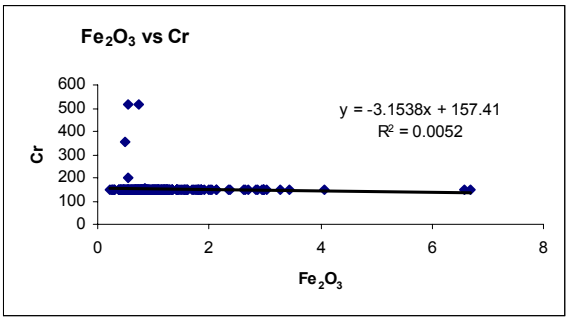


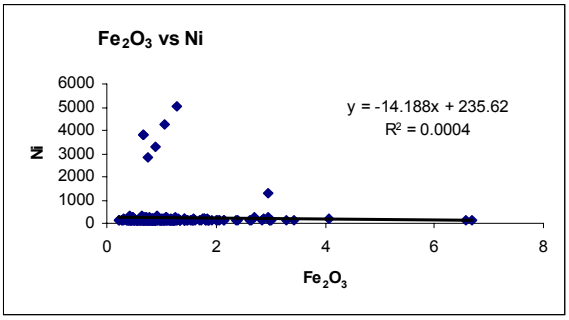


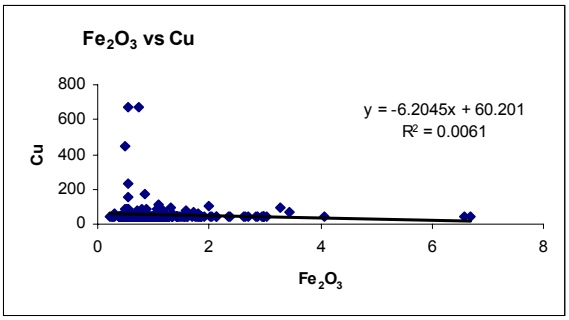


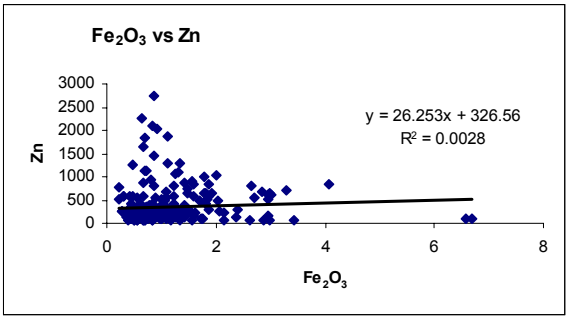


sección río Querecual



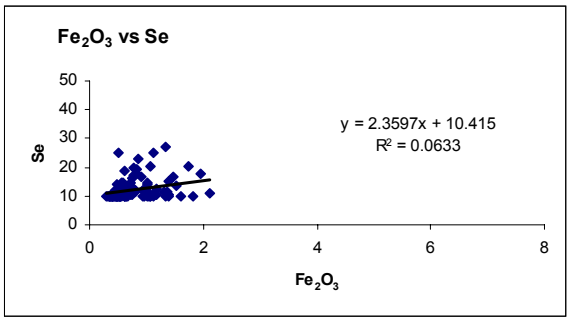


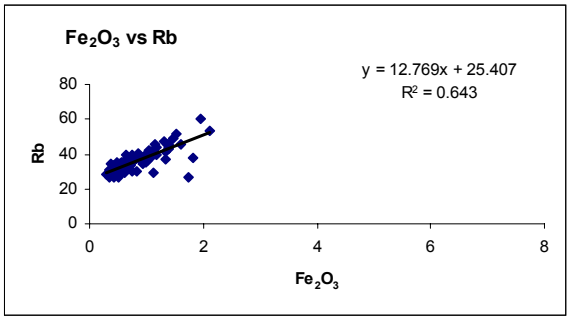


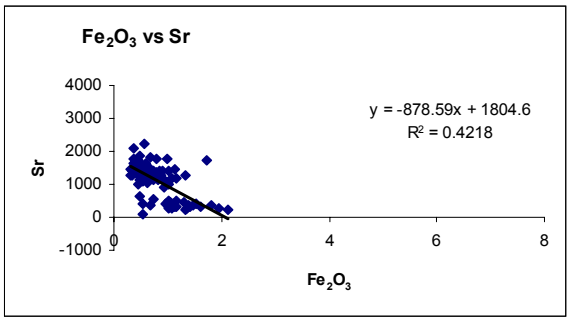


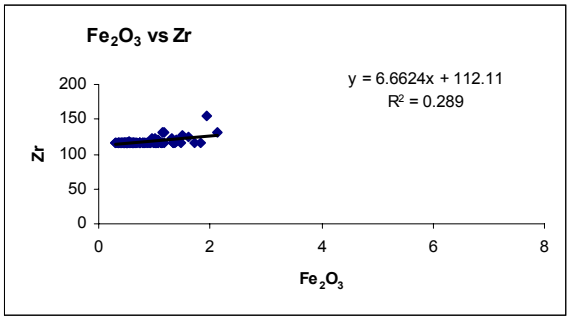
(Continuación)

sección Río de Oro

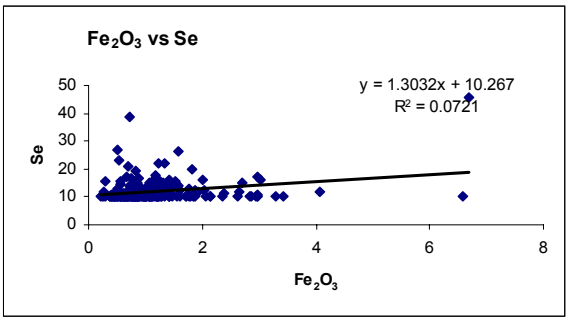


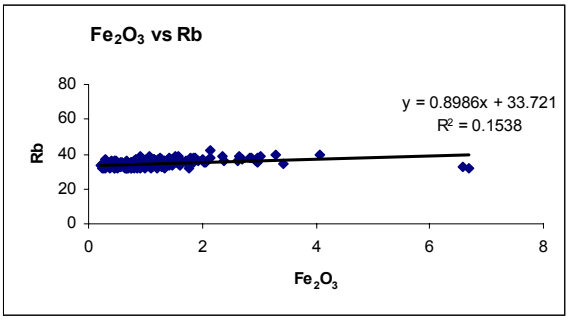


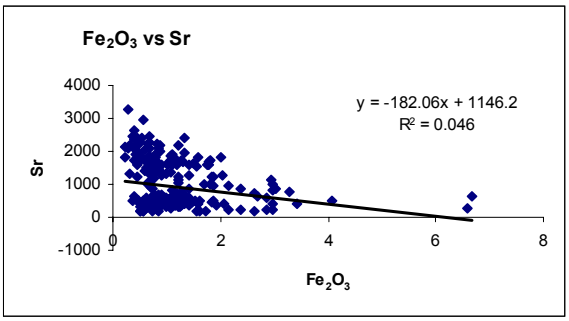


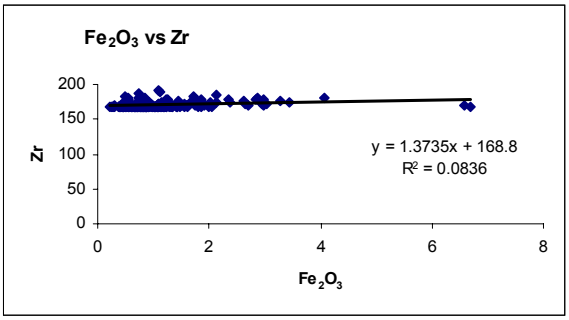


sección río Querecual



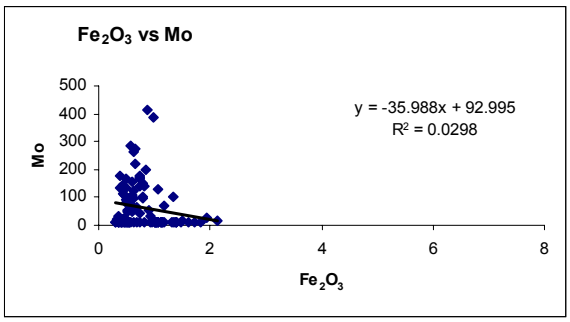


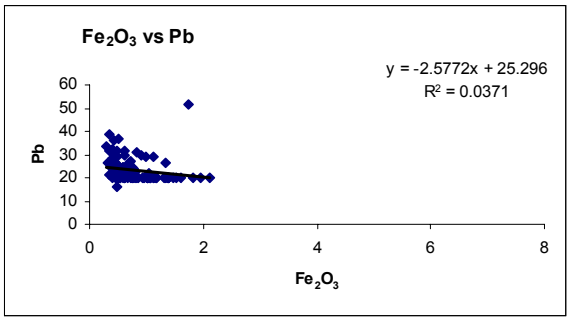




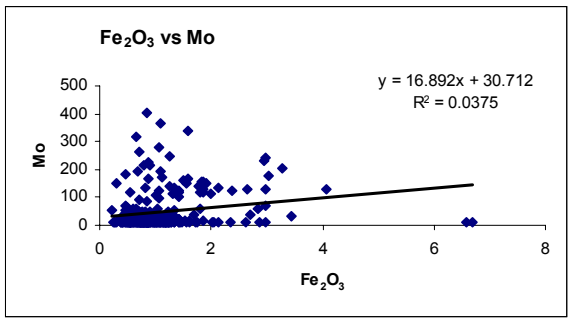
(Continuación)

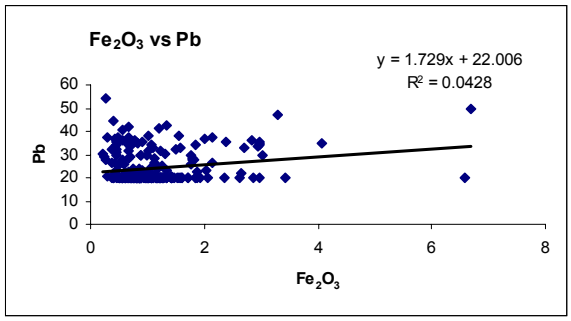
sección Río de Oro



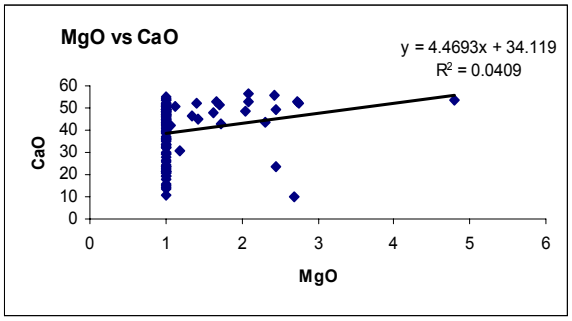


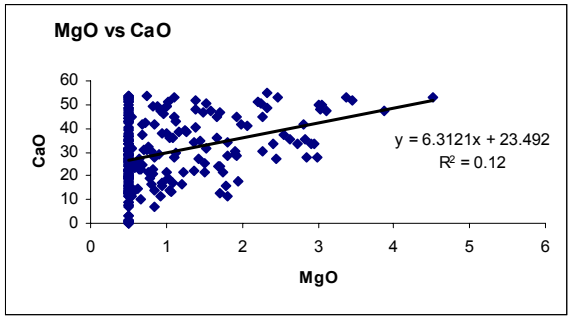
sección río Querecual

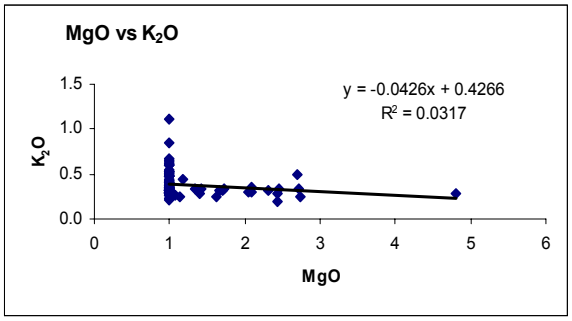


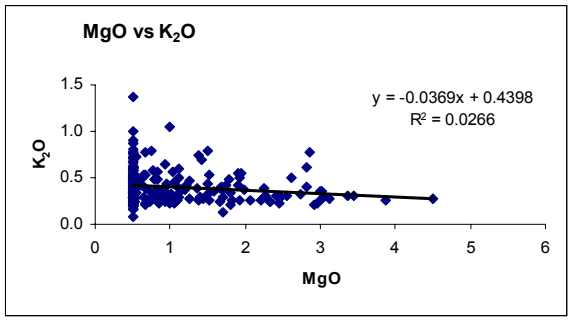


MgO vs elemento



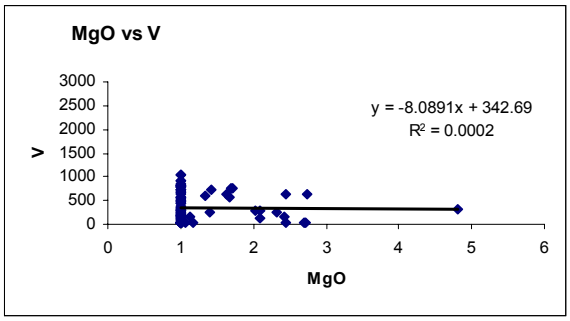


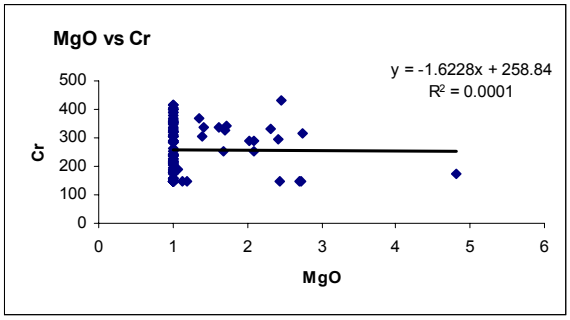


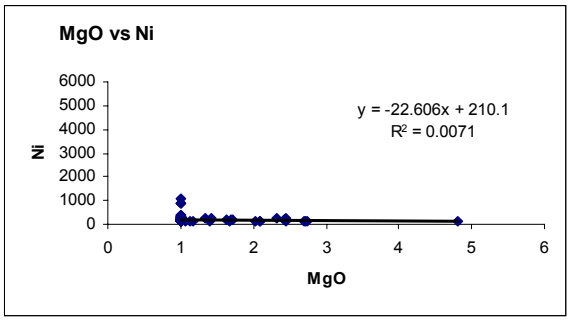


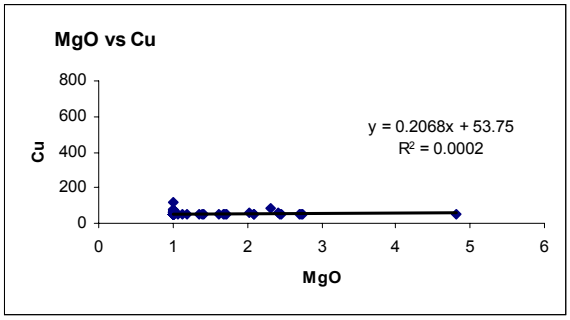
(Continuación)

sección Río de Oro

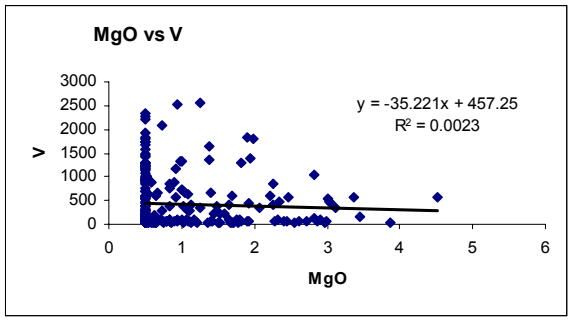


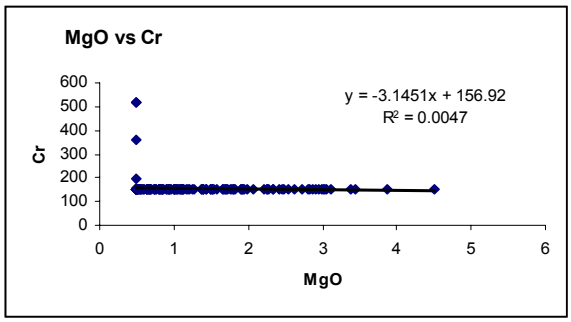


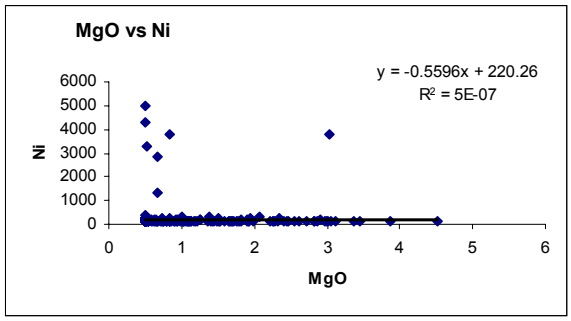


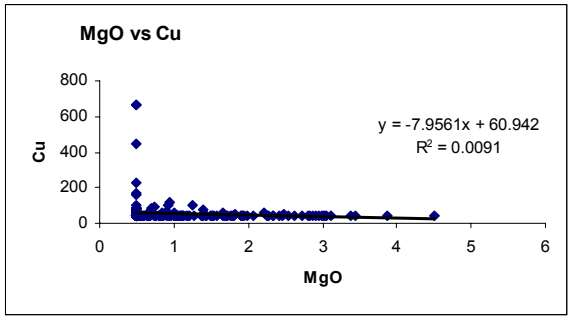


sección río Querecual



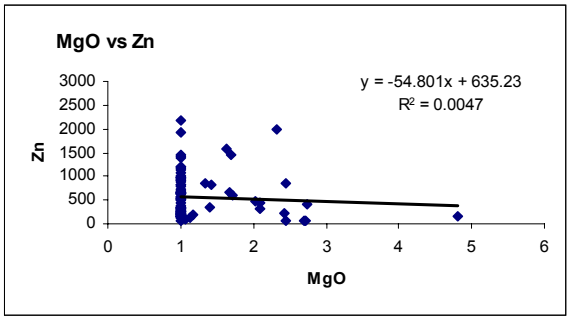


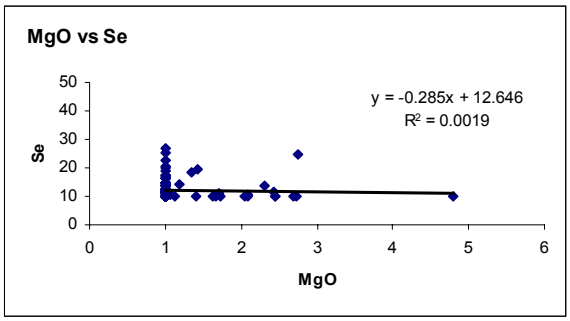


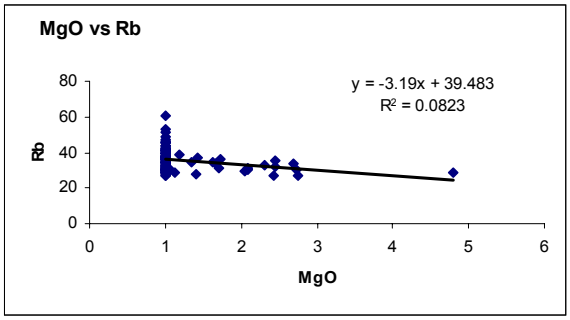


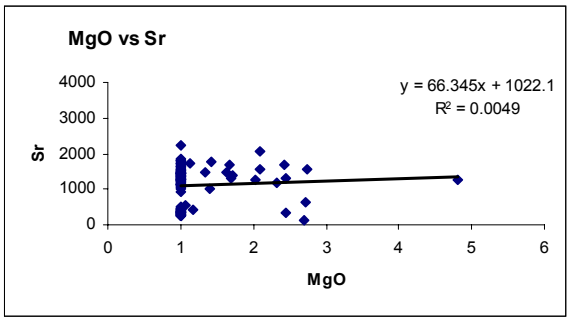
(Continuación)

sección Río de Oro

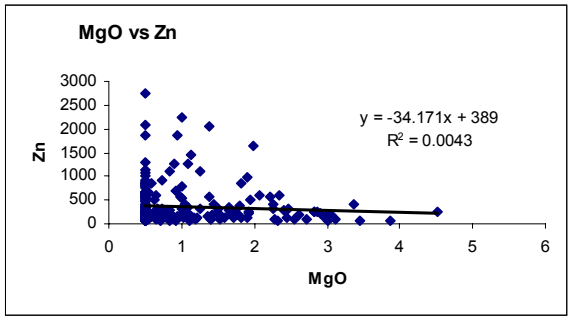


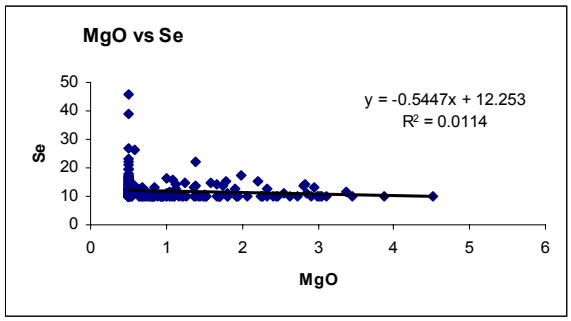


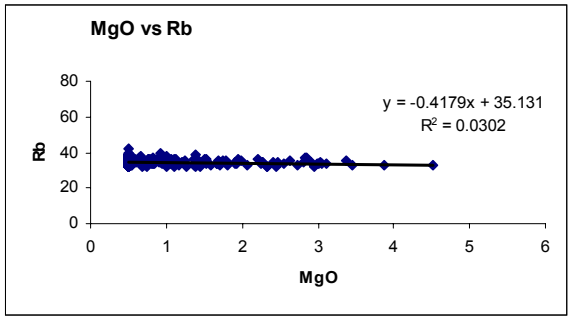


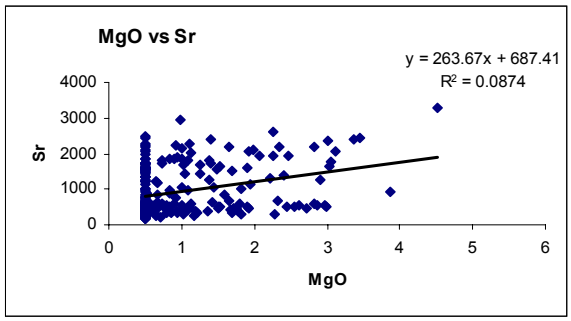


sección río Querecual



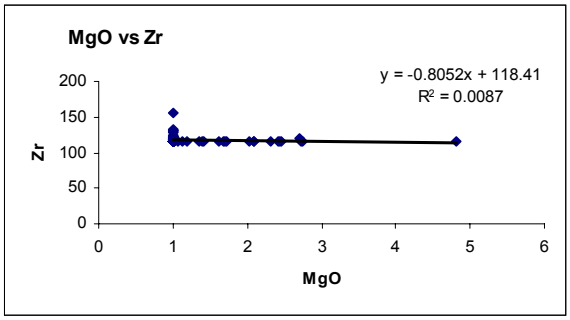


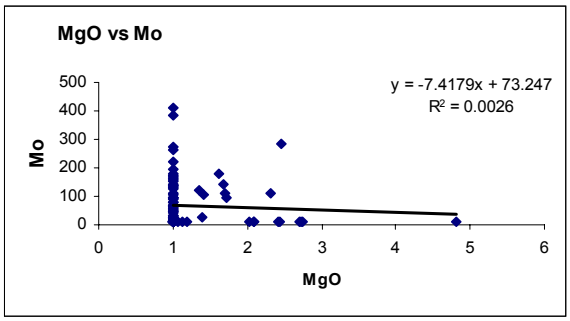


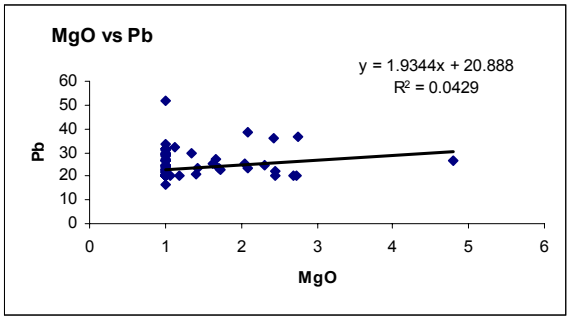


(Continuación)

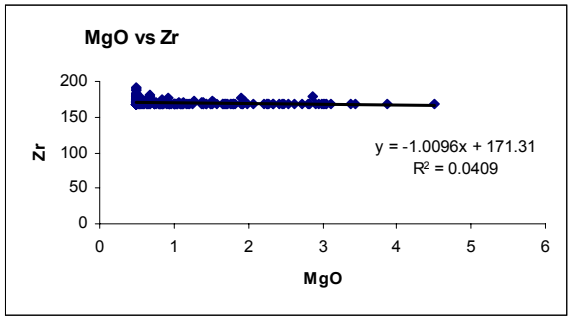
sección Río de Oro

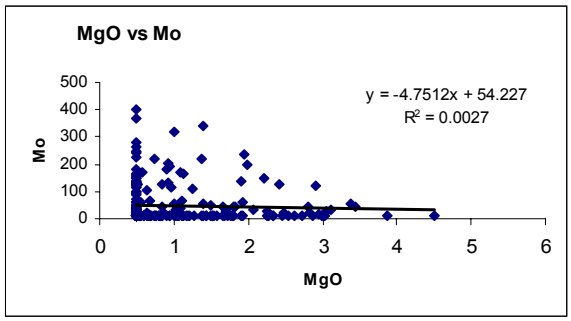


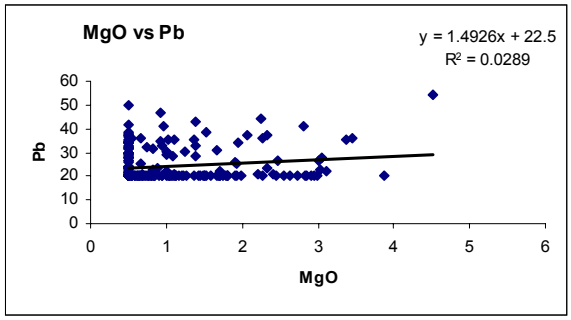




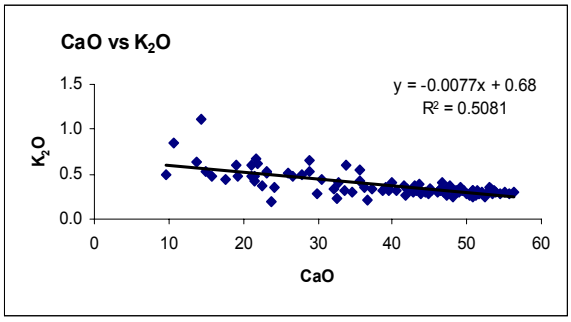
sección río Querecual

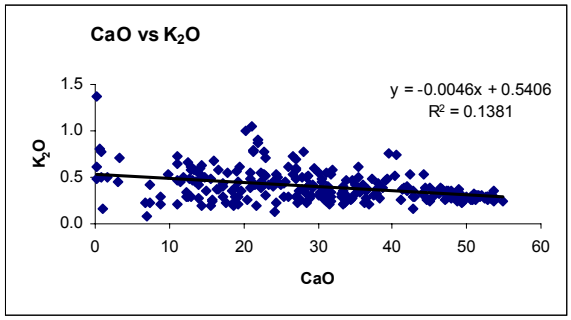






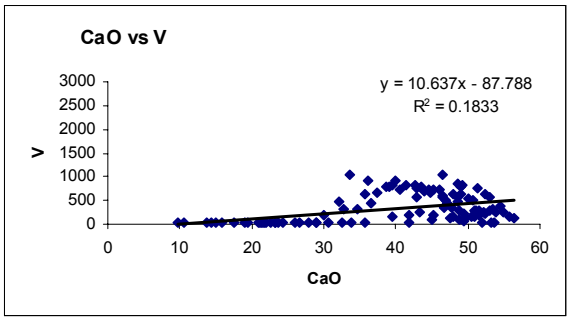
CaO vs elemento

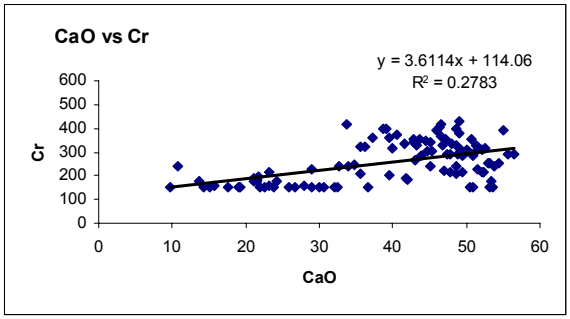


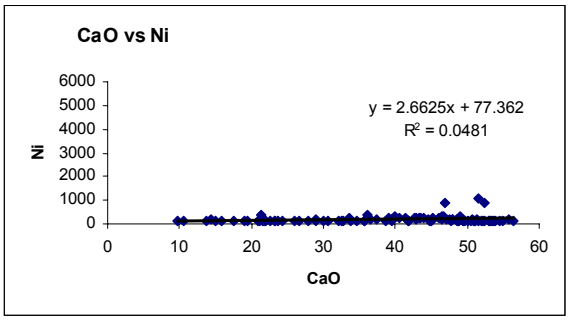


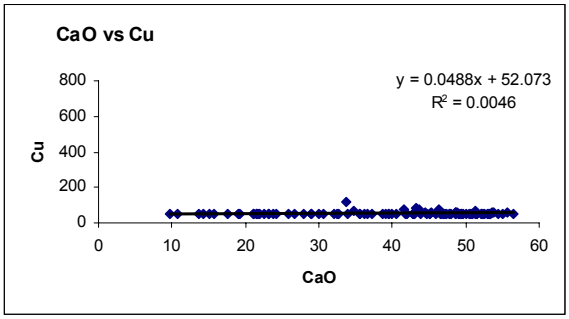
(Continuación)

sección Río de Oro

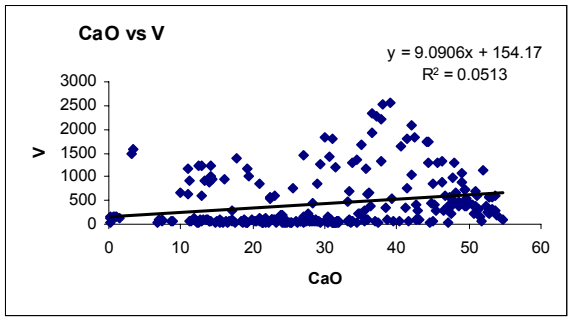


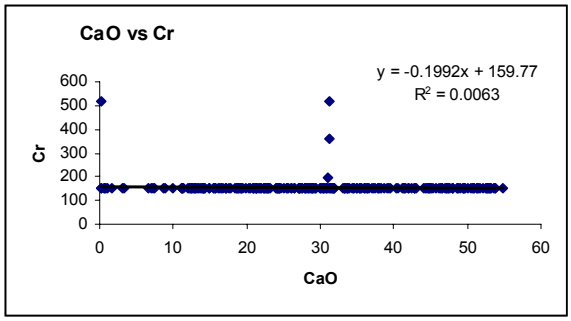


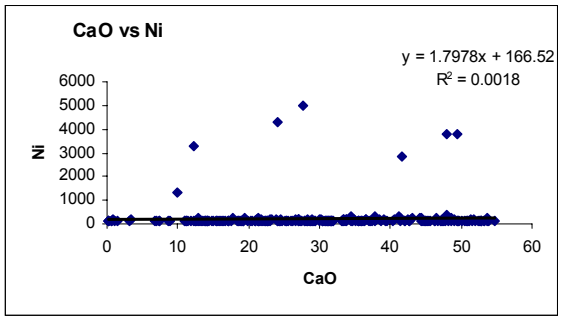


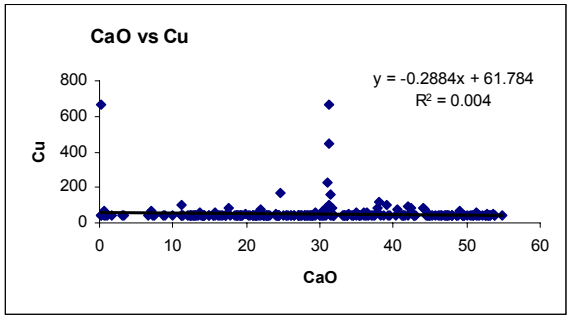


sección río Querecual



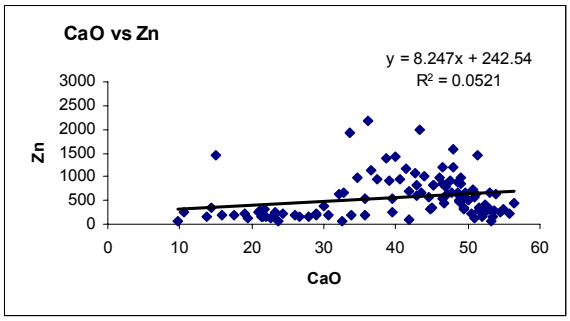


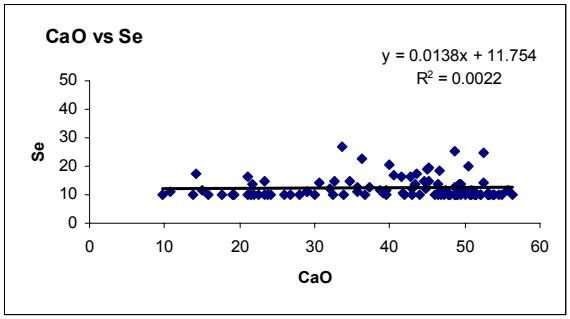


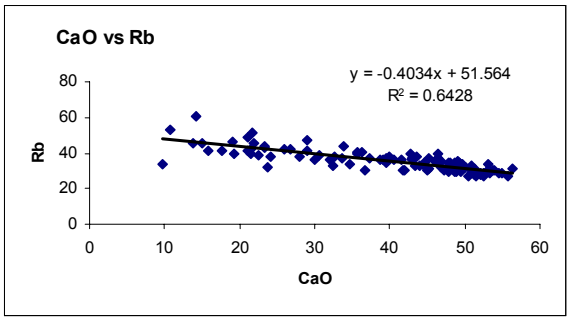


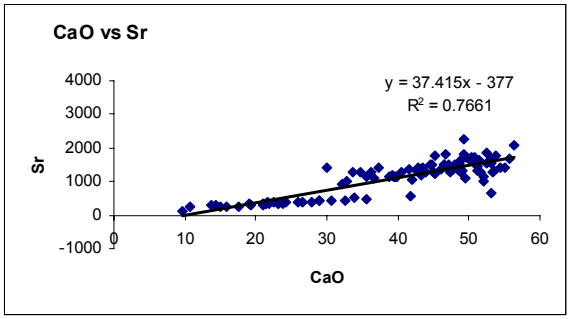
(Continuación)

sección Río de Oro

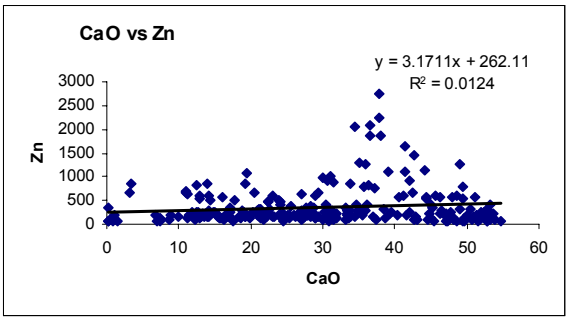


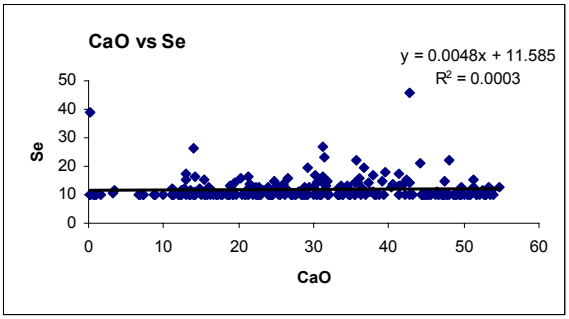


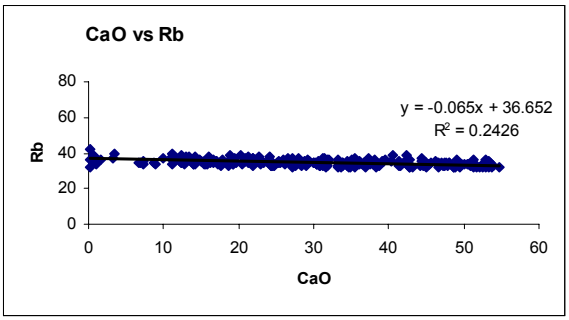


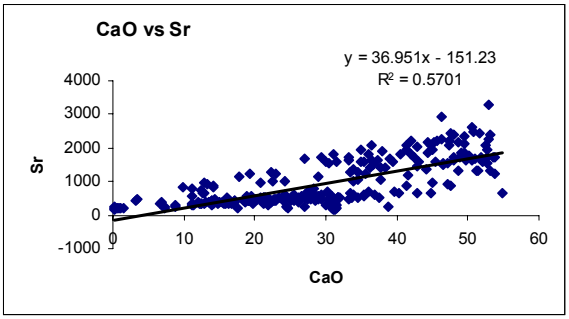


sección río Querecual



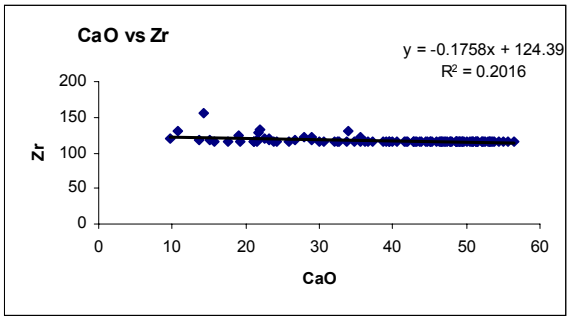


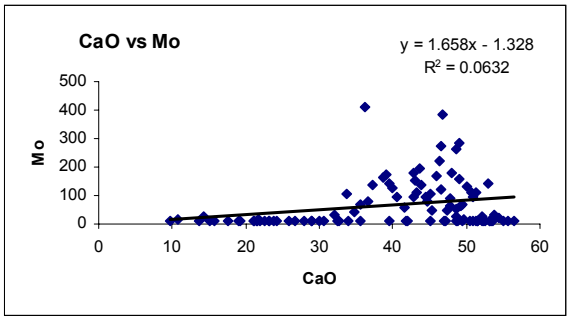


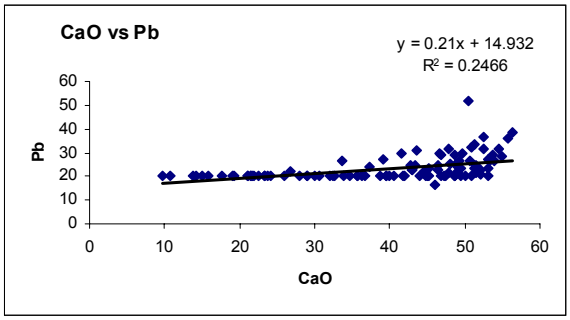


(Continuación)

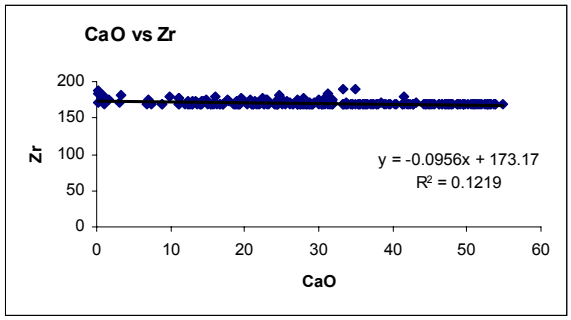
sección Río de Oro

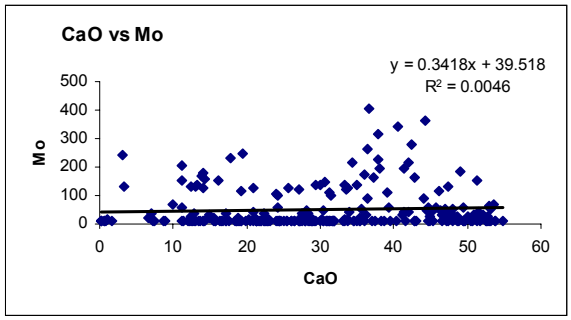


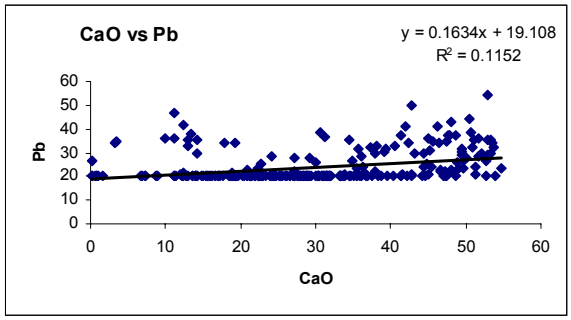




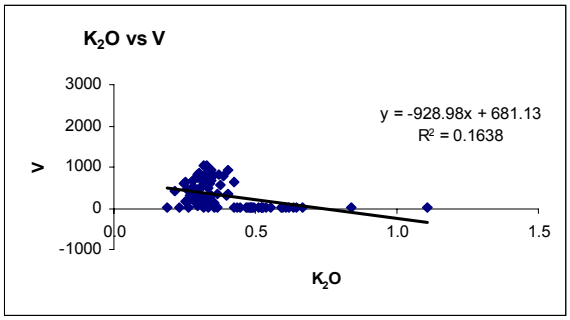
sección río Querecual

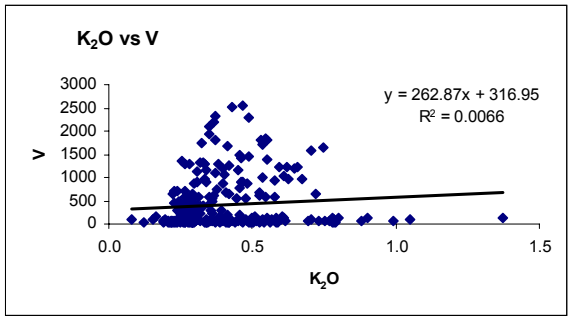






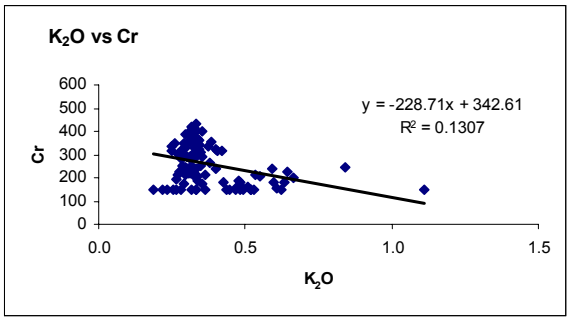
K_2O vs elemento

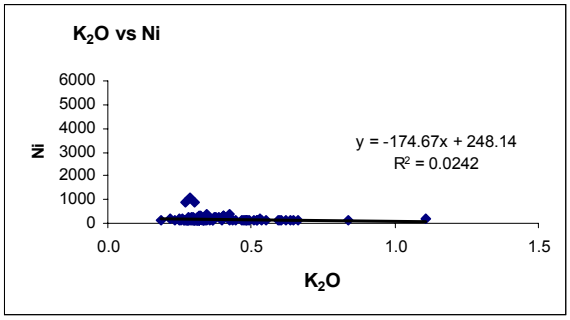


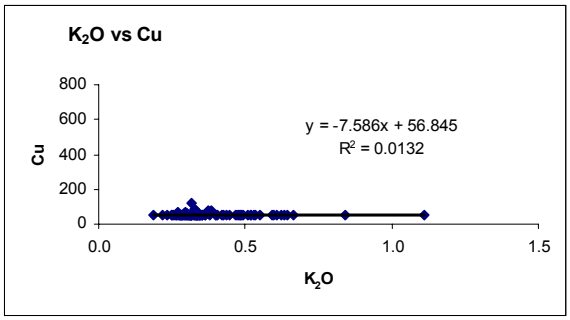


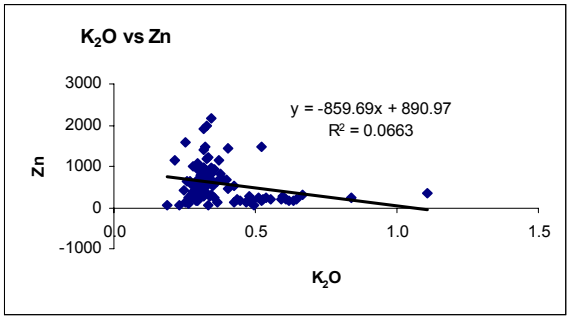
(Continuación)

sección Río de Oro

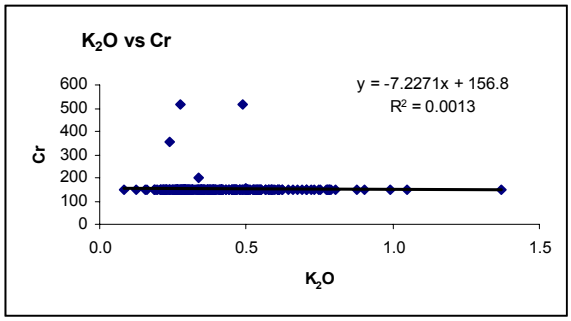


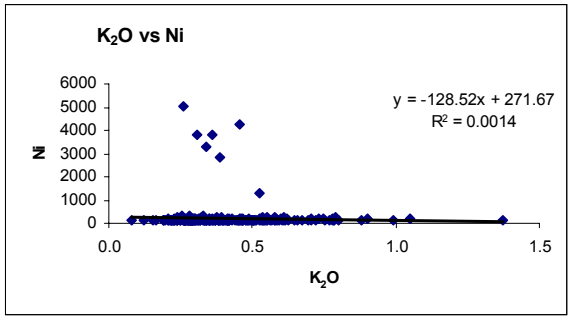


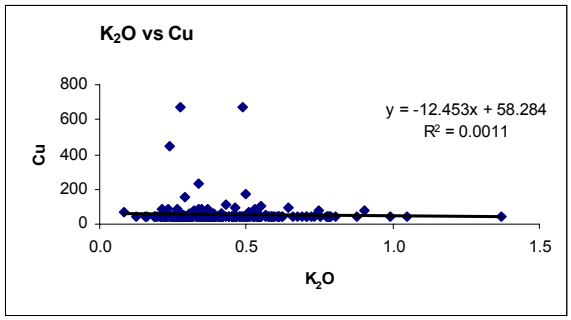


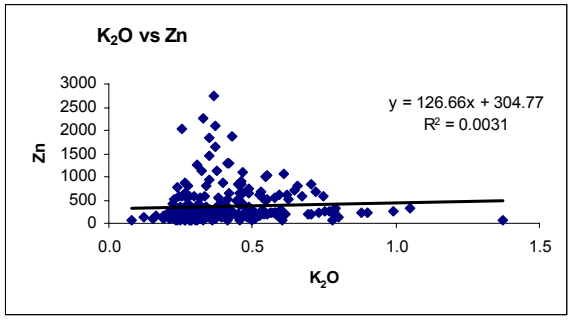


sección río Querecual



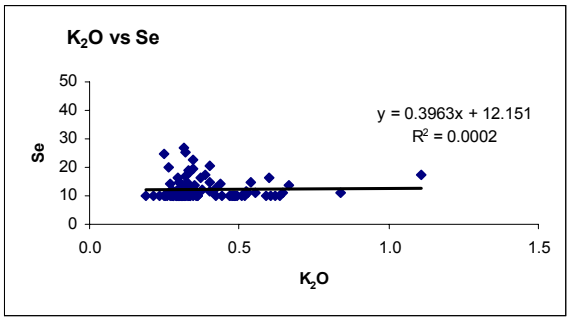


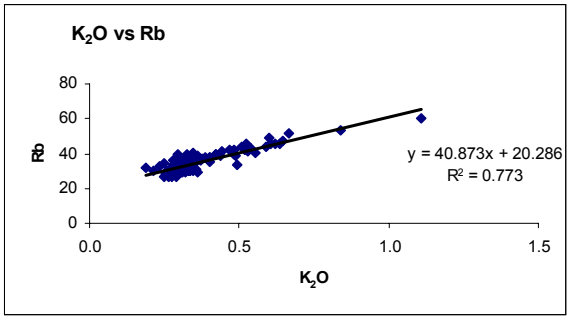


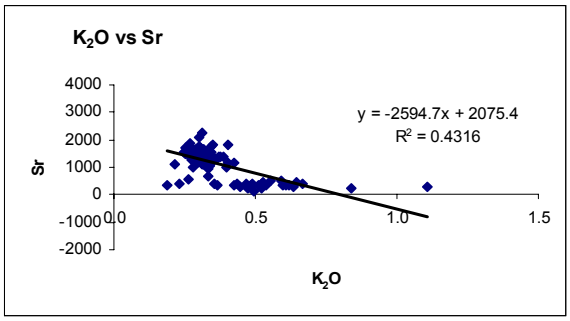


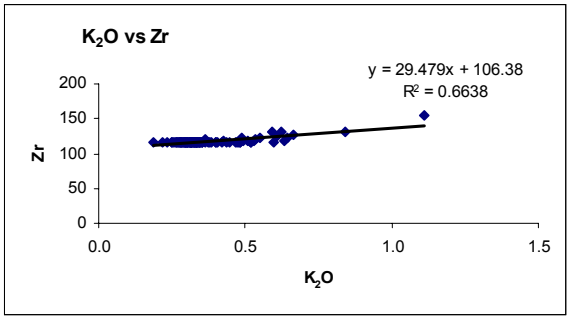
(Continuación)

sección Río de Oro

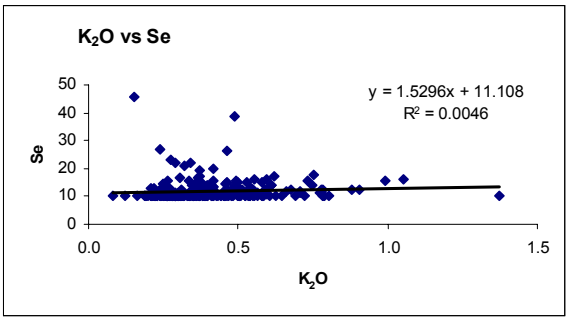


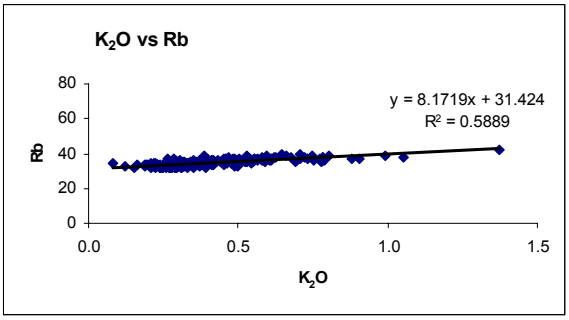


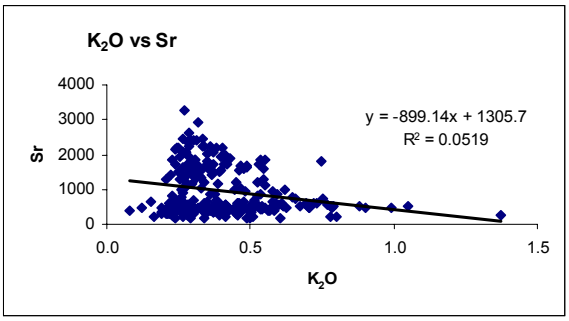


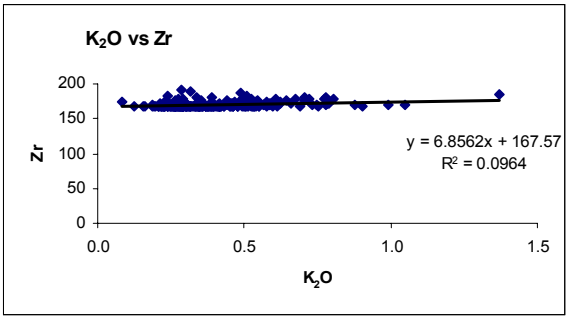


sección río Querecual



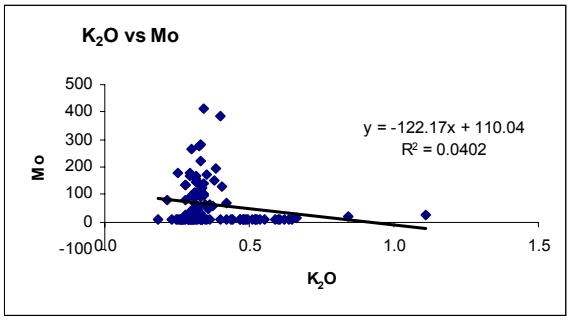


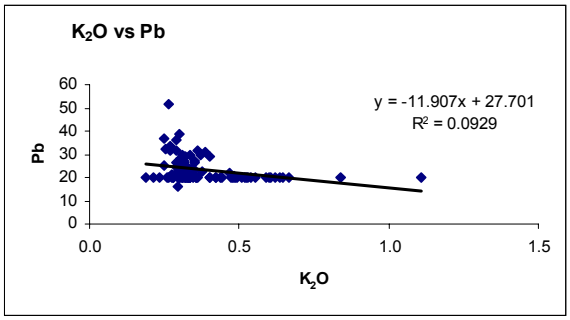




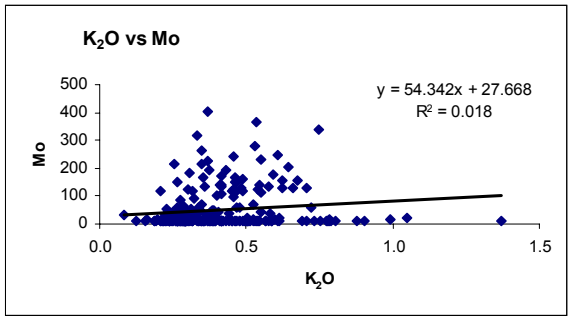
(Continuación)

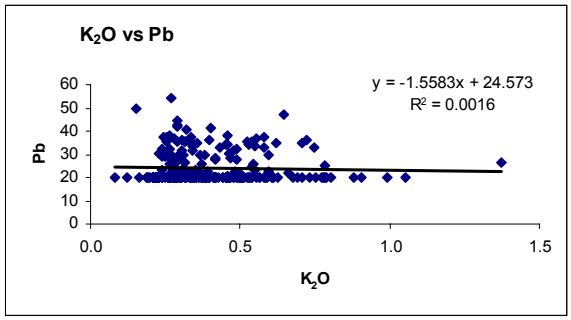
sección Río de Oro



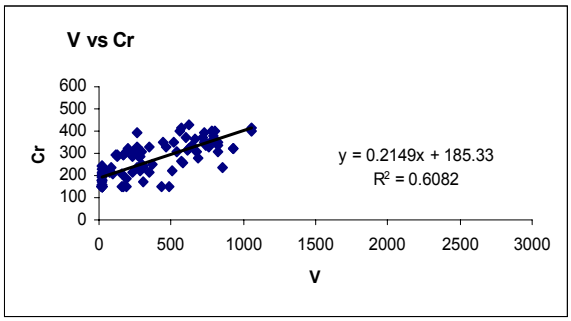


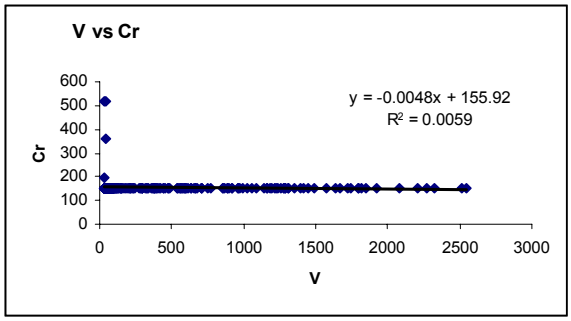
sección río Querecual

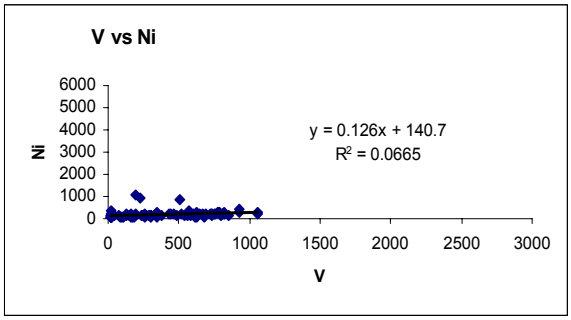


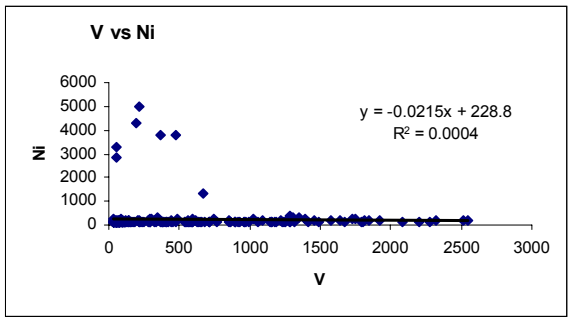


V vs elemento



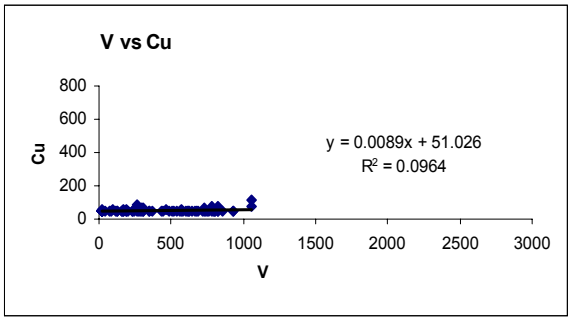


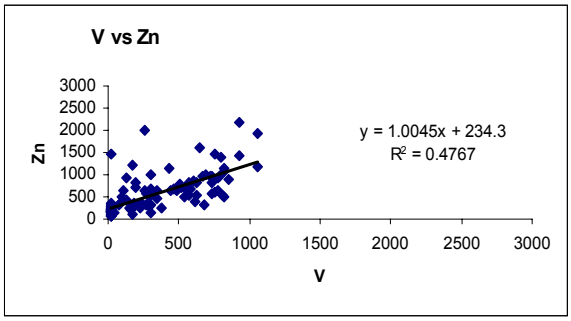


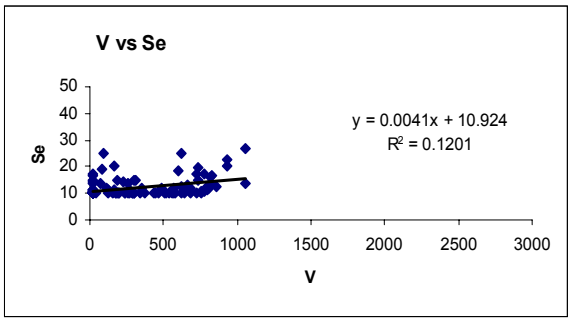


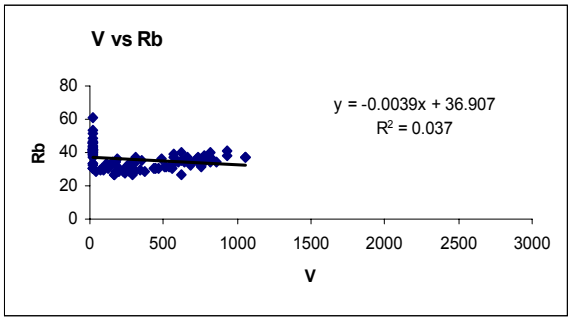
(Continuación)

sección Río de Oro

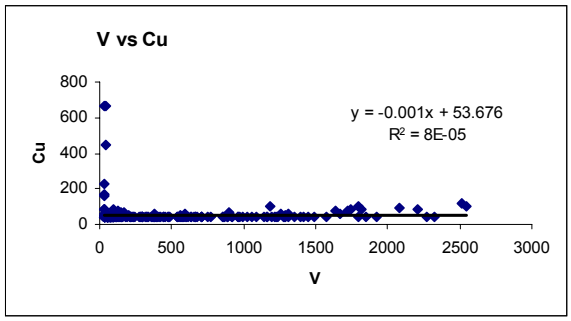


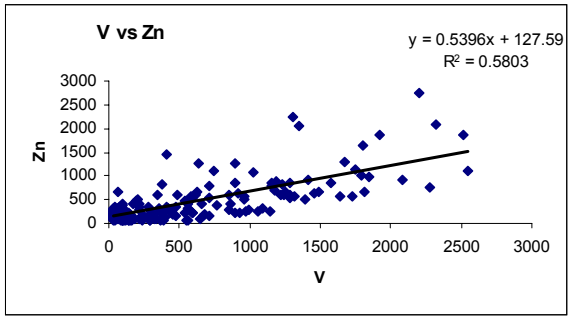


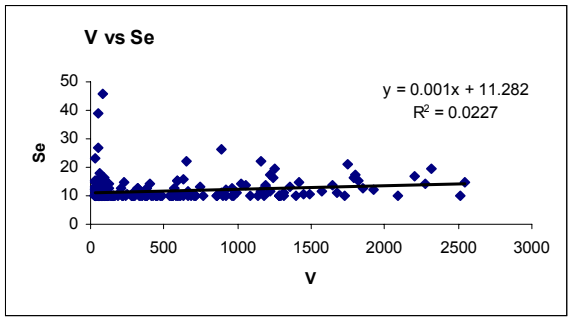


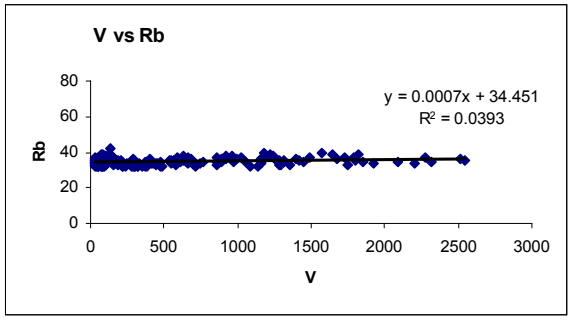


sección río Querecual



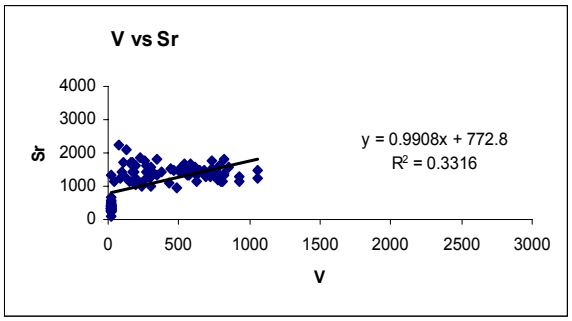


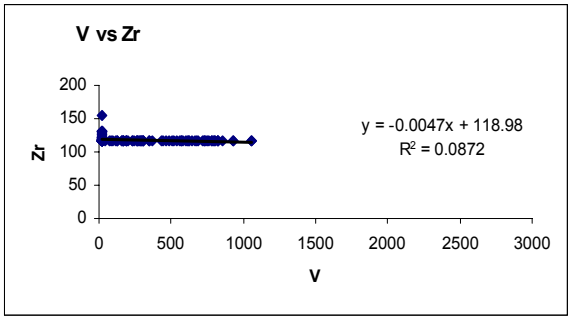


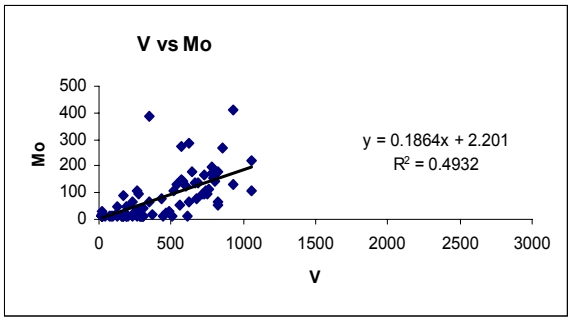


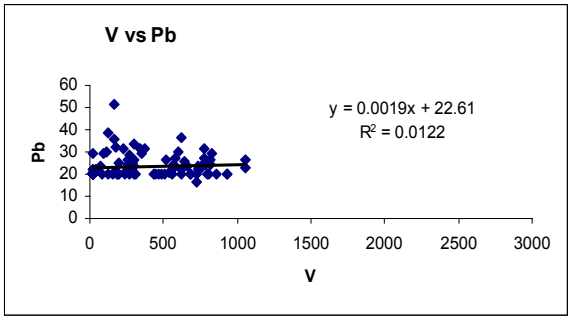
(Continuación)

sección Río de Oro

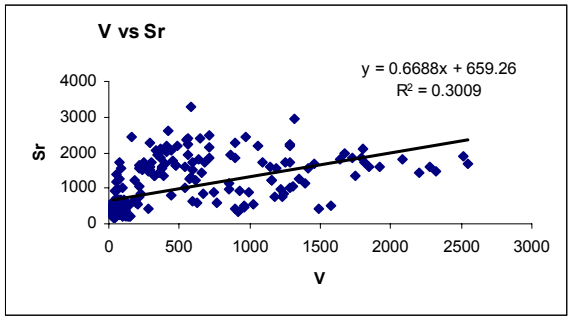


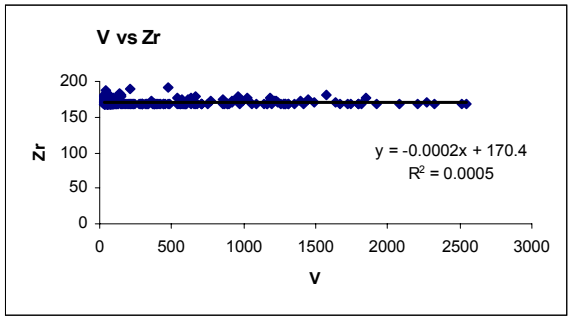


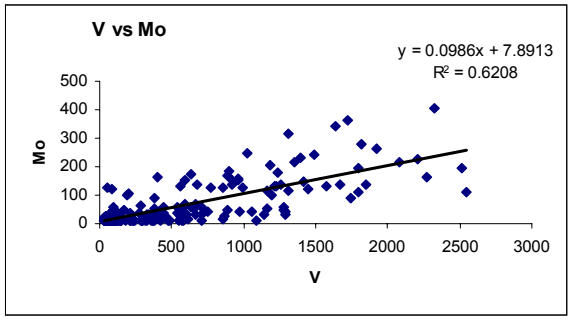


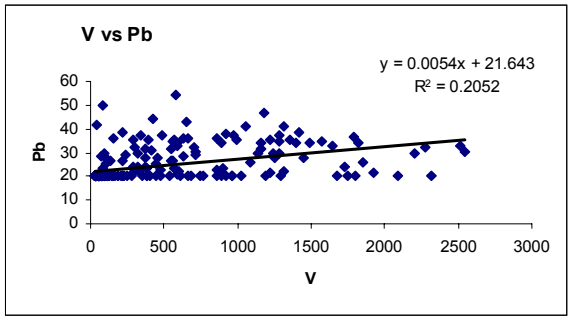


sección río Querecual





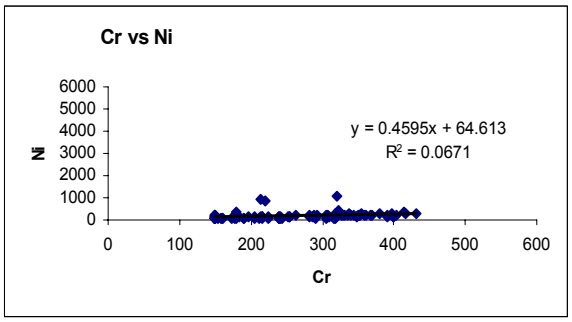


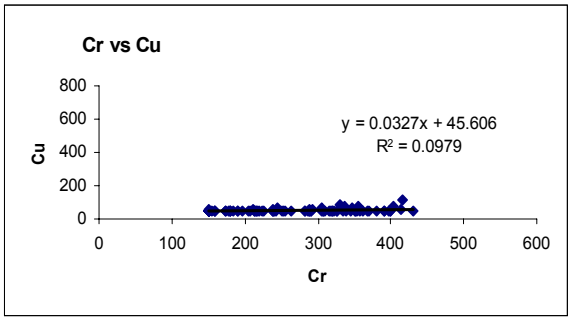


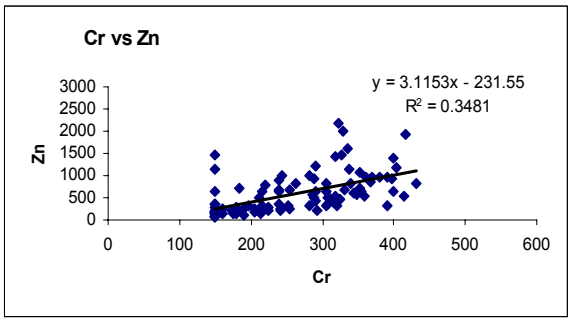
(Continuación)

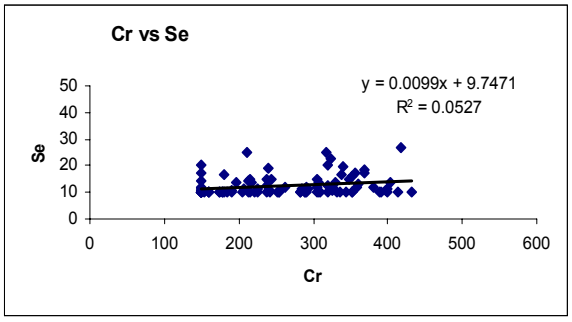
Cr vs elemento

sección Río de Oro

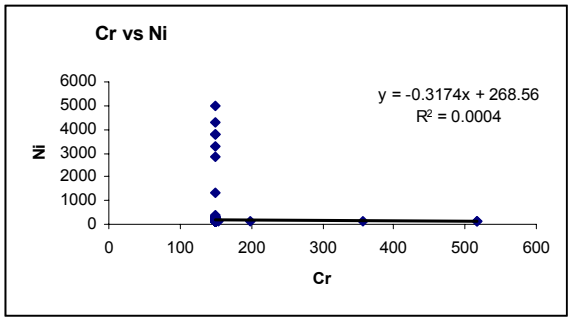


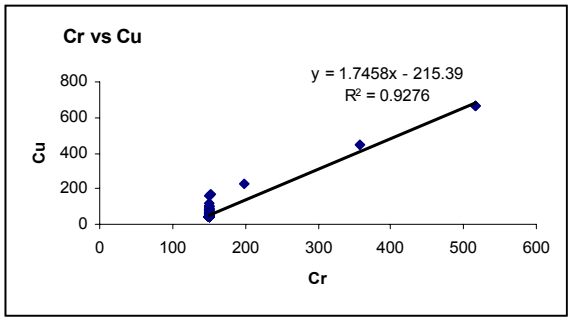


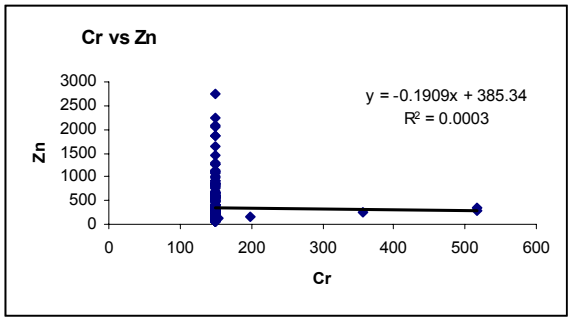


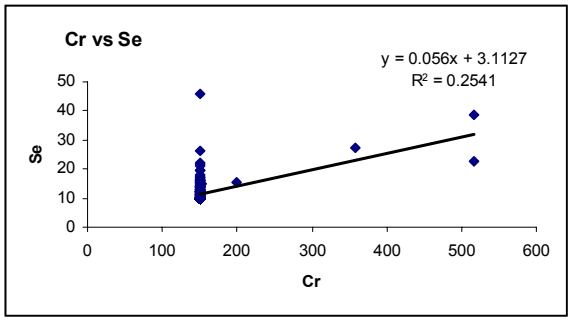


sección río Querecual



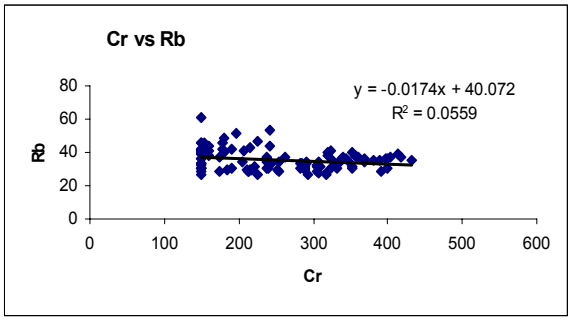


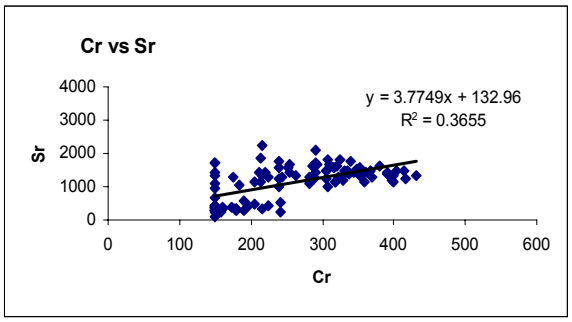


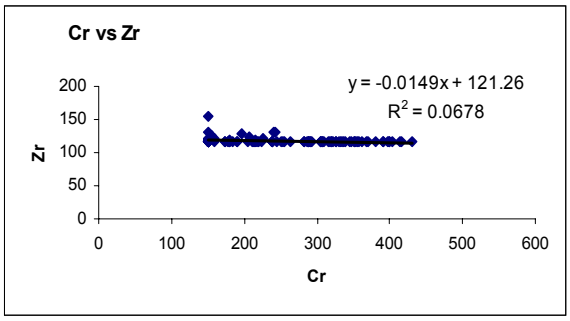


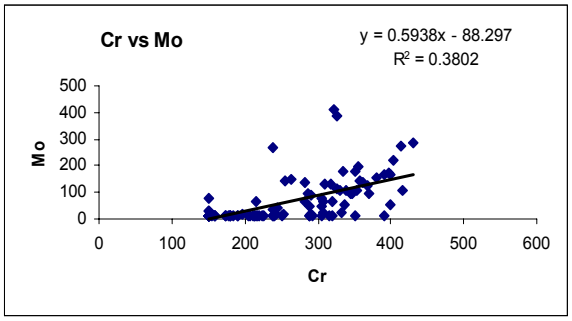
(Continuación)

sección Río de Oro

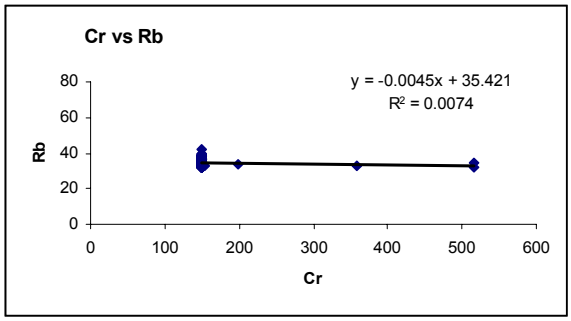


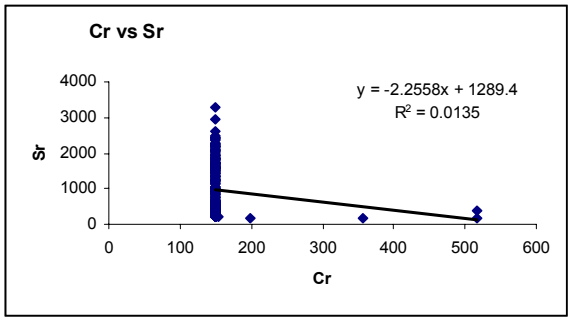


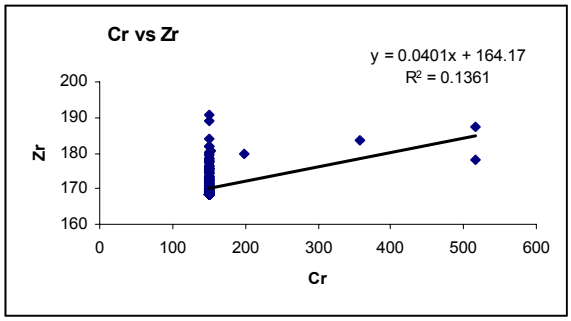


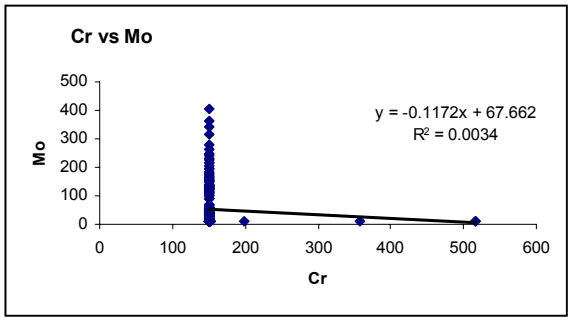


sección río Querecual



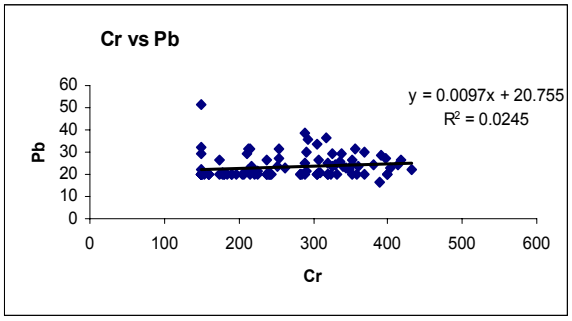




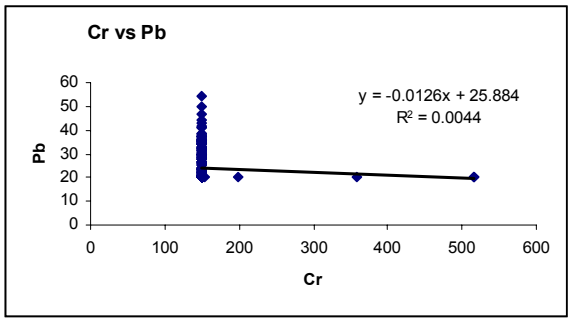


(Continuación)

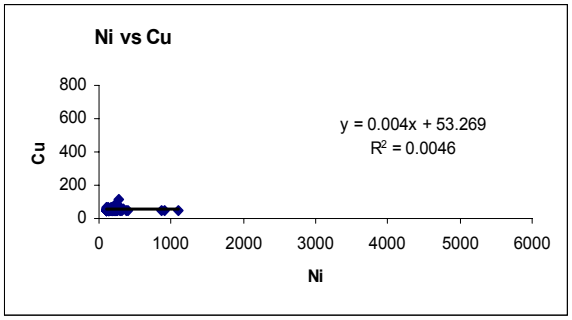
sección Río de Oro

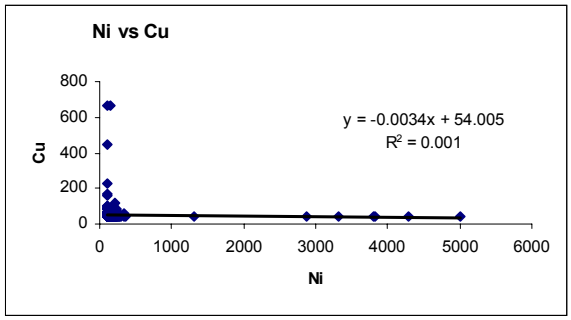


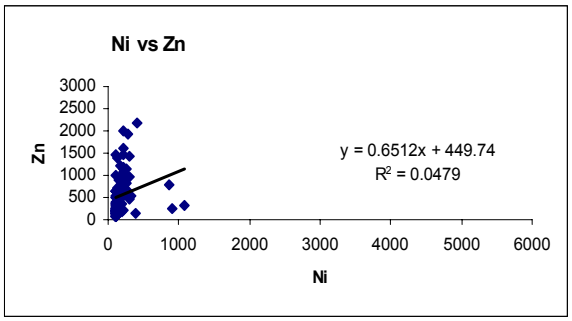
sección río Querecual

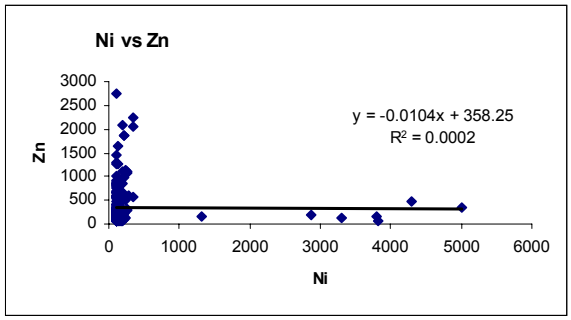


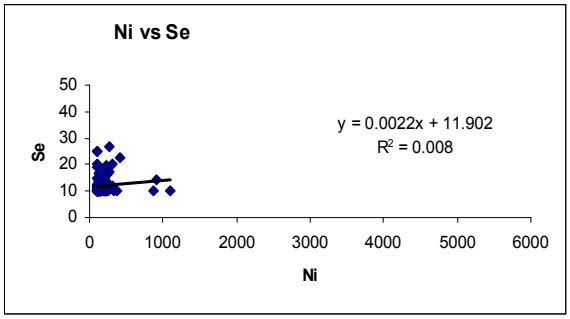
Ni vs elemento

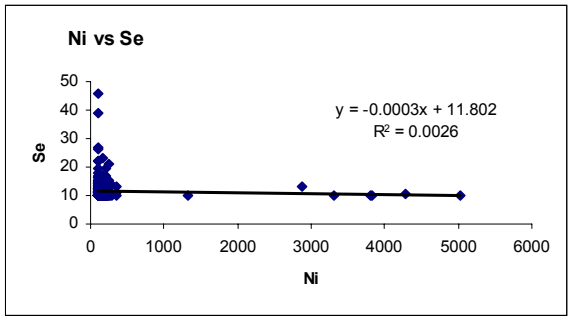






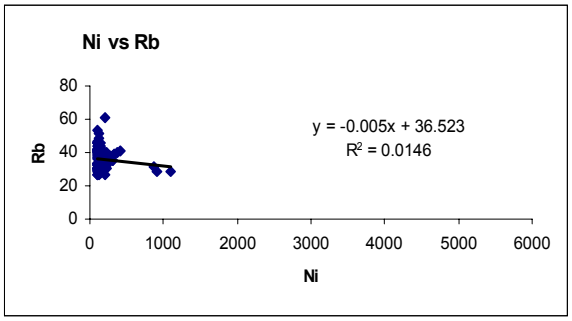


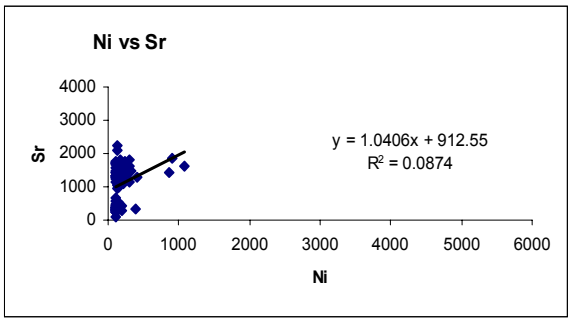


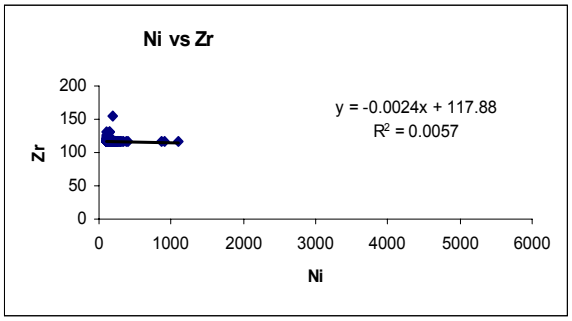


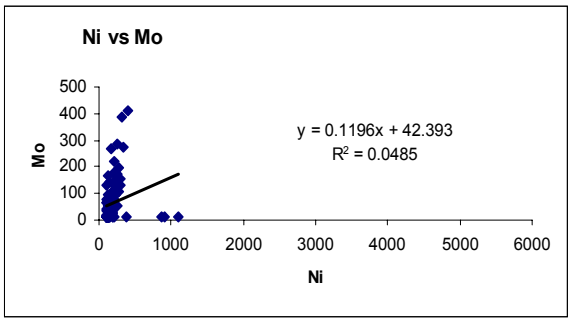
(Continuación)

sección Río de Oro

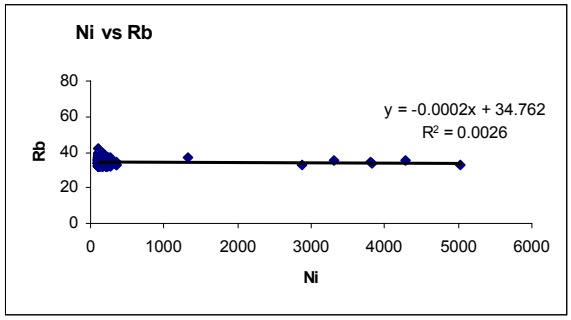


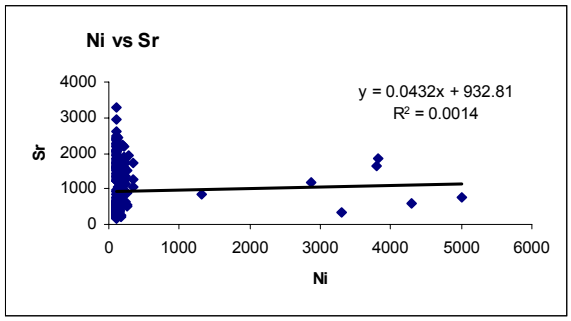


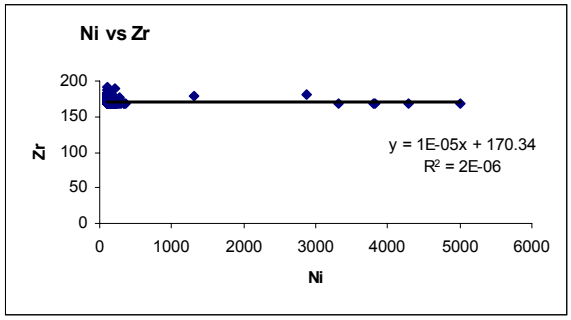


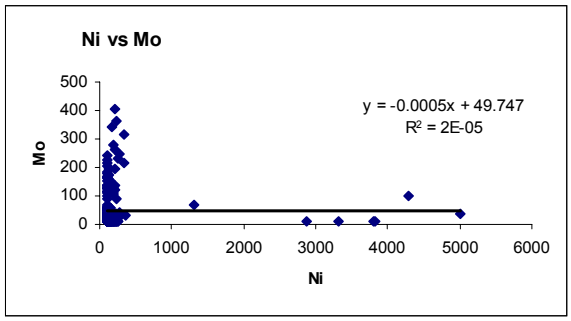


sección río Querecual



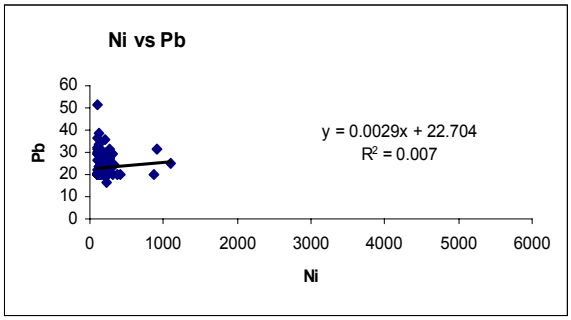




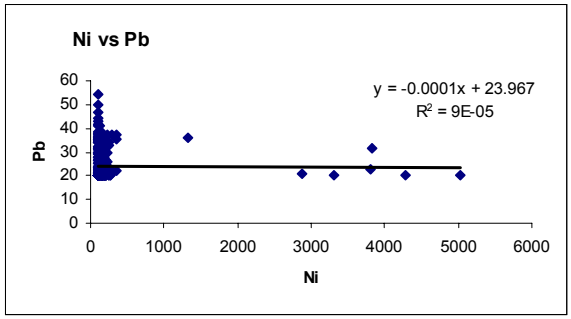


(Continuación)

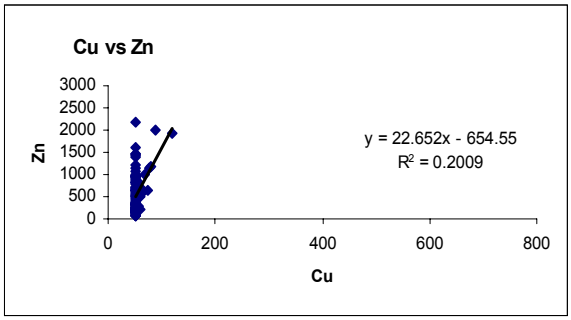
sección Río de Oro

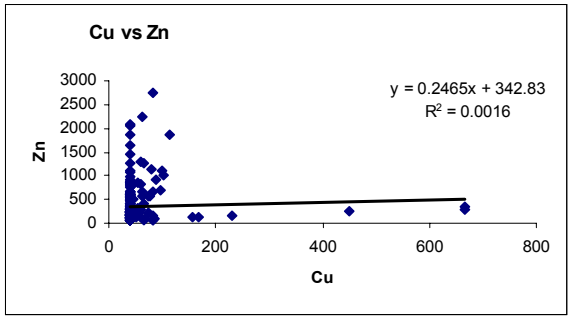


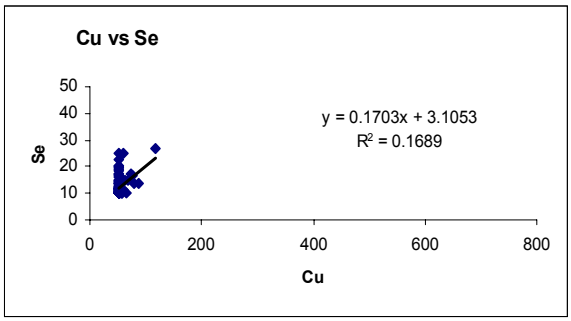
sección río Querecual

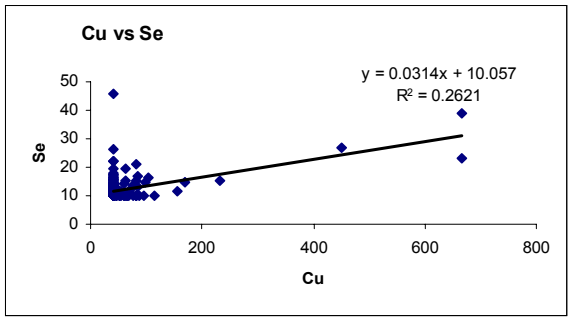


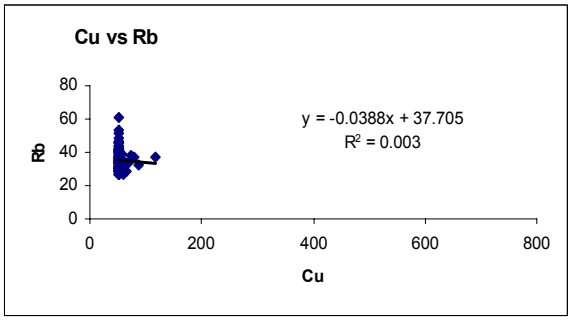
Cu vs elemento

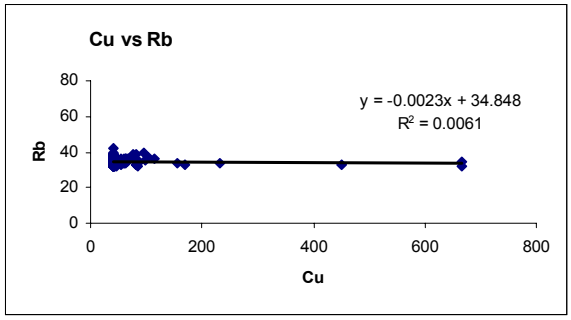






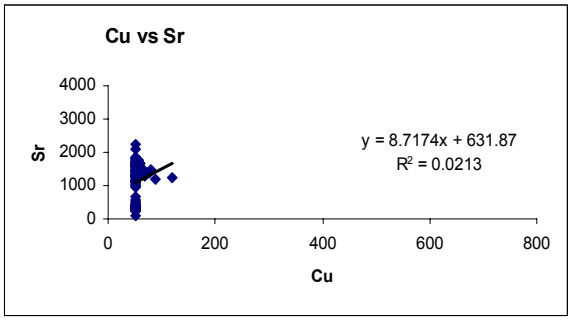


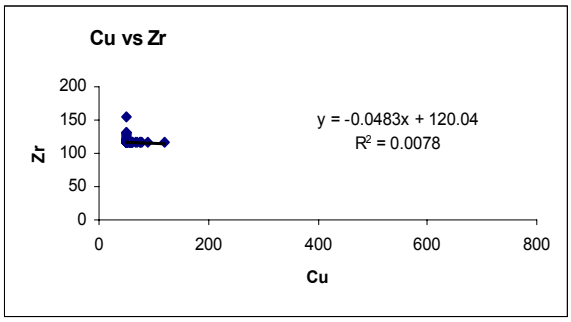


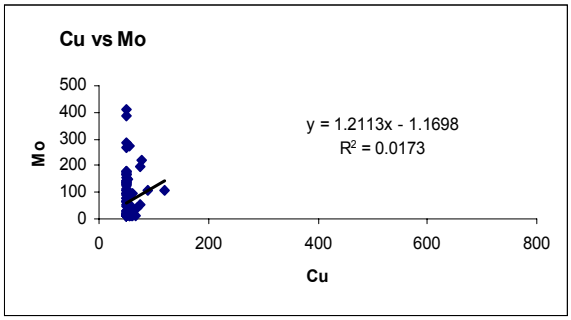


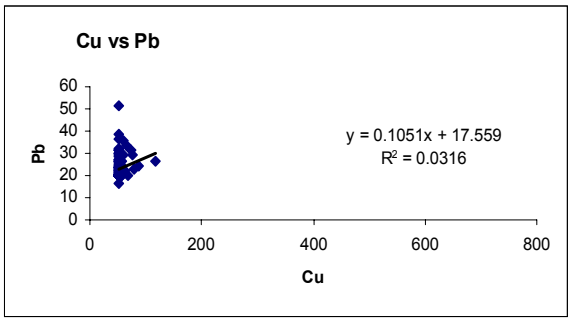
(Continuación)

sección Río de Oro

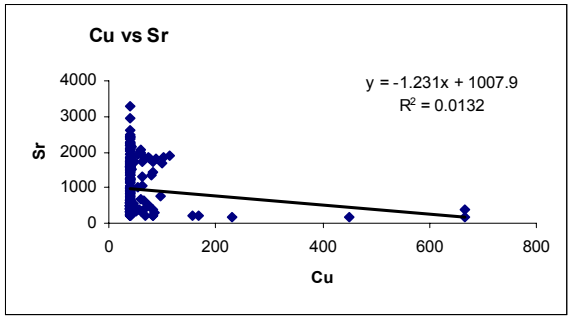


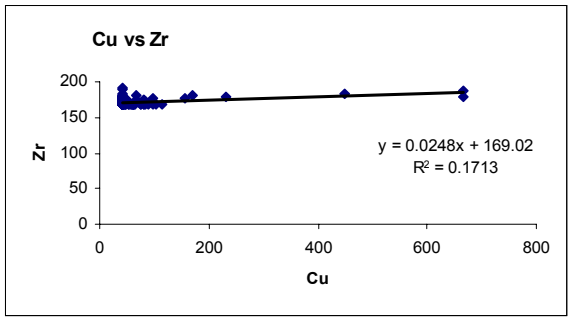


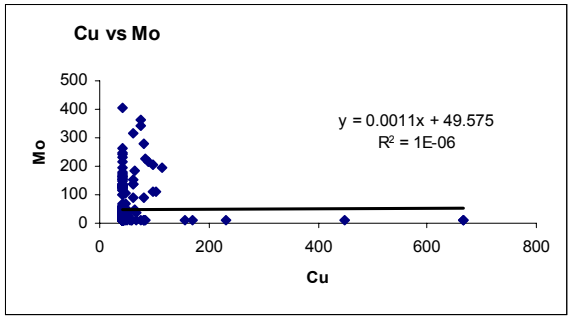


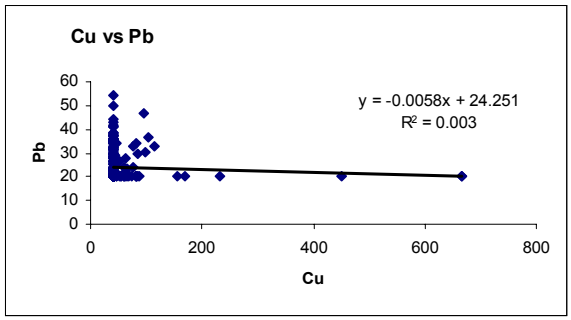


sección río Querecual





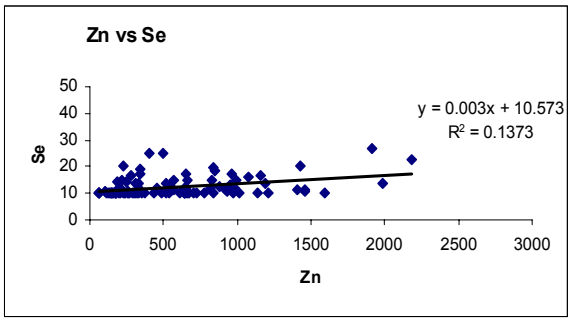


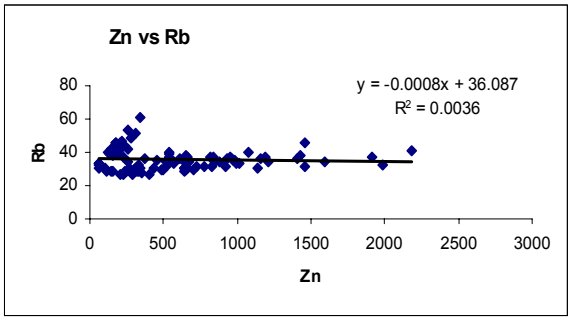


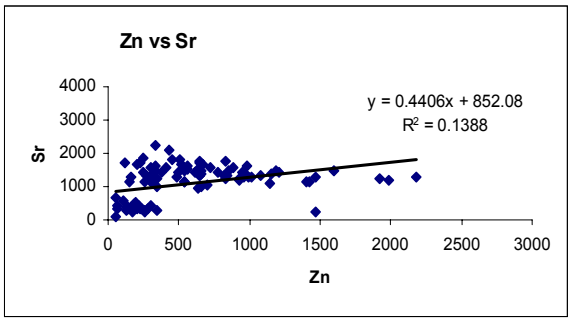
(Continuación)

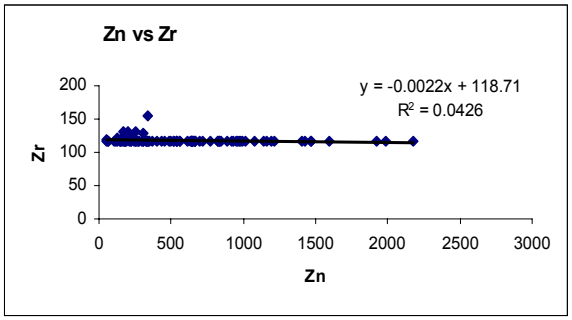
Zn vs elemento

sección Río de Oro

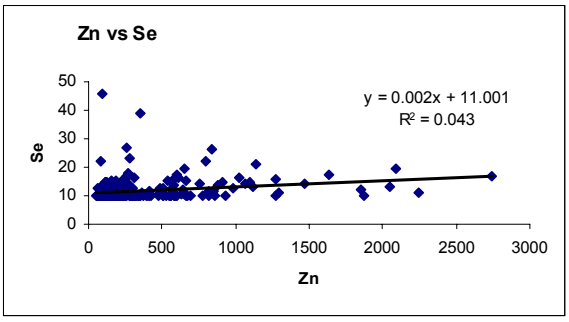


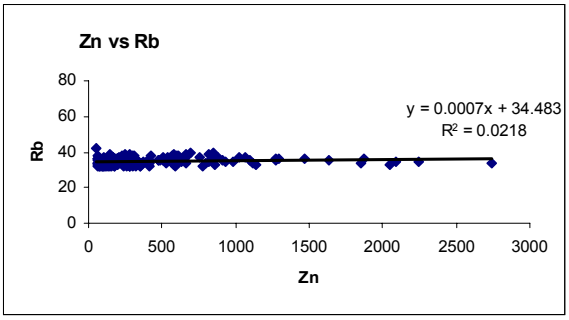


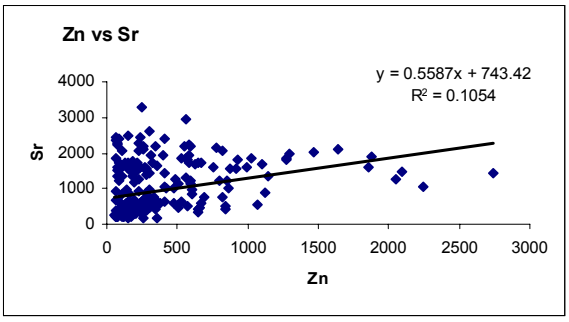


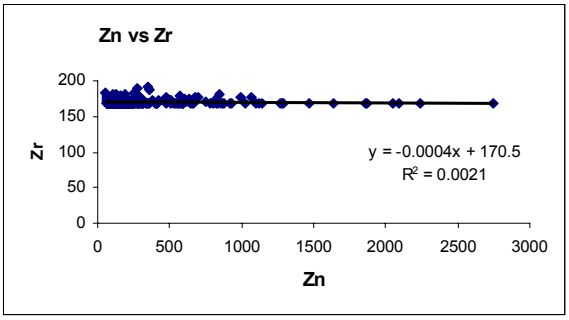


sección río Querecual



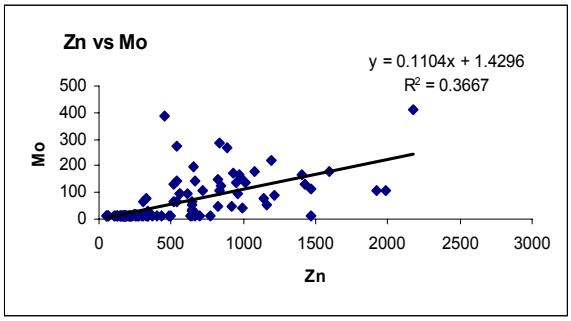


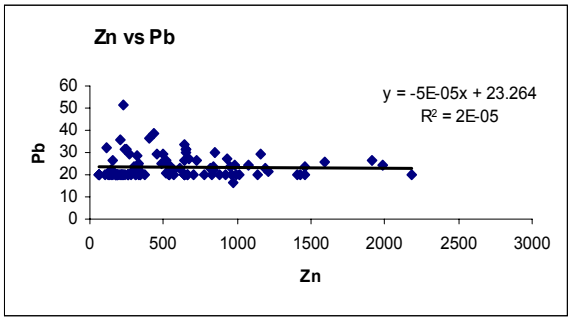




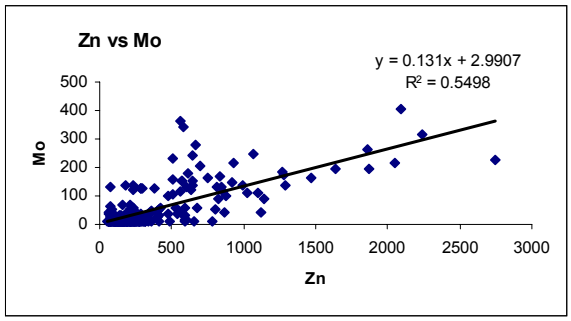
(Continuación)

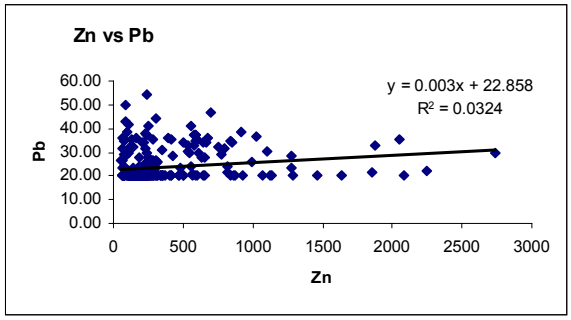
sección Río de Oro



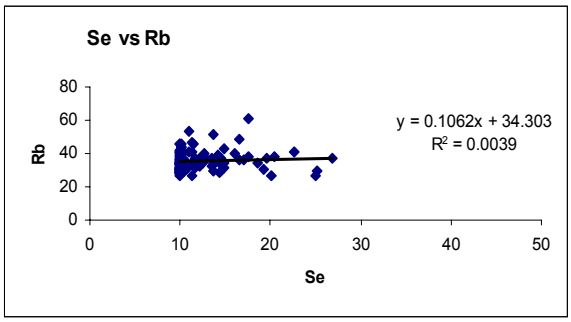


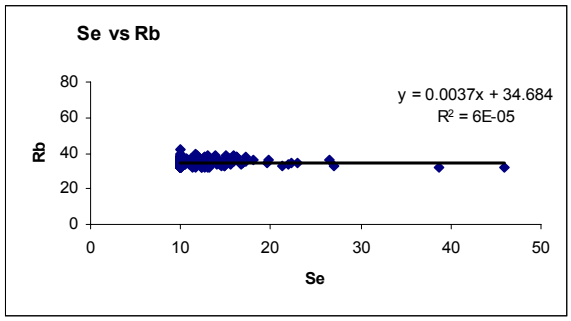
sección río Querecual

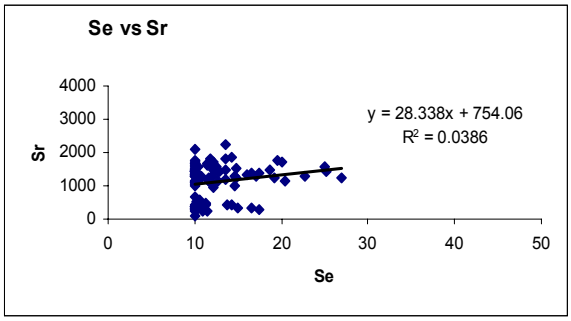


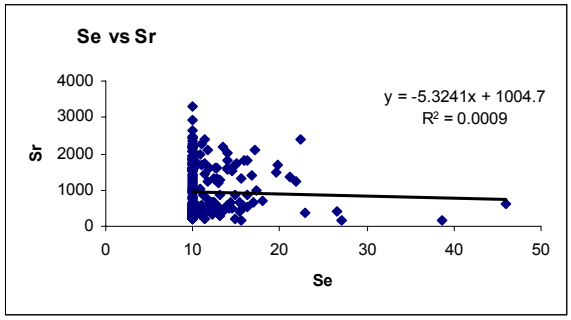


Se vs elemento



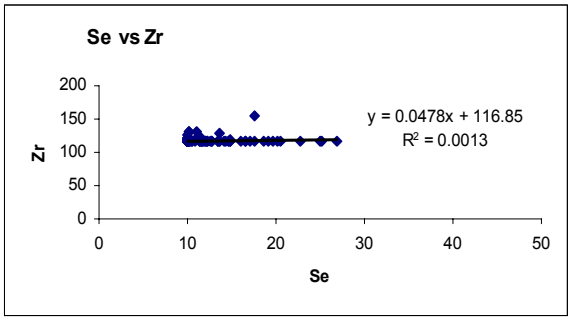


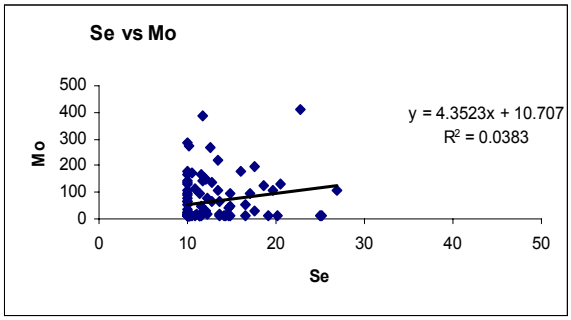


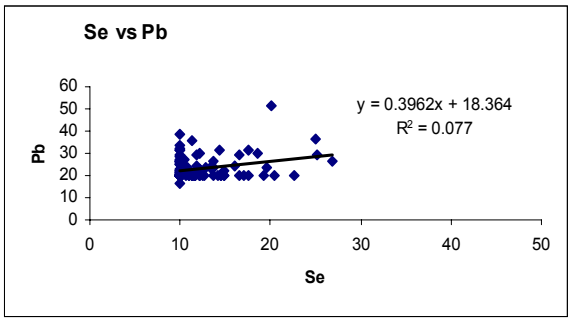


(Continuación)

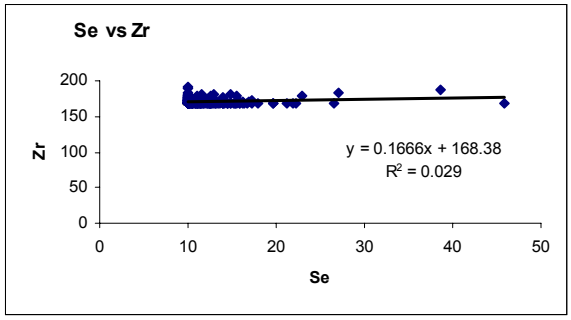
sección Río de Oro

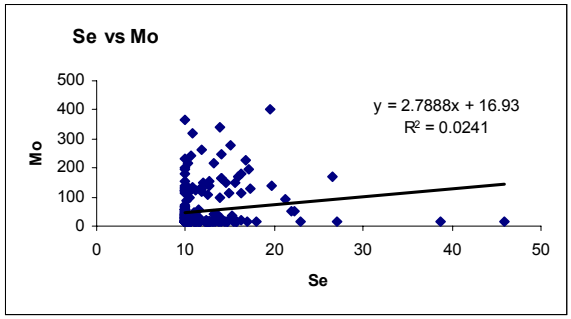


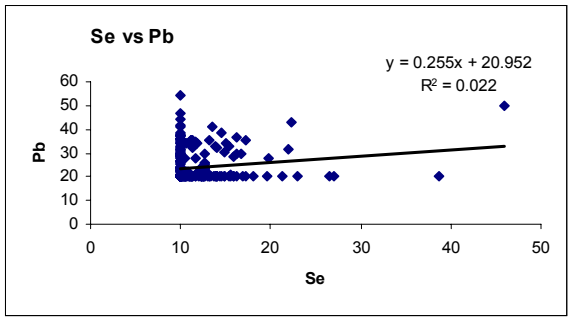




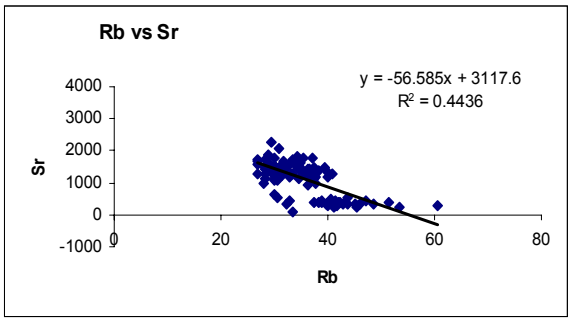
sección río Querecual

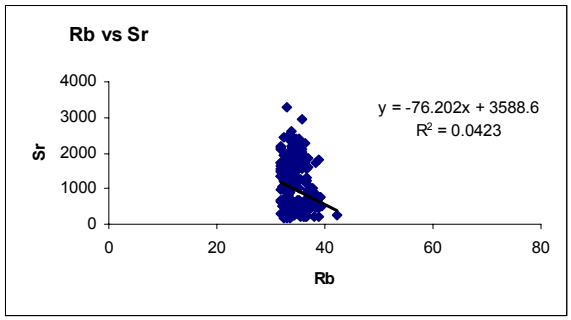






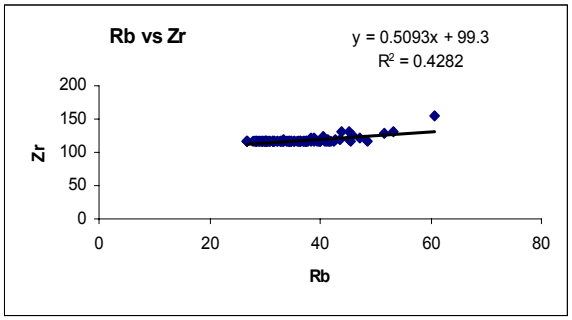
Rb vs elemento

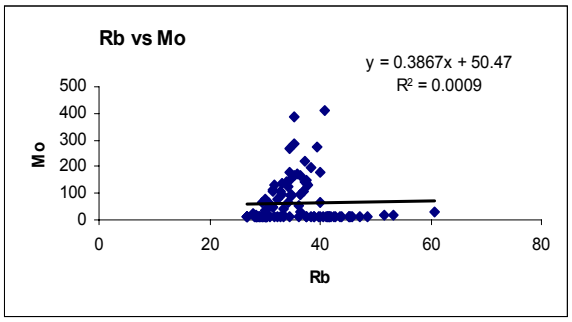


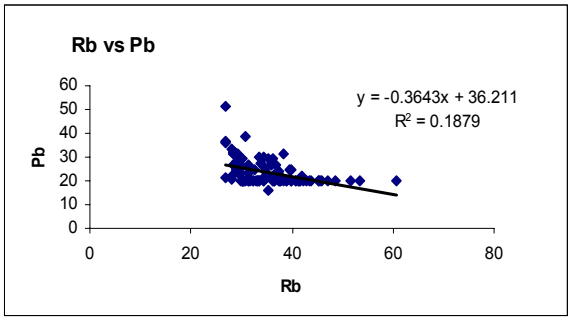


(Continuación)

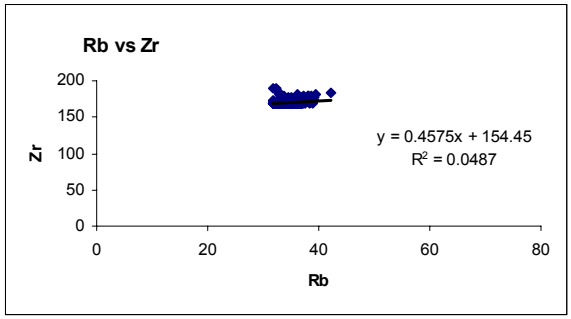
sección Río de Oro

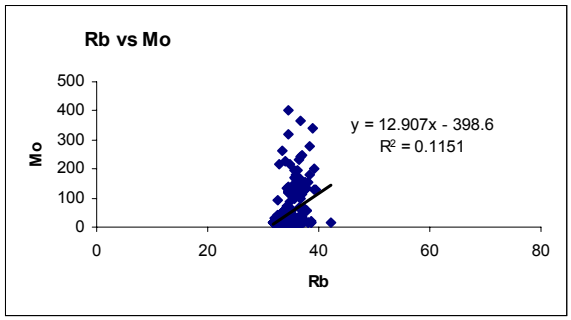


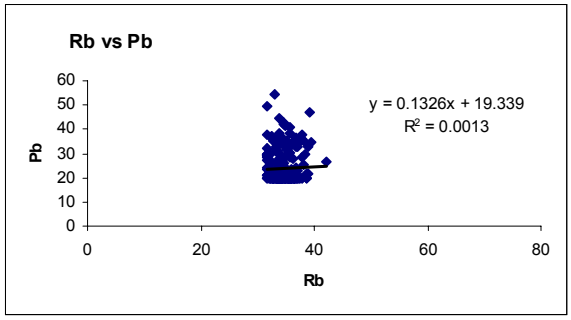




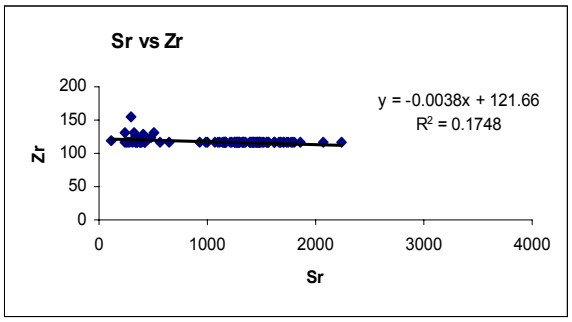
sección río Querecual

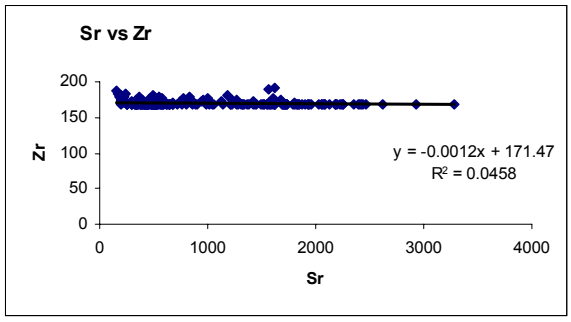






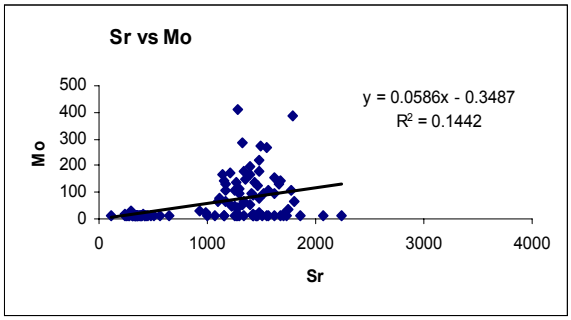
Sr vs elemento

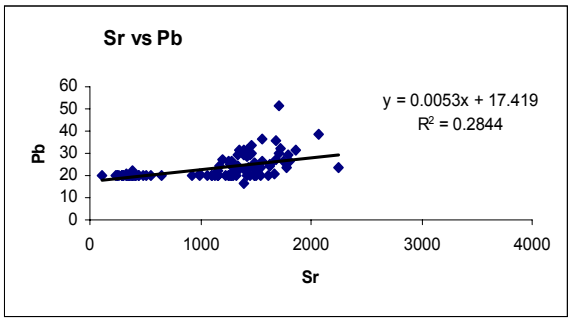




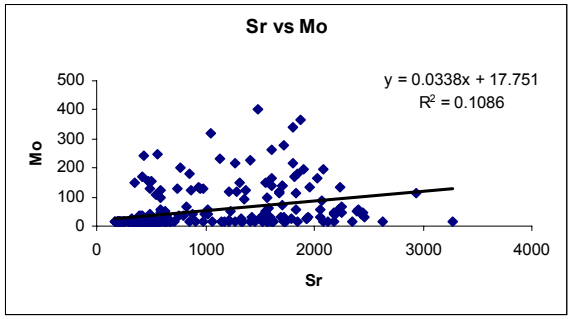
(Continuación)

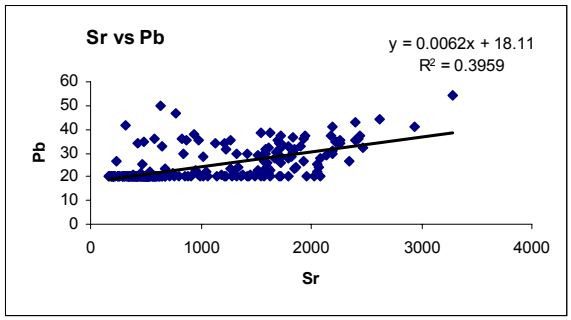
sección Río de Oro



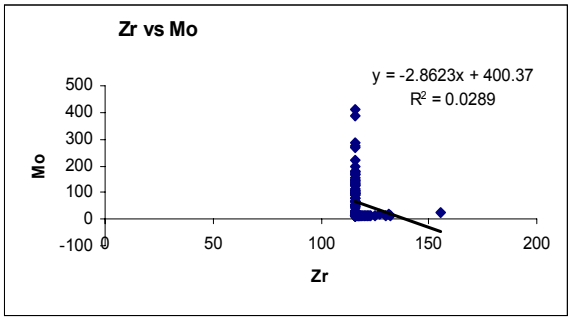


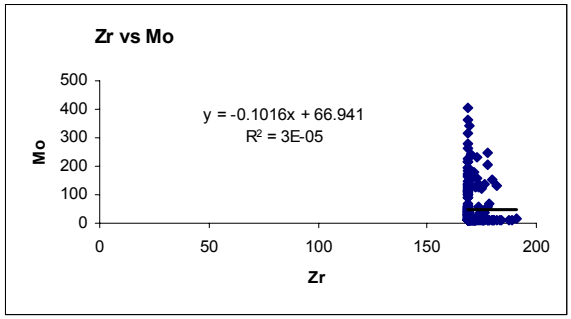
sección río Querecual

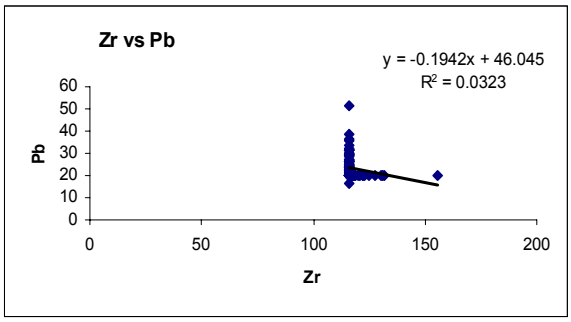


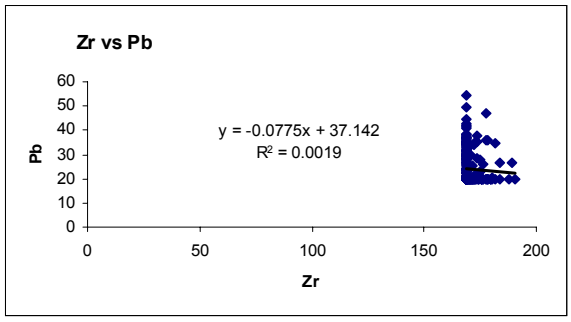


Zr vs elemento





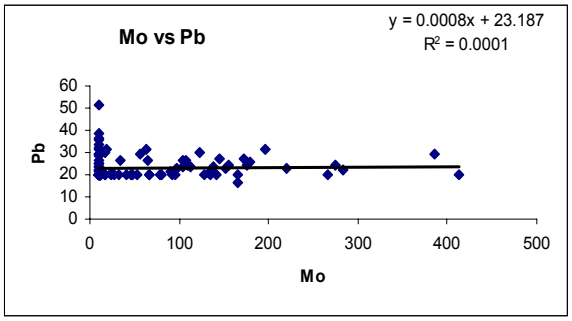




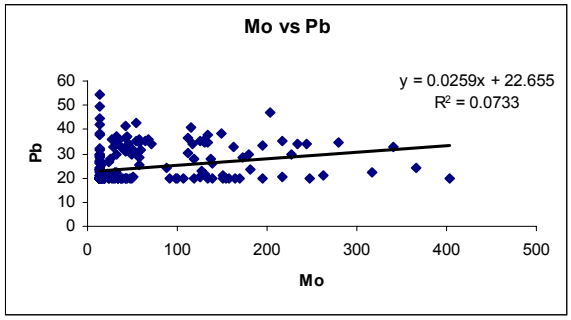
(Continuación)

Mo vs elemento

sección Río de Oro



sección río Querecual



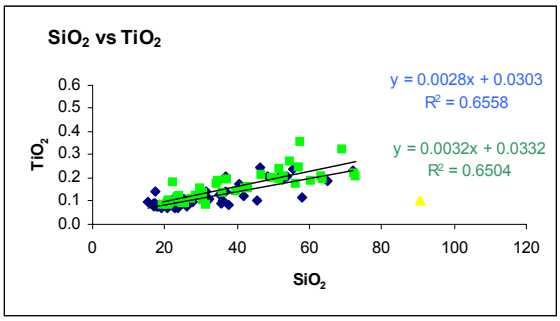
(Continuación)

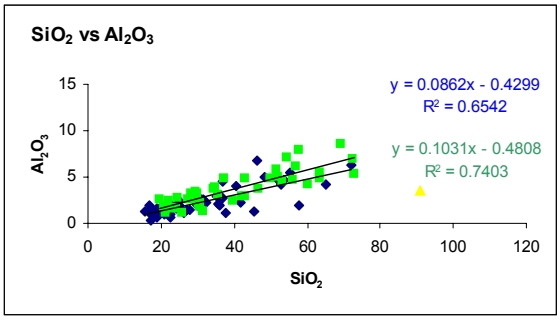
APÉNDICE V.1.2. Diagramas de dispersión químicos por litología de la Formación Querecual

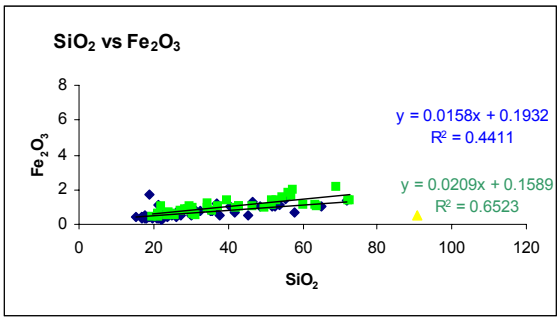
Los diagramas que se exponen a continuación presentan la siguiente leyenda:

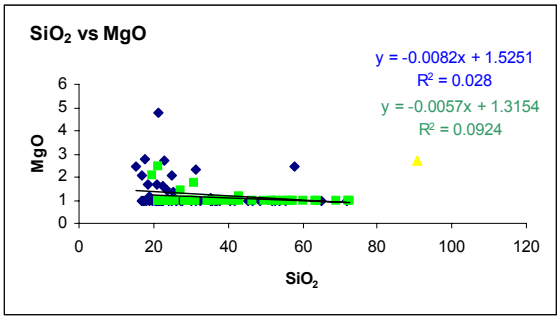
El azul representa al grupo litológico de las calizas de la Formación Querecual
El verde representa al grupo litológico compuesto por lutitas de la misma Formación
El amarillo corresponde a areniscas de la Formación San Antonio

sección Río de Oro

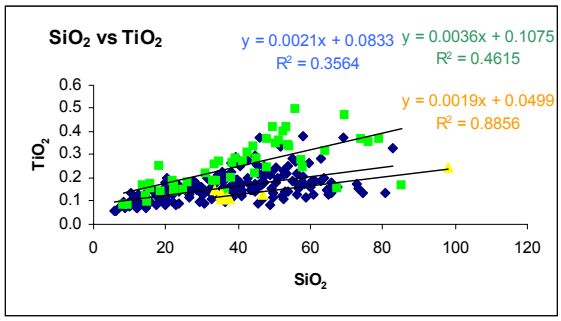


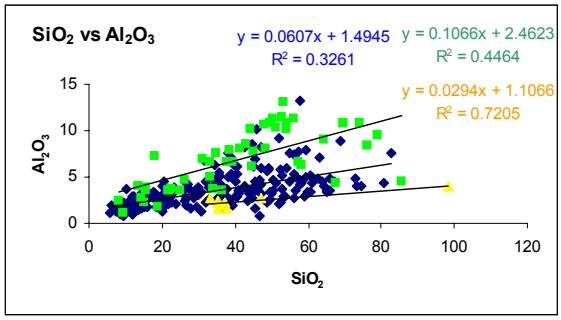


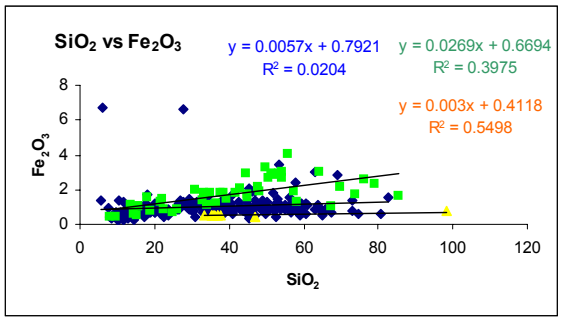


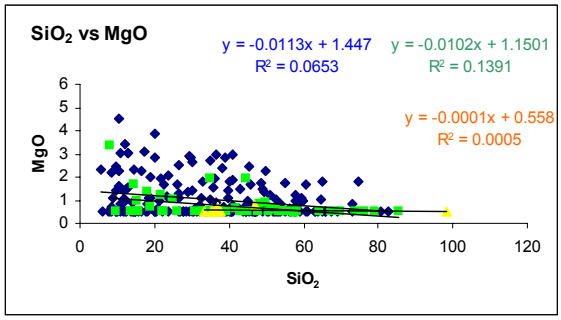


sección río Querecual

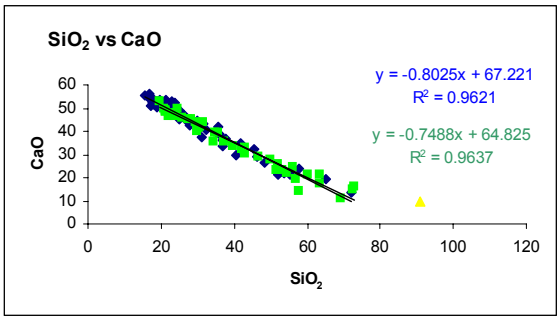


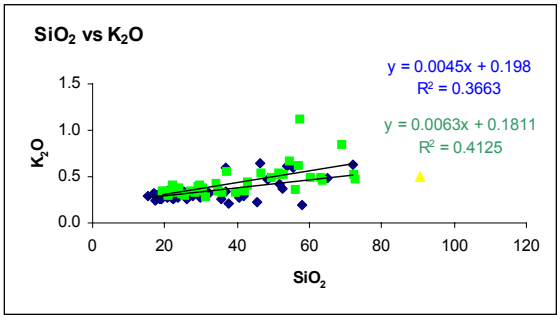


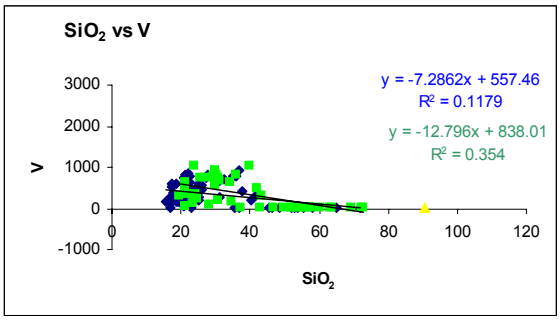


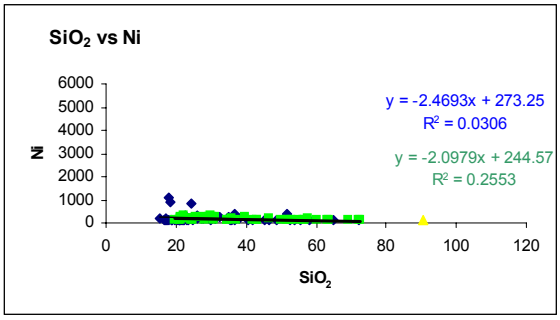


sección Río de Oro

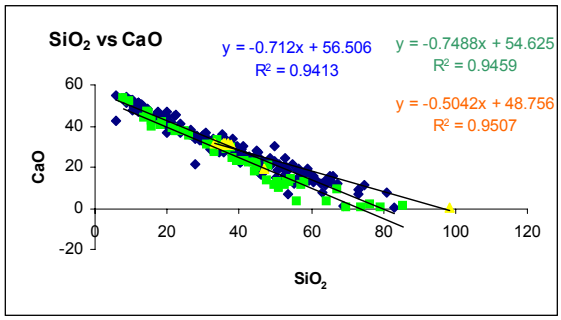


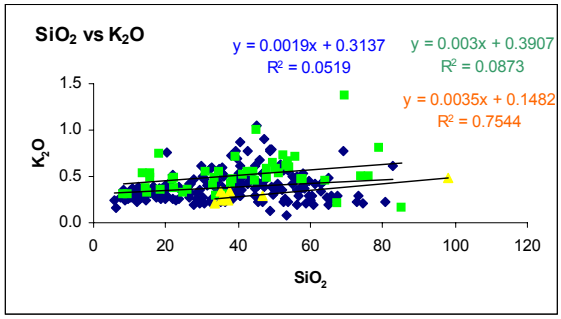


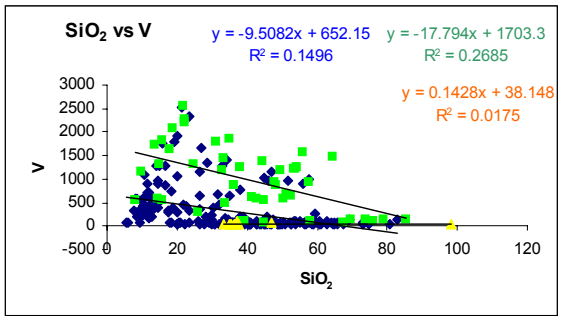


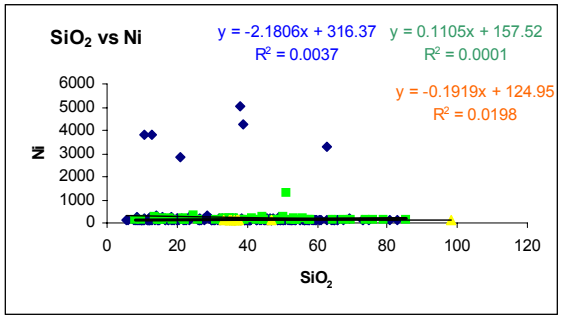


sección río Querecual



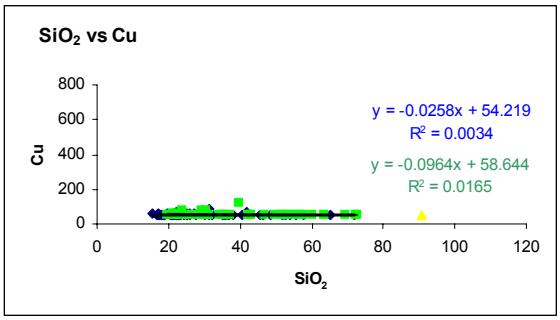


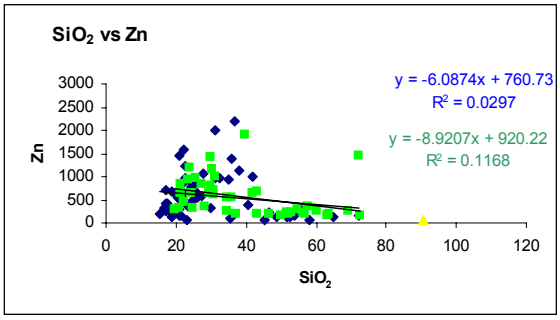


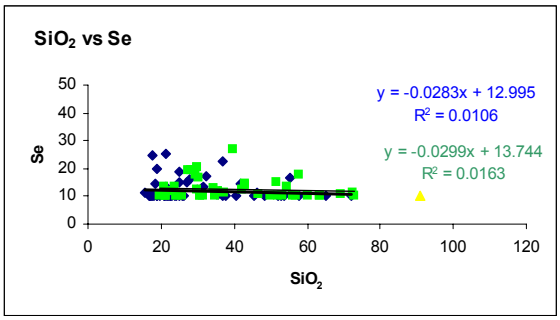


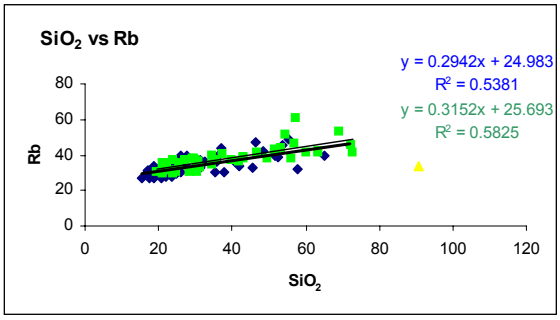
(Continuación).

sección Río de Oro

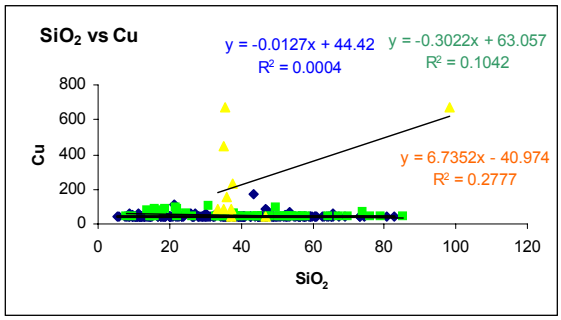


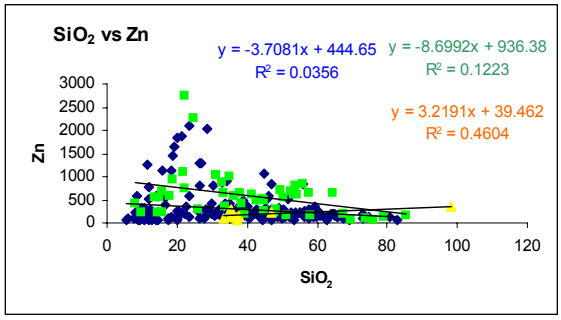


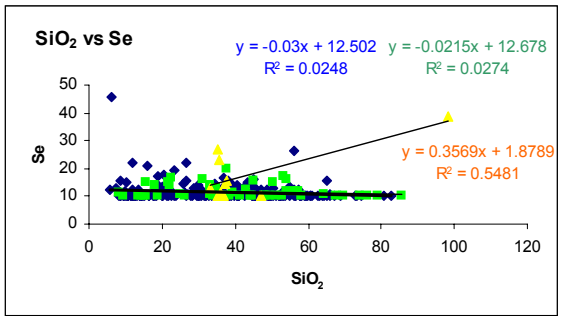


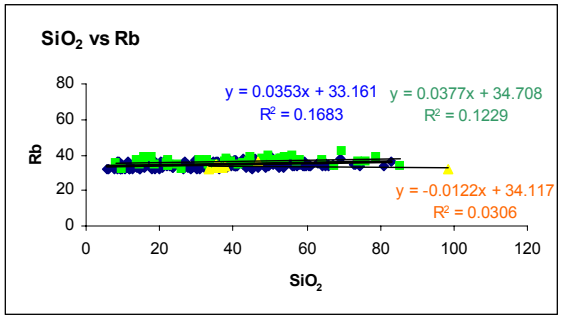


sección río Querecual



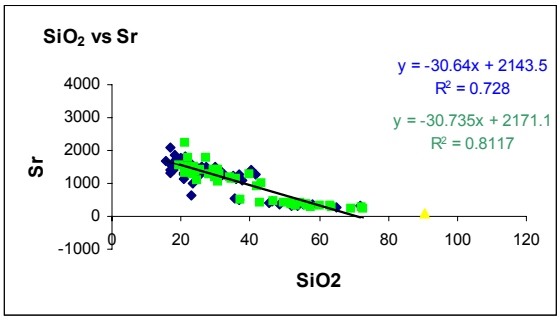


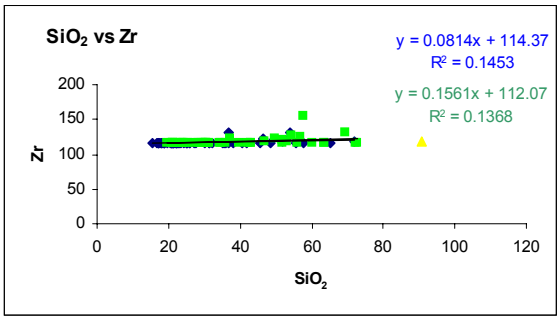


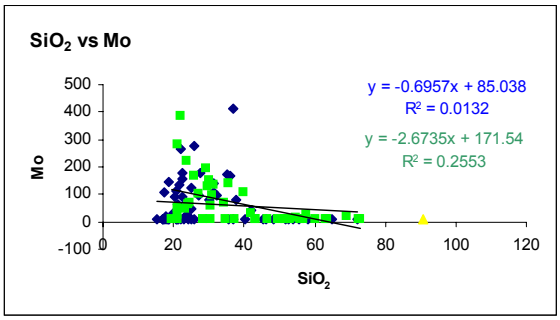


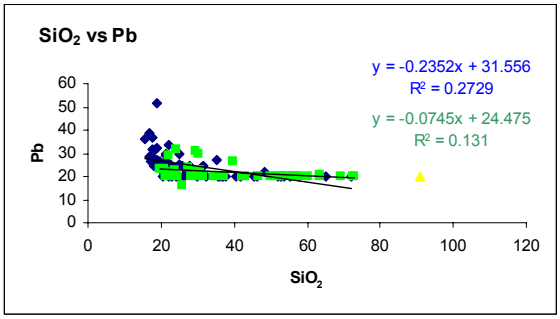
(Continuación)

sección Río de Oro

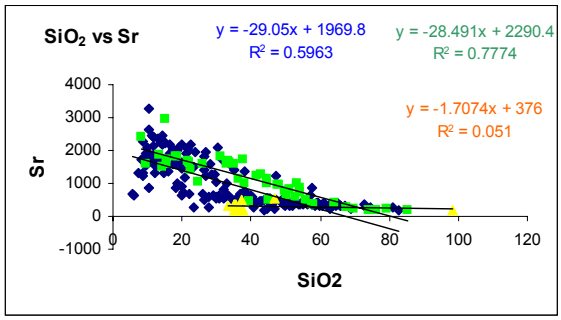


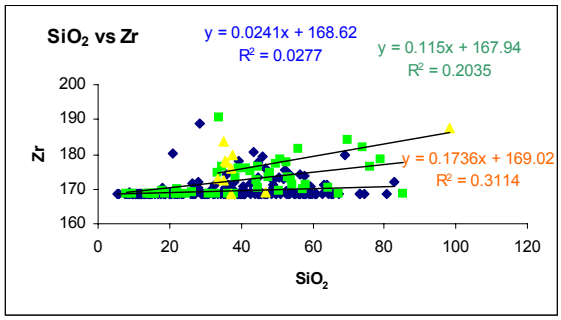


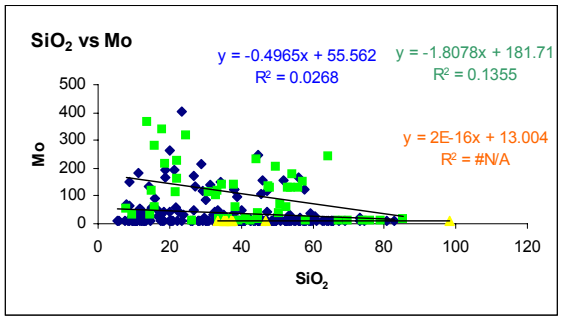


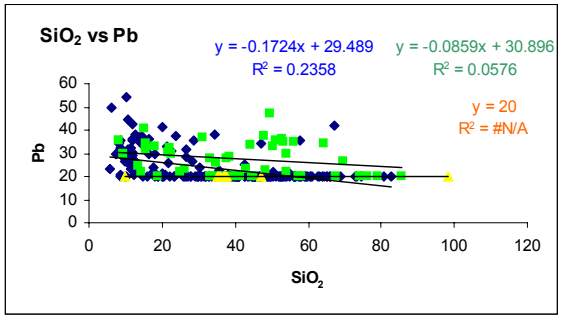


sección río Querecual





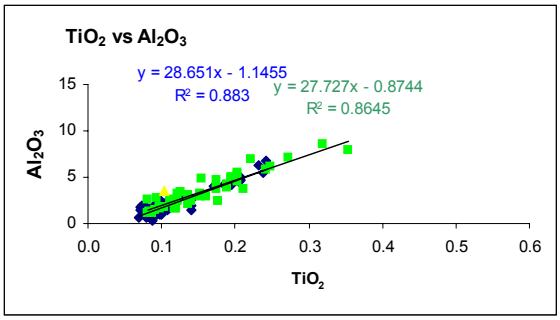


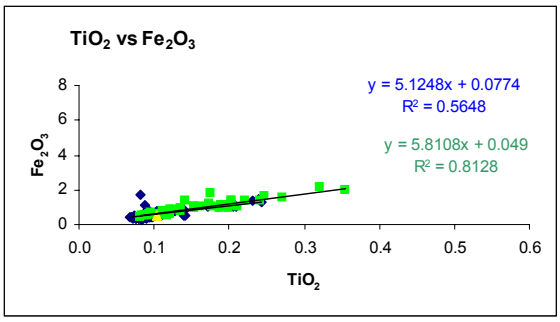


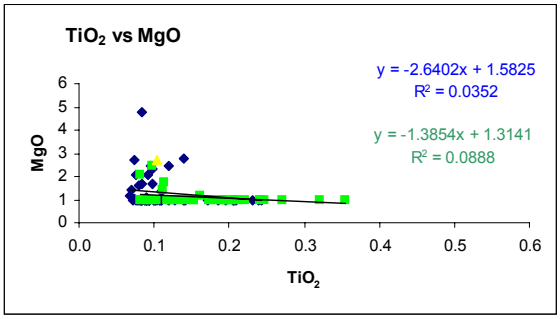
(Continuación)

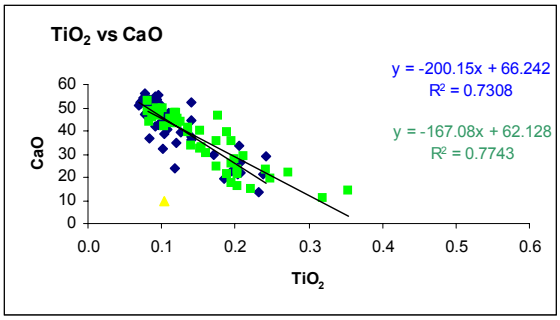
TiO_2 vs elemento

sección Río de Oro

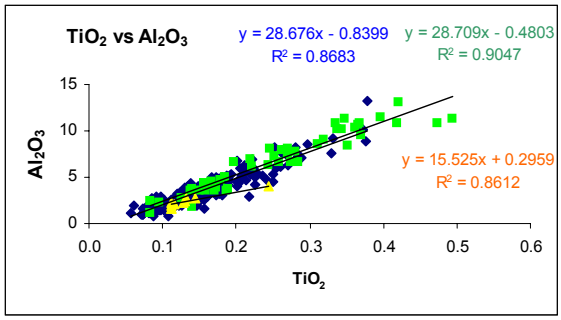


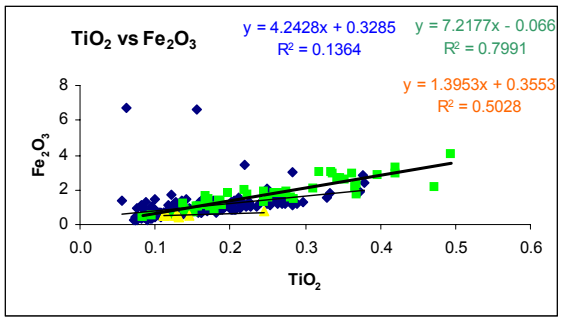


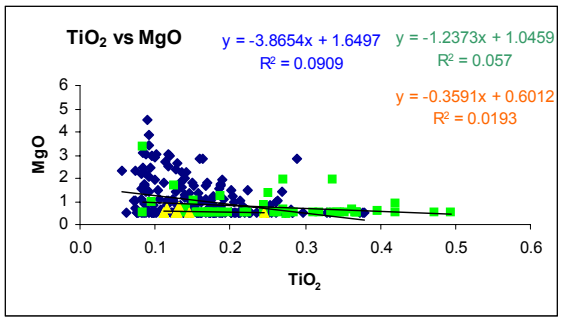


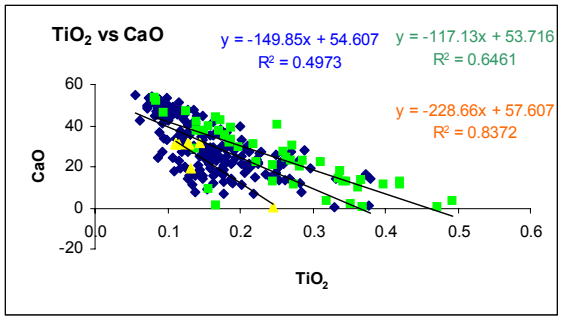


sección río Querecual



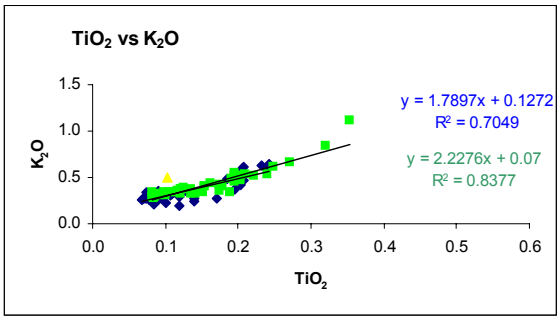


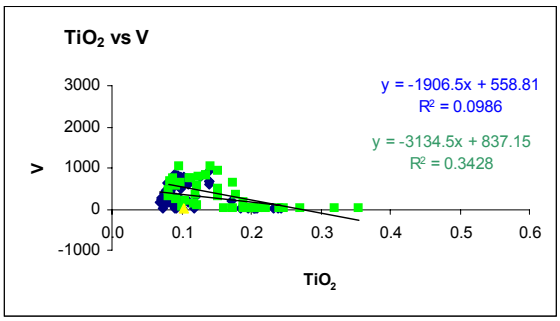


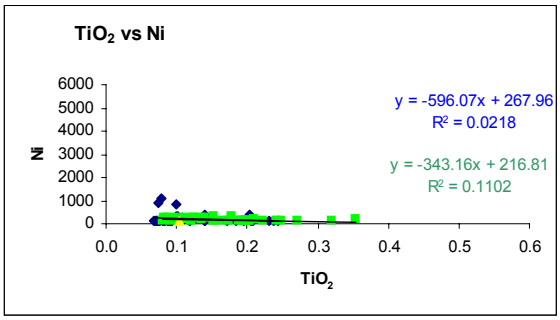


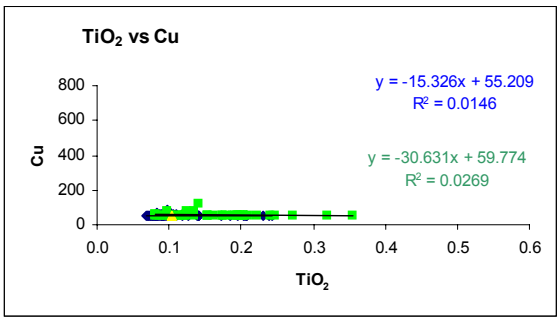
(Continuación)

sección Río de Oro

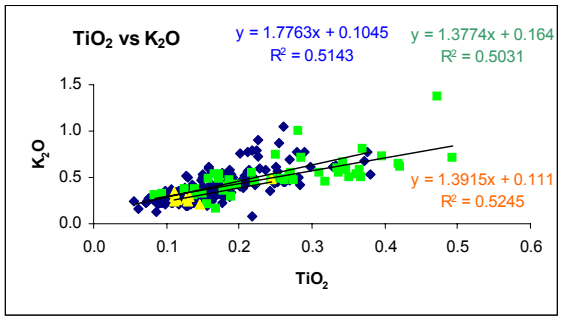


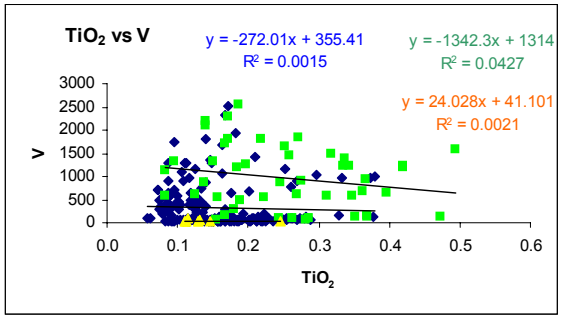


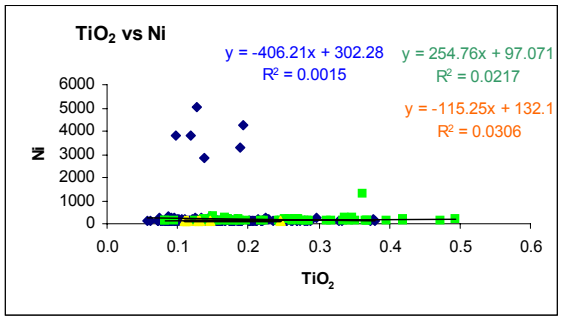


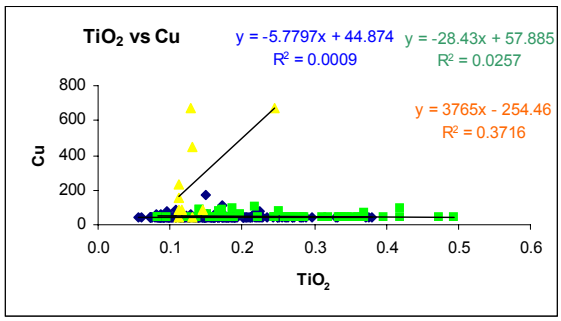


sección río Querecual



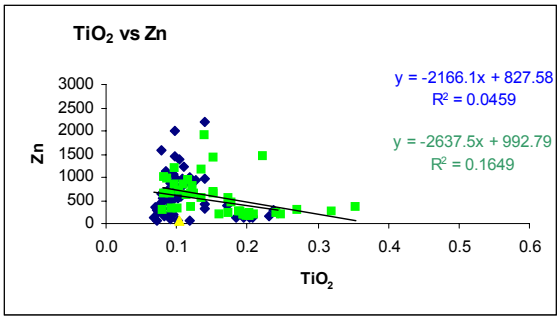


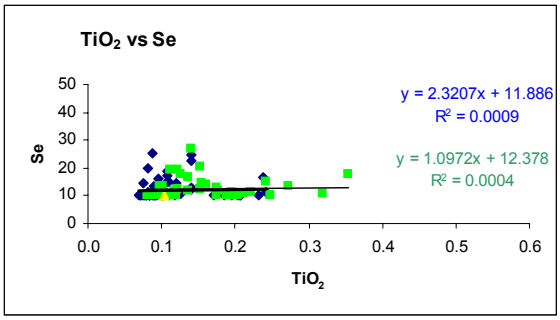


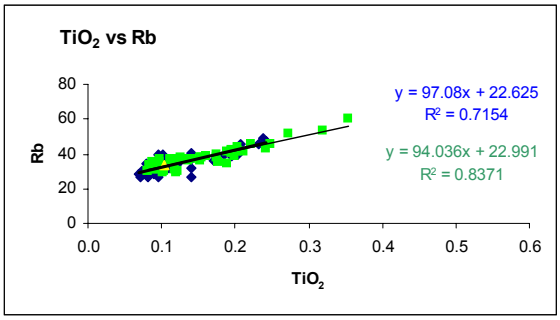


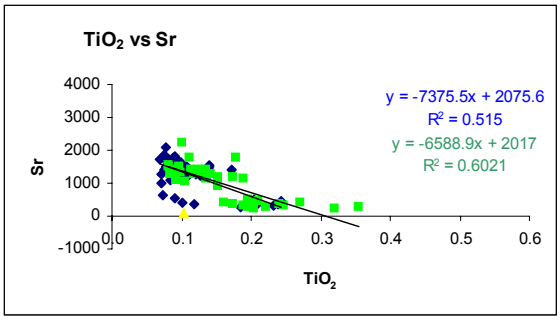
(Continuación)

sección Río de Oro

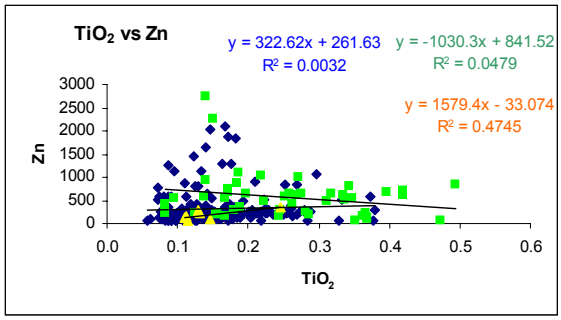


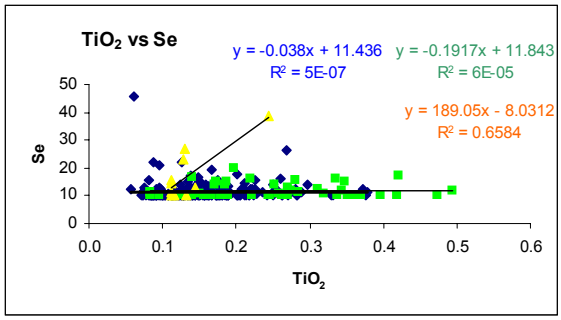


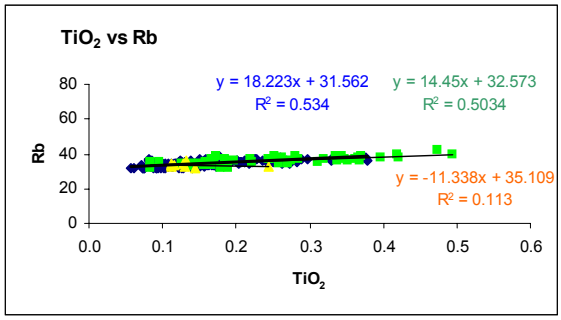


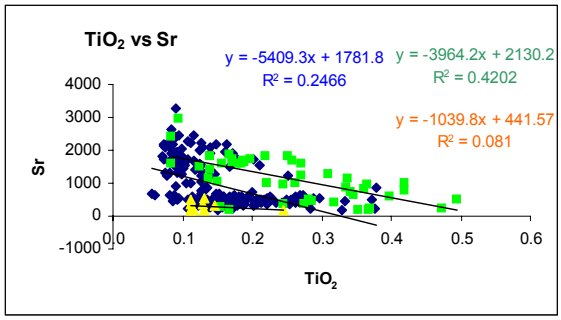


sección río Querecual



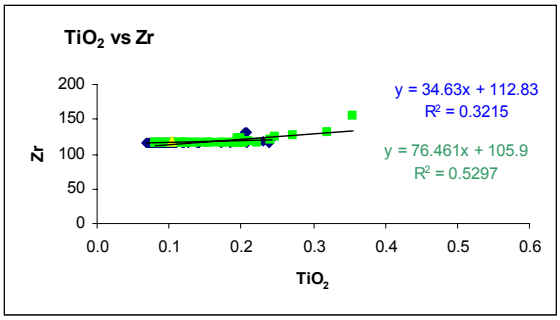


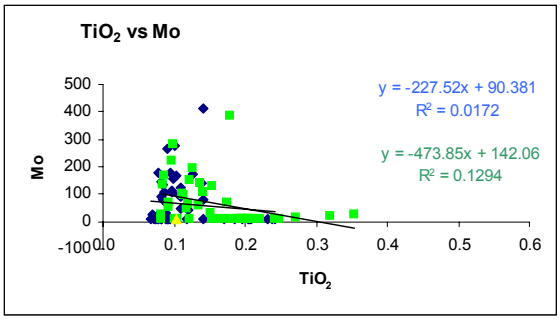


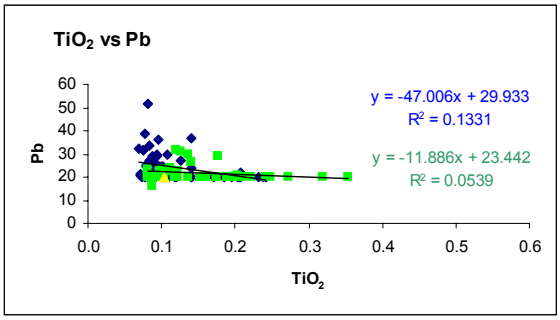


(Continuación)

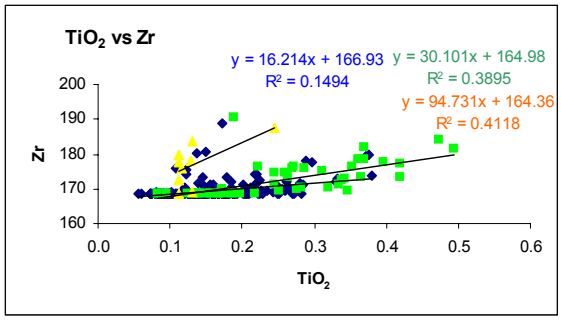
sección Río de Oro

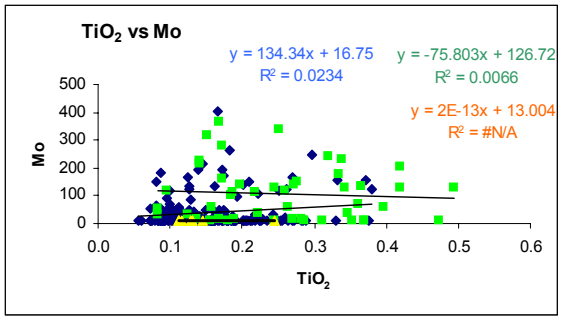


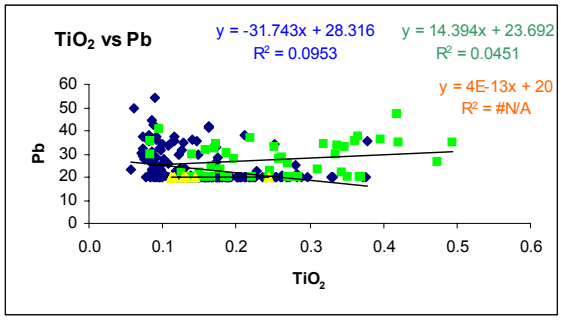




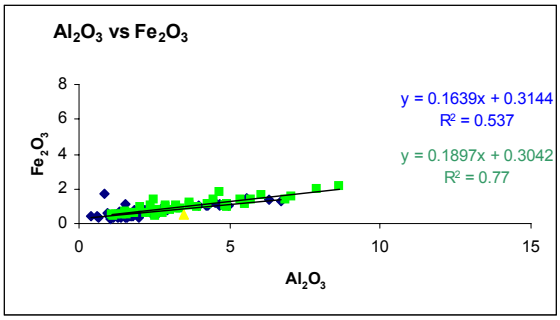
sección río Querecual

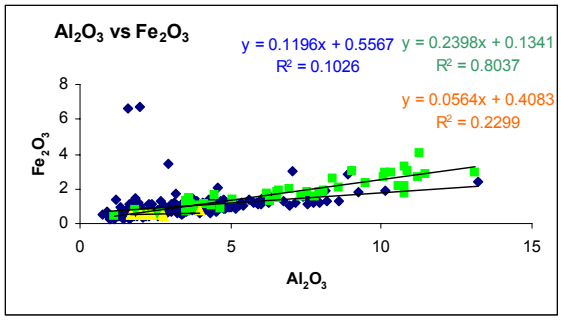






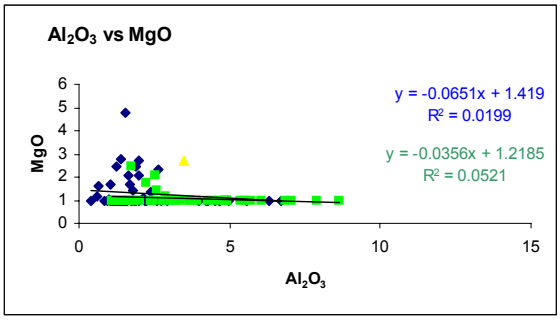
Al_2O_3 vs. elemento

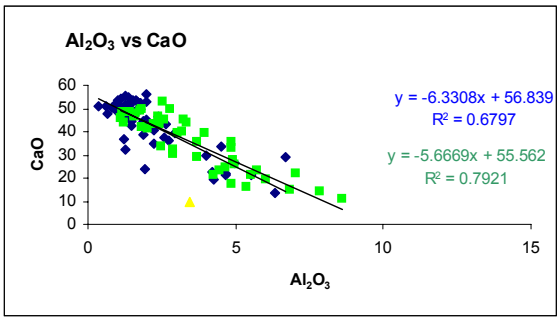


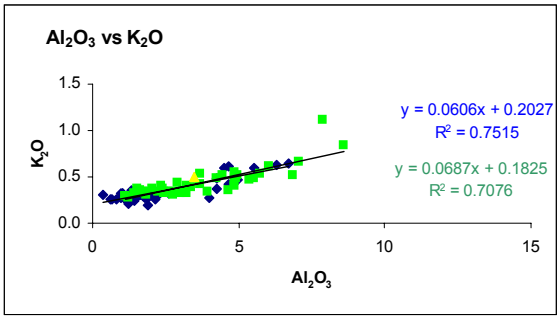


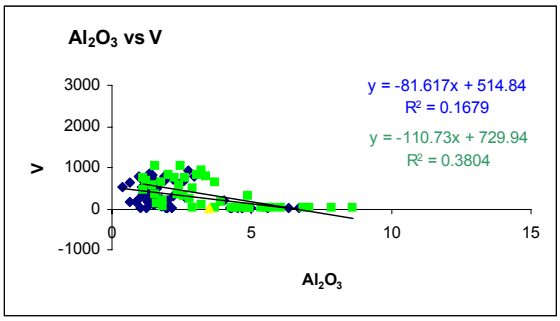
(Continuación)

sección Río de Oro

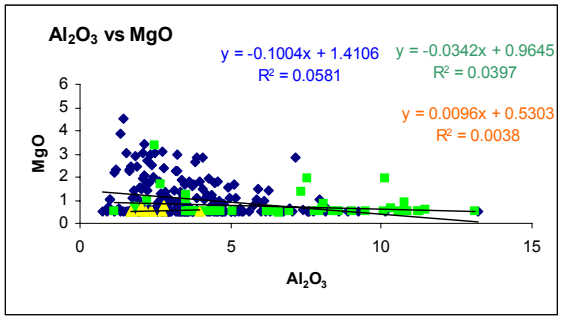


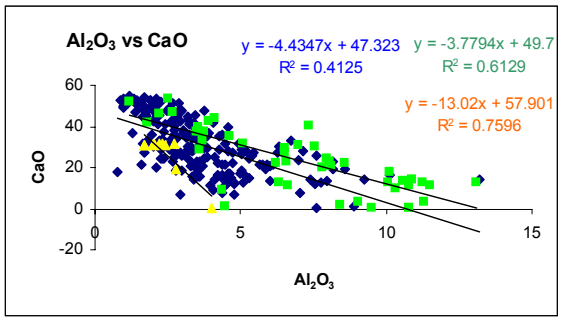


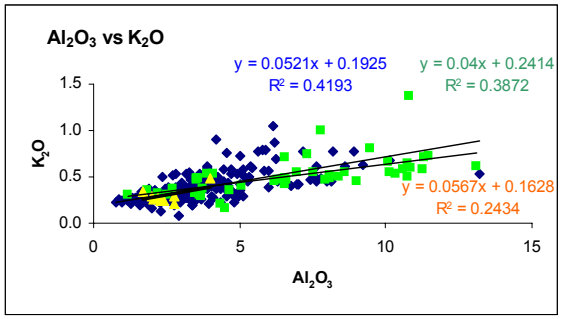


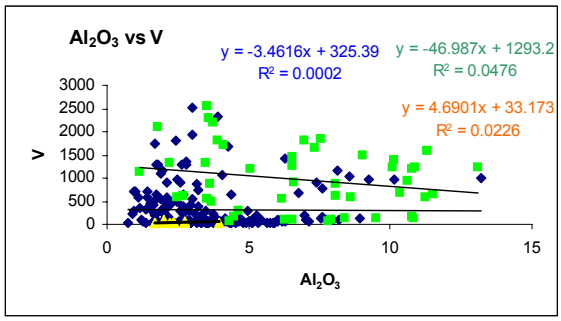


sección río Querecual



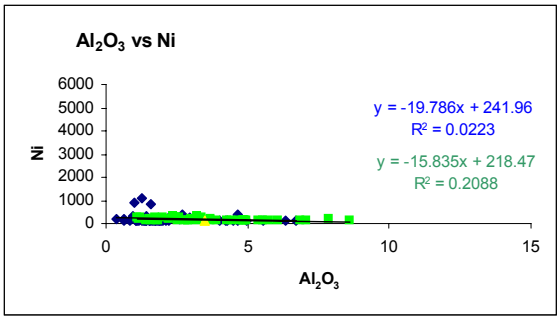


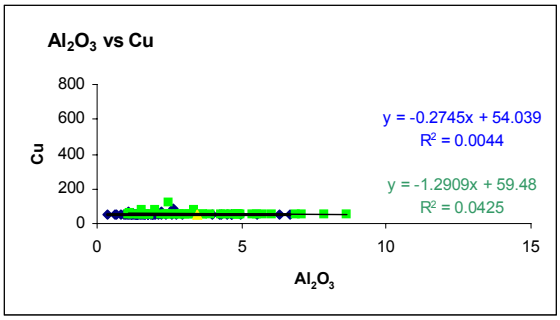


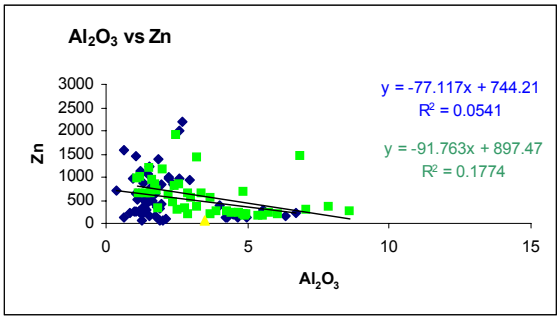


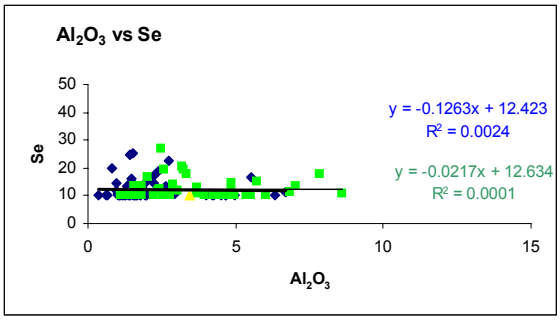
(Continuación)

sección Río de Oro

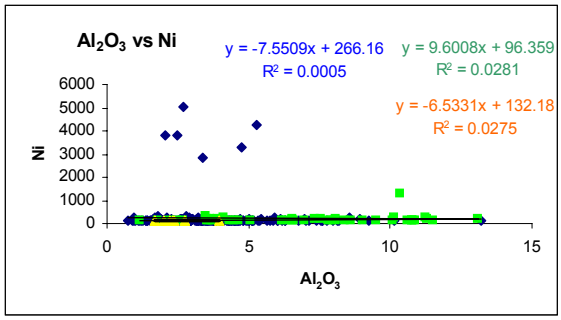


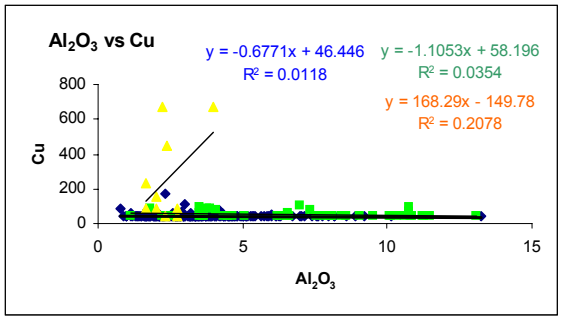


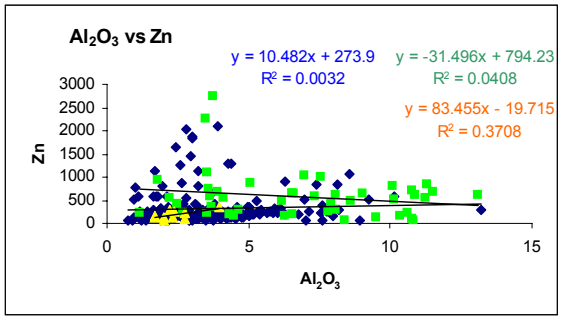


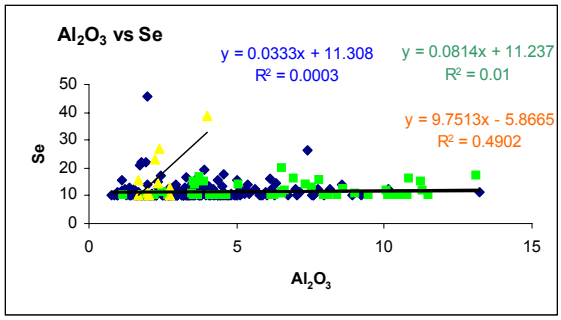


sección río Querecual



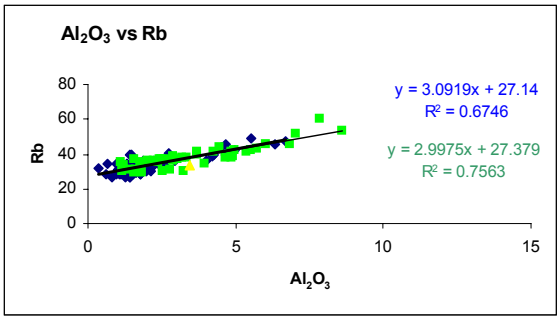


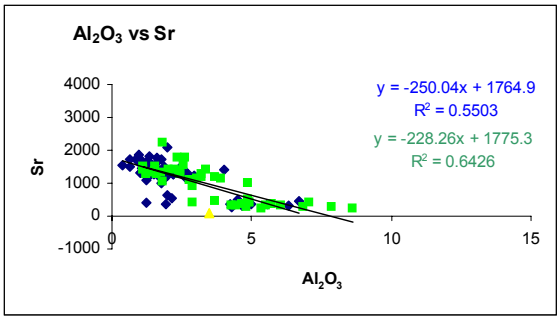


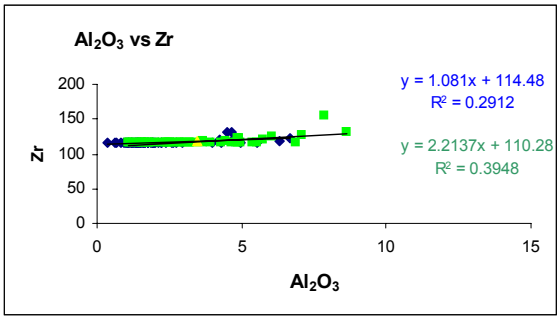


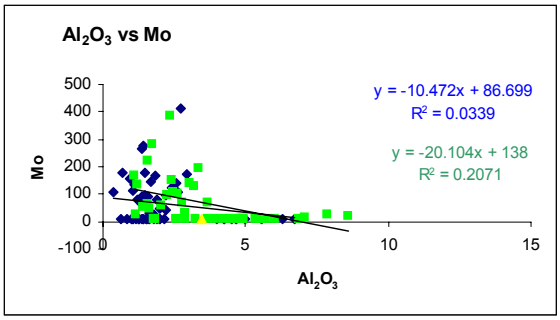
(Continuación)

sección Río de Oro

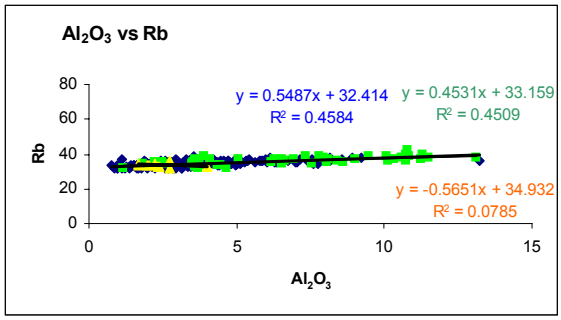


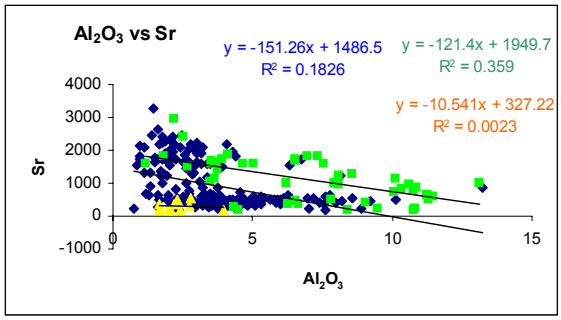


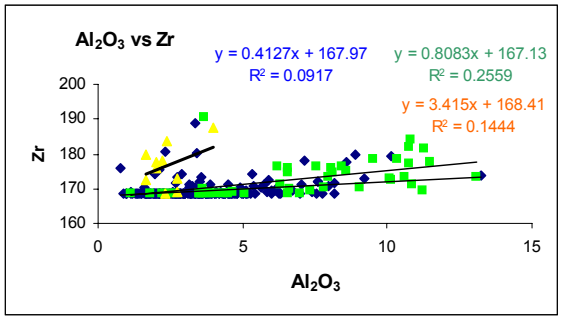


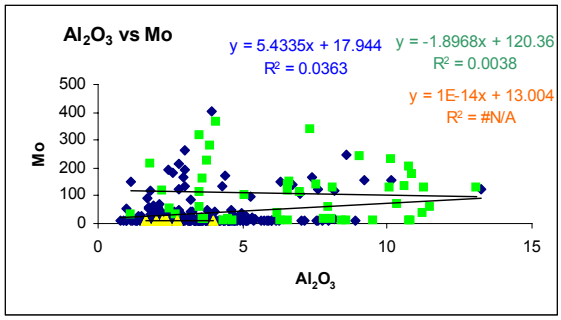


sección río Querecual



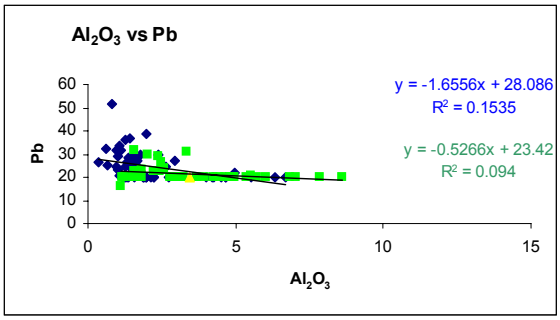




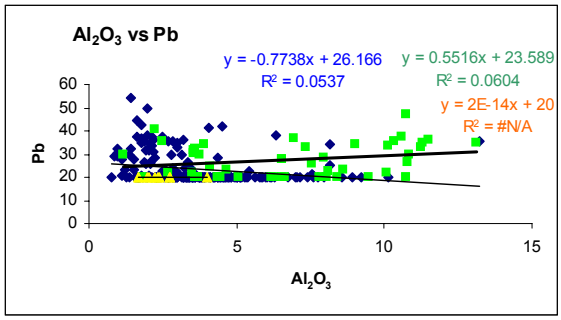


(Continuación)

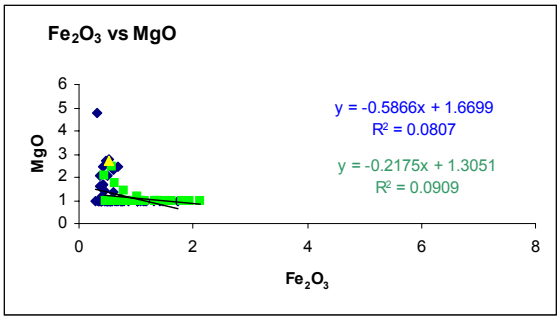
sección Río de Oro

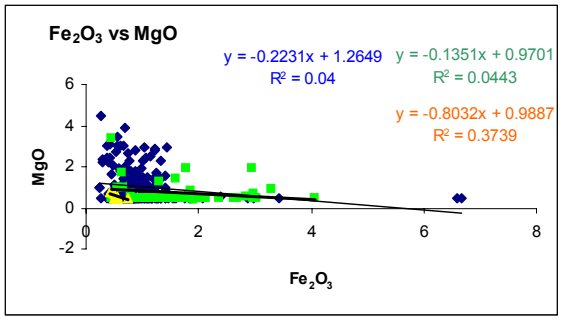


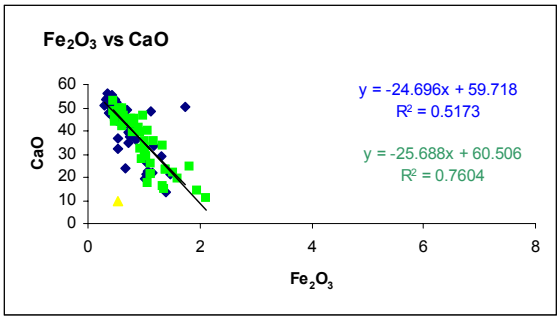
sección río Querecual

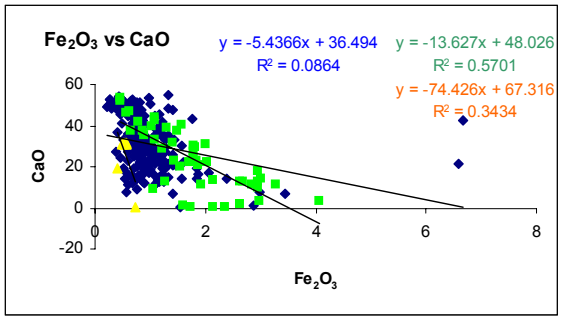


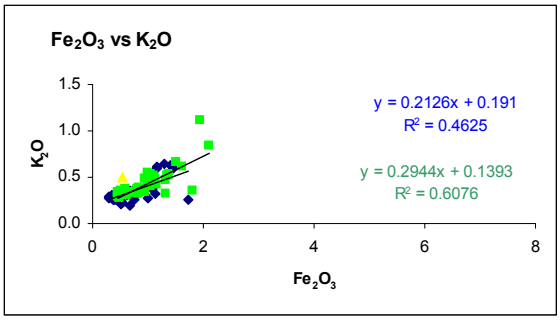
Fe_2O_3 vs elemento

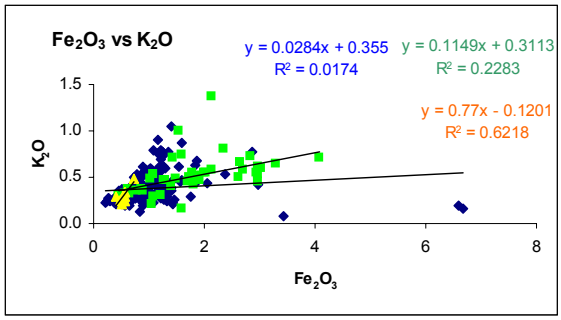






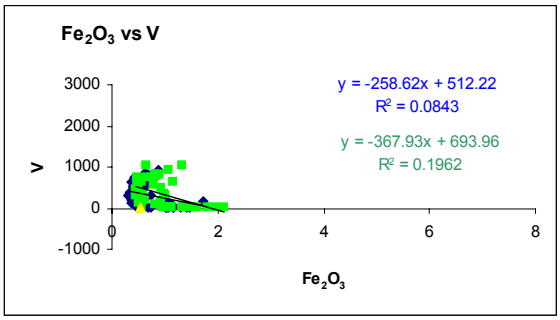


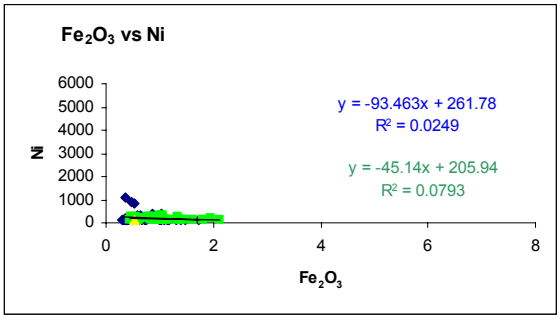


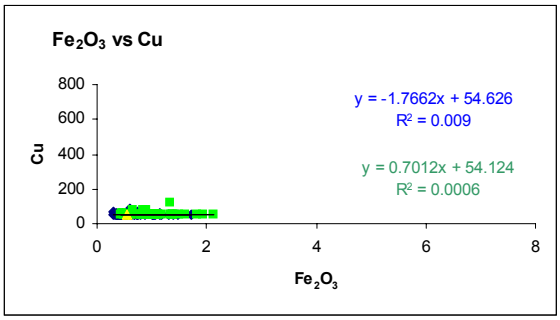


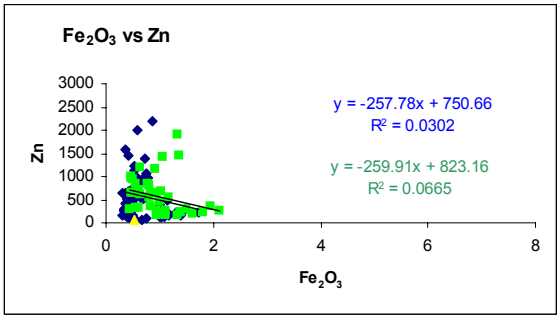
(Continuación)

sección Río de Oro

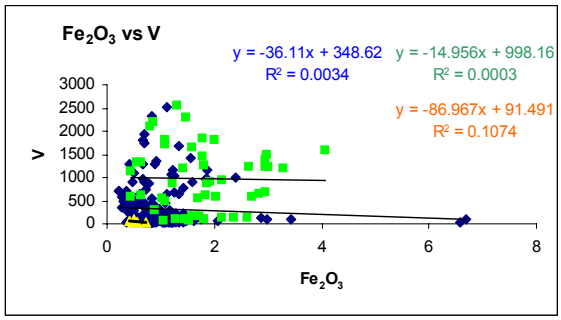


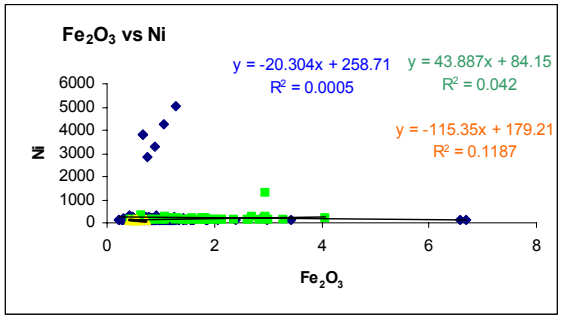


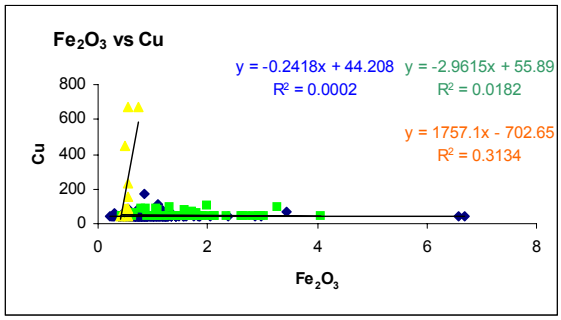


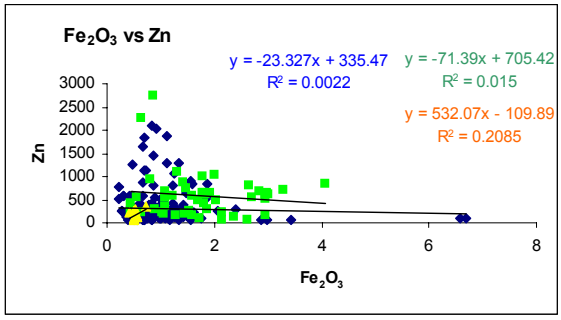


sección río Querecual



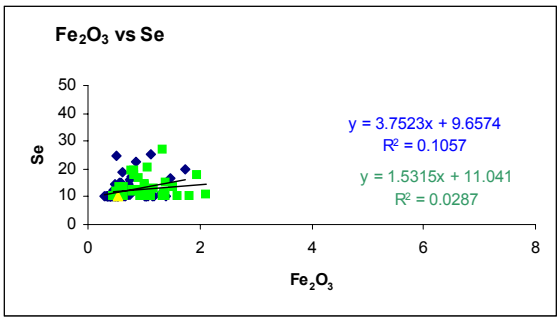


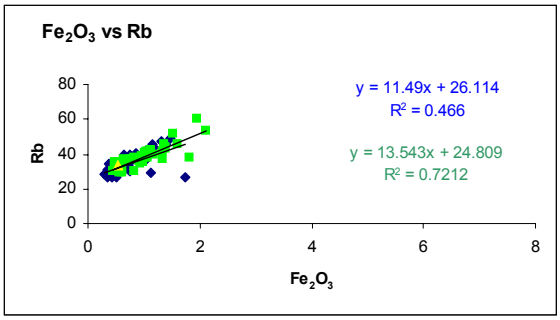


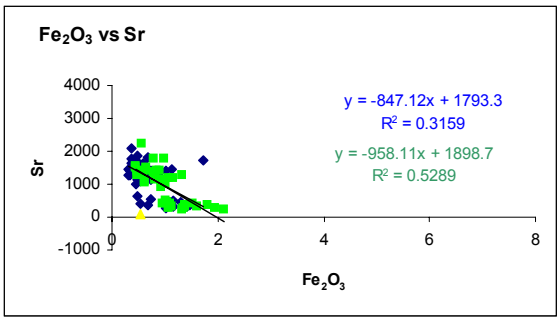


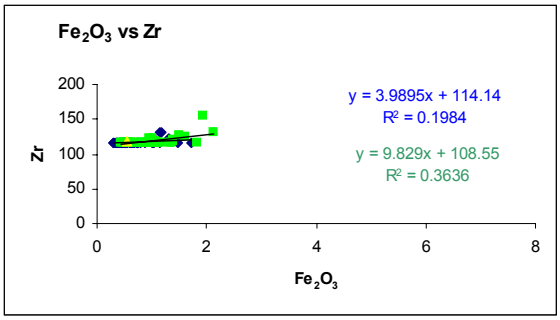
(Continuación)

sección Río de Oro

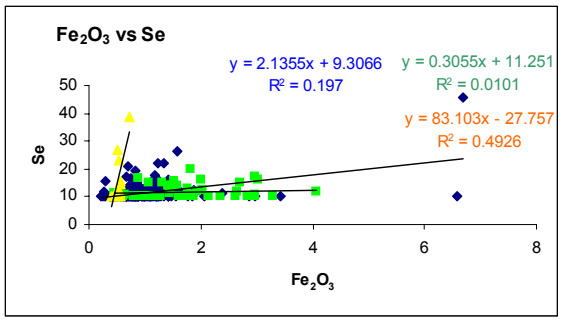


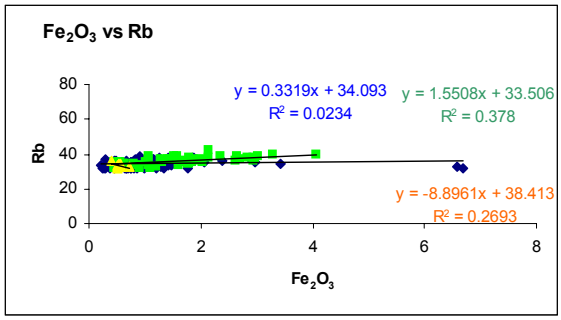


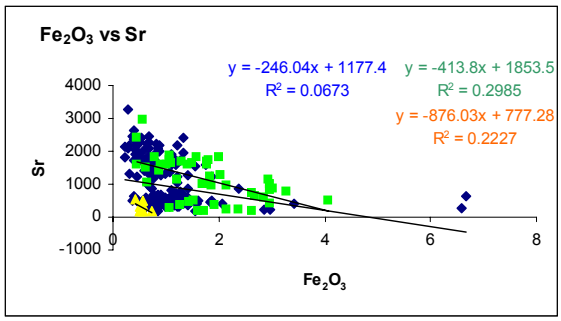


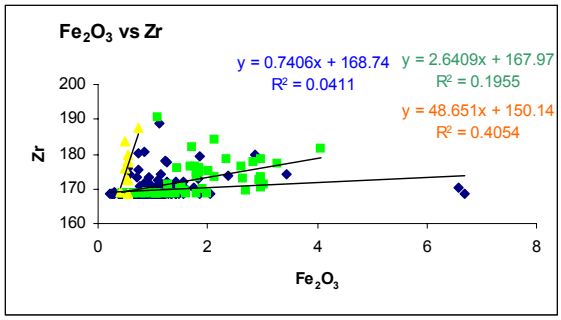


sección río Querecual



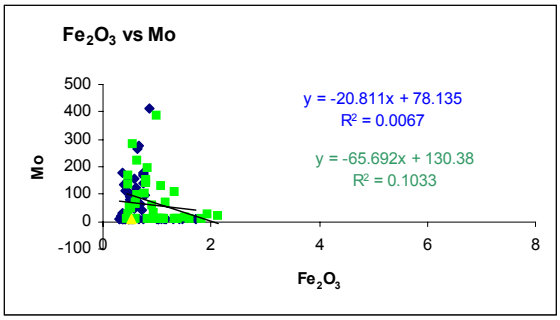


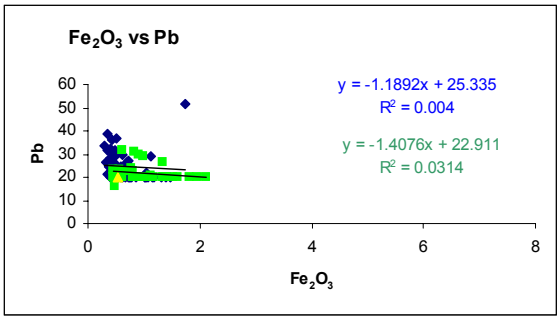




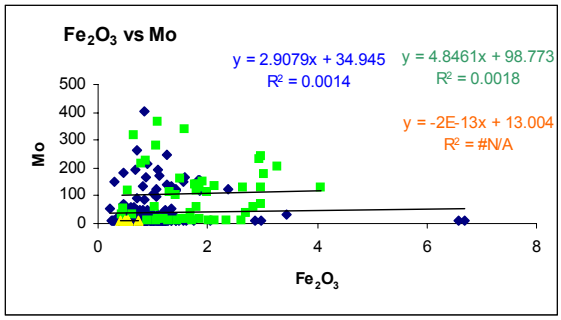
(Continuación)

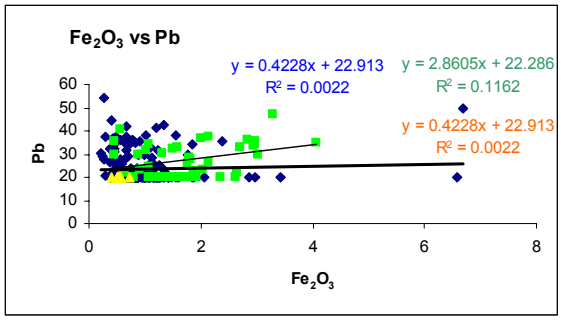
sección Río de Oro



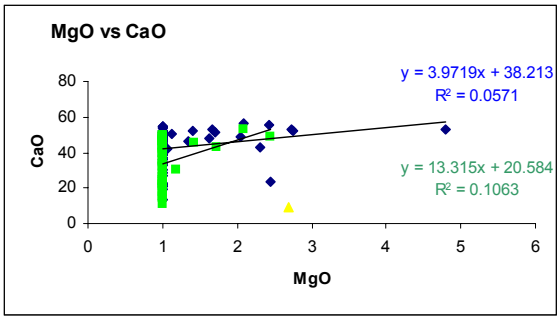


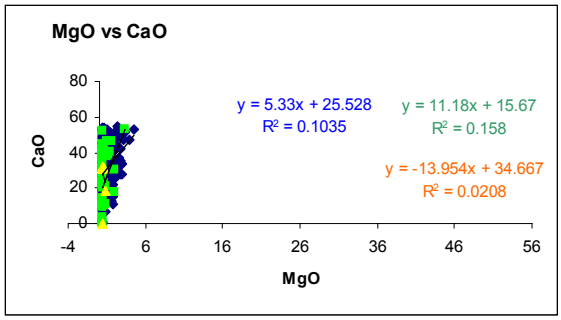
sección río Querecual

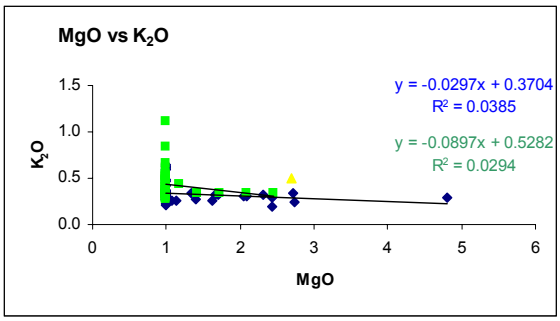


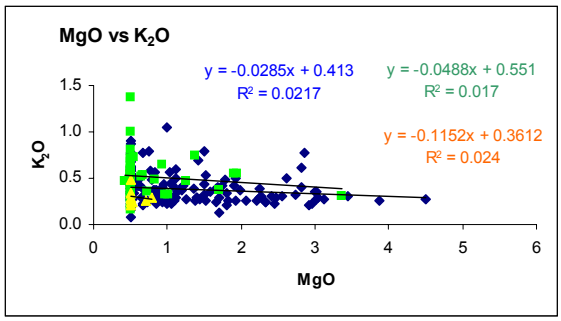


MgO vs elemento



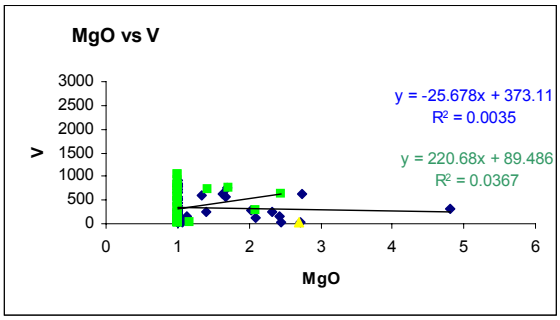


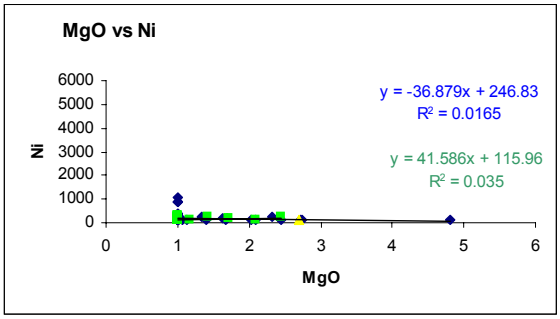


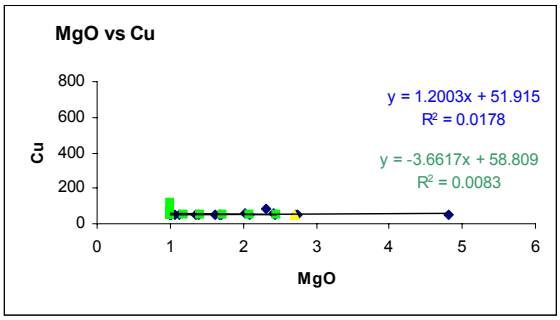


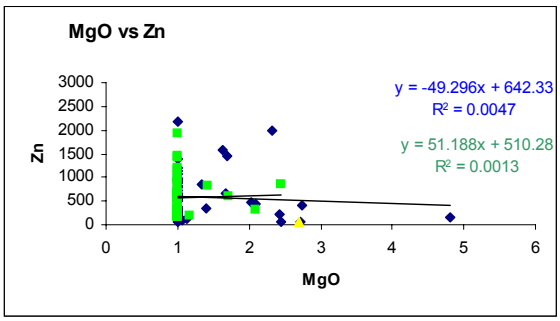
(Continuación)

sección Río de Oro

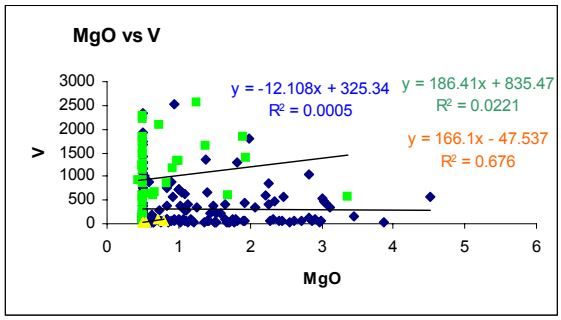


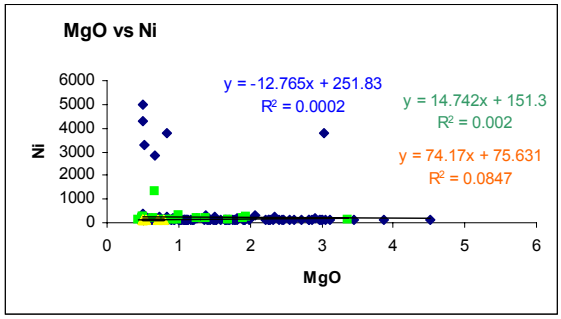


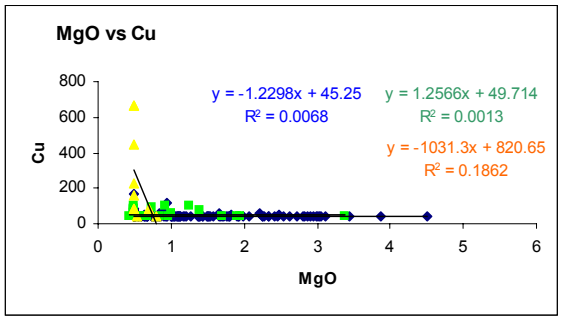


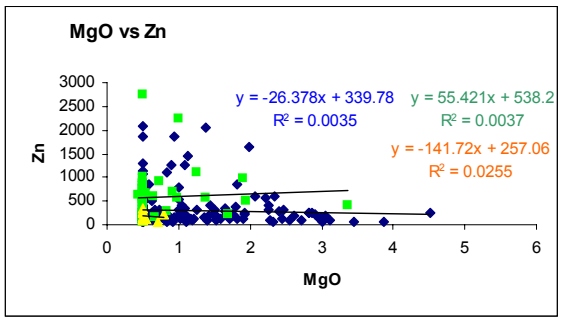


sección río Querecual



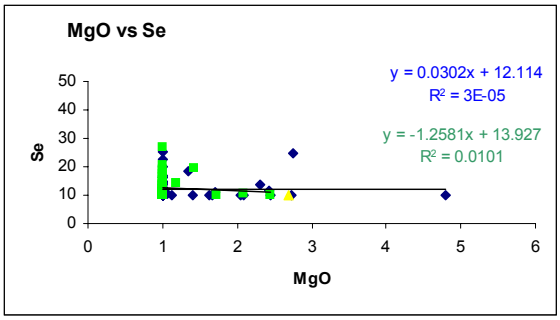


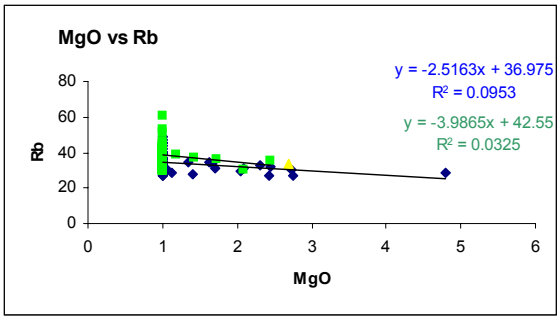


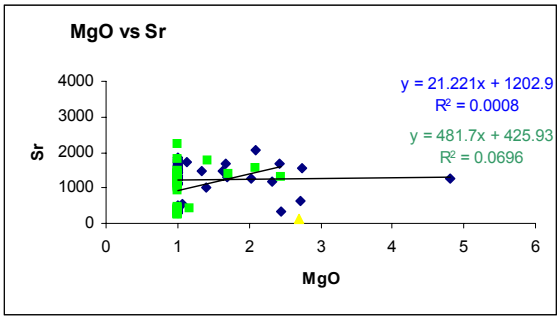


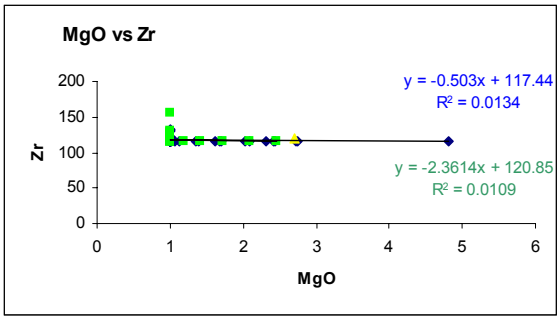
(Continuación)

sección Río de Oro

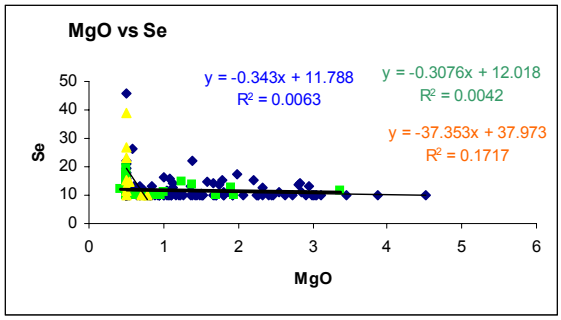


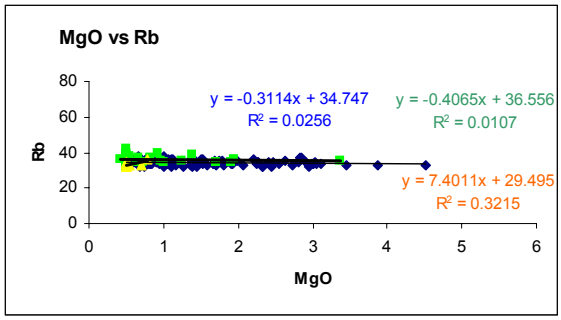


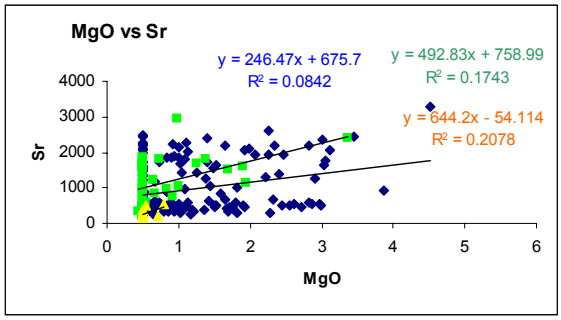


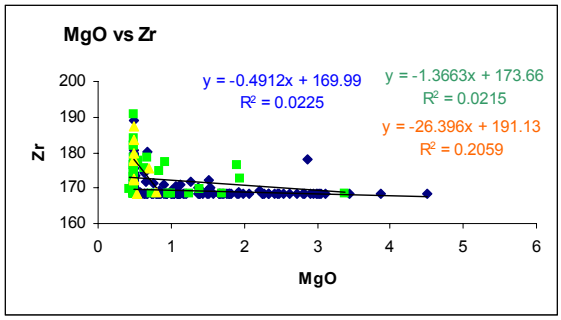


sección río Querecual



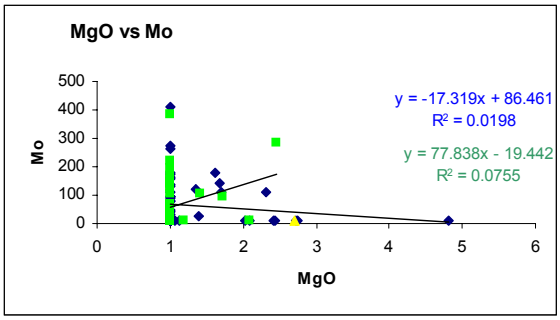


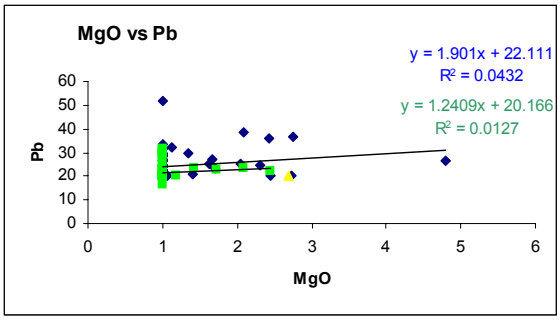




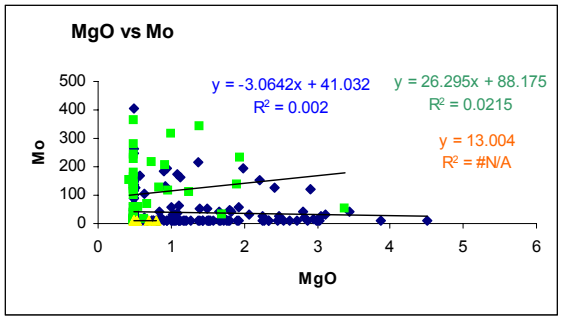
(Continuación)

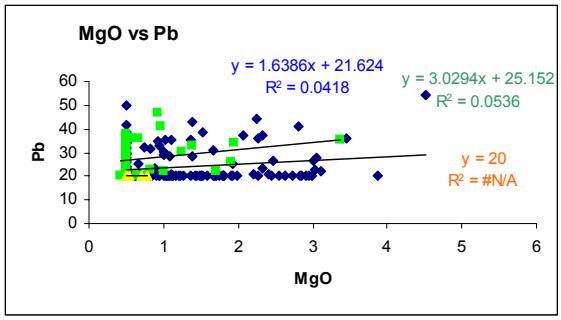
sección Río de Oro



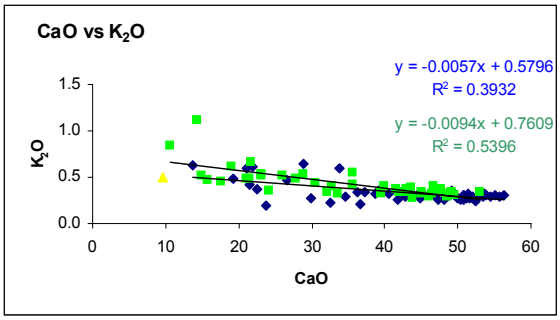


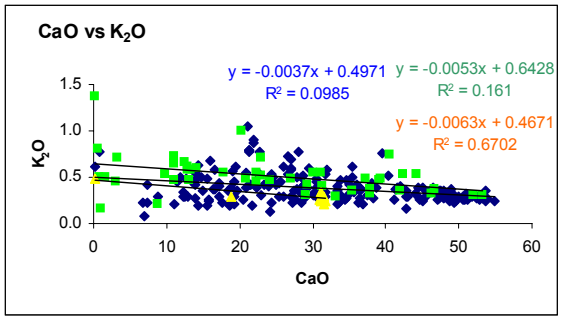
sección río Querecual

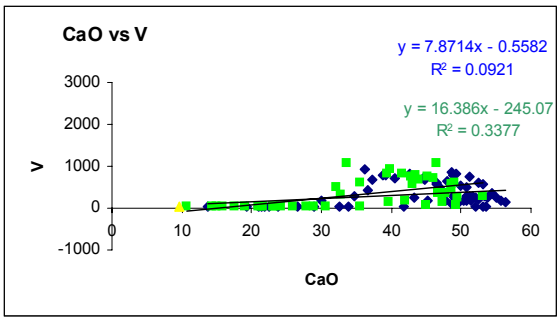


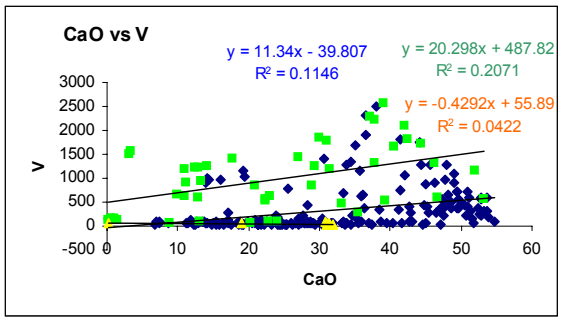


CaO vs elemento



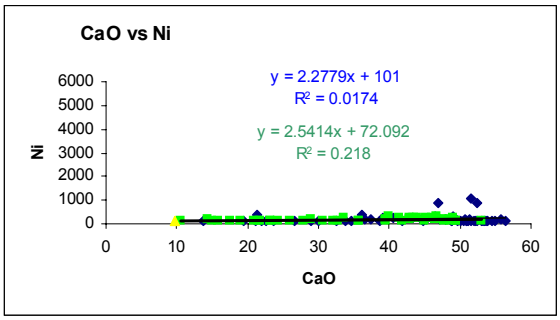


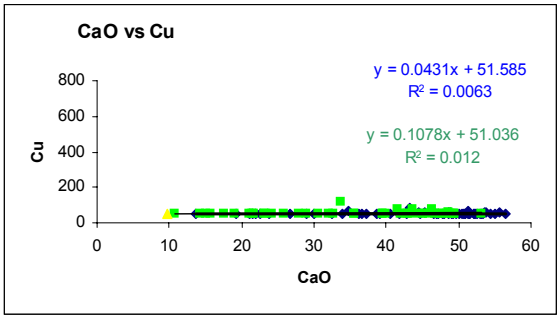


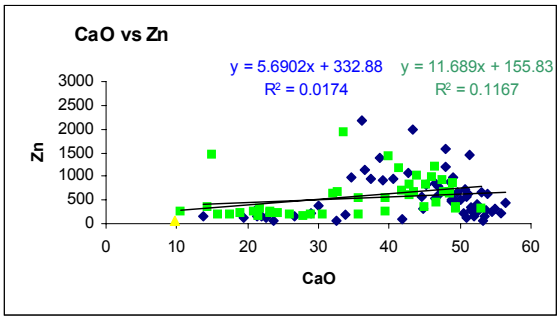


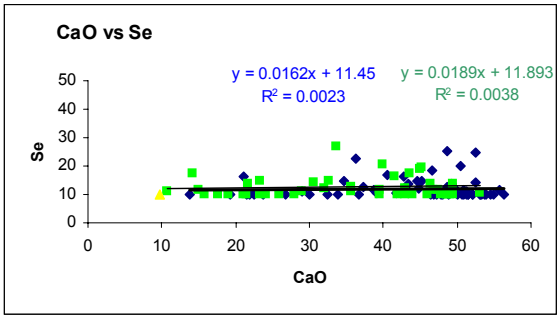
(Continuación)

sección Río de Oro

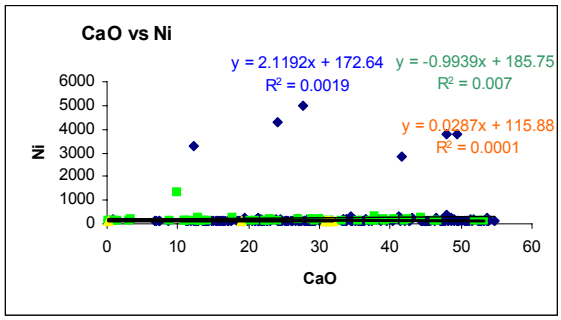


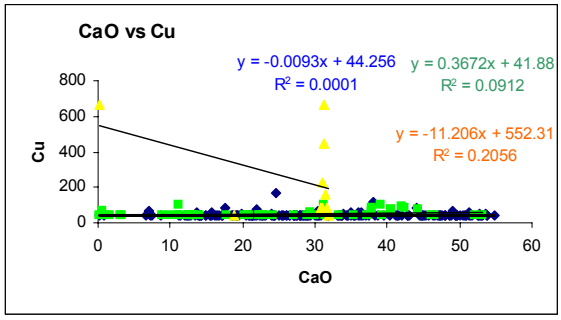


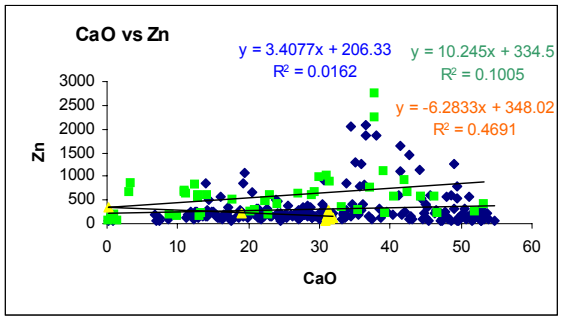


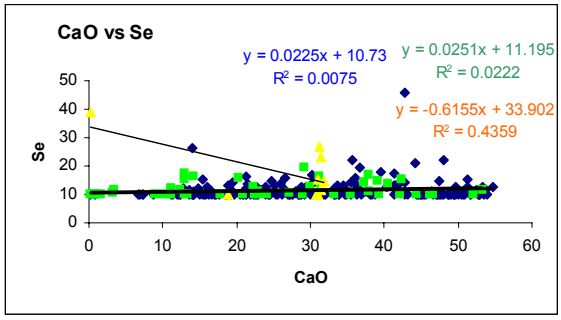


sección río Querecual



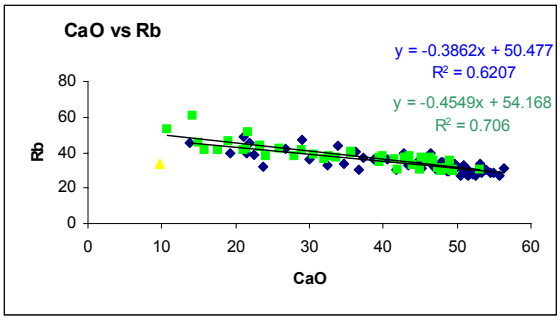


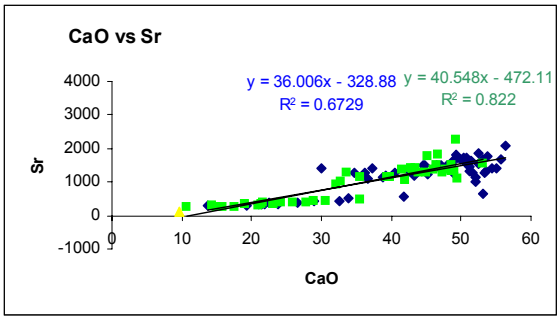


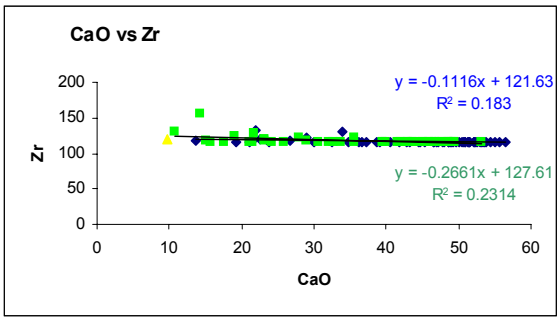


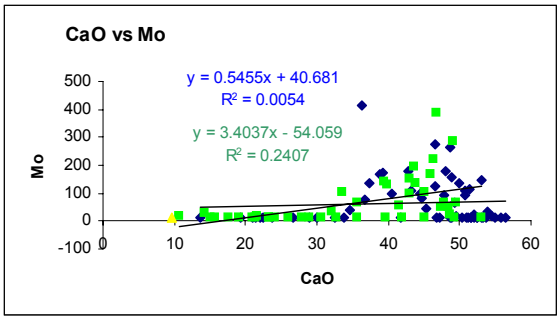
(Continuación)

sección Río de Oro

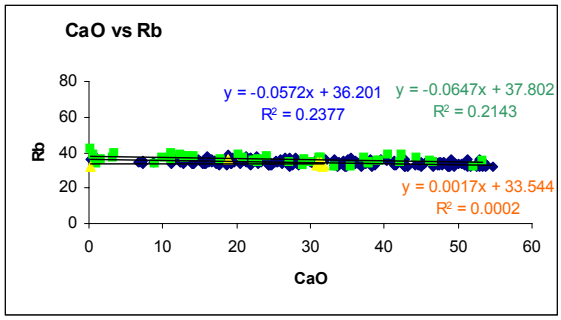


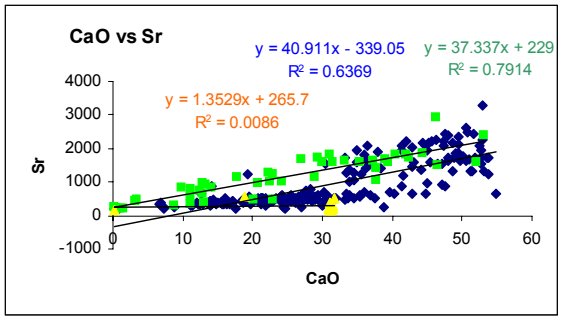


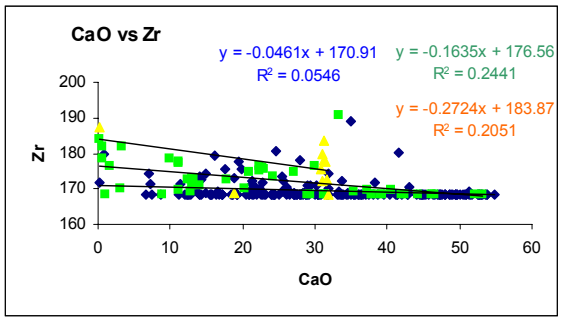


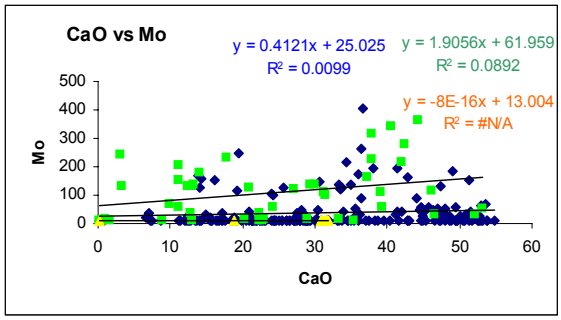


sección río Querecual



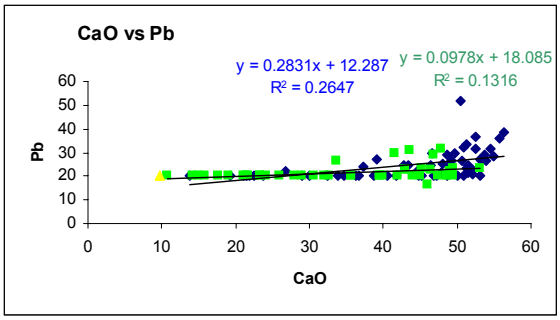




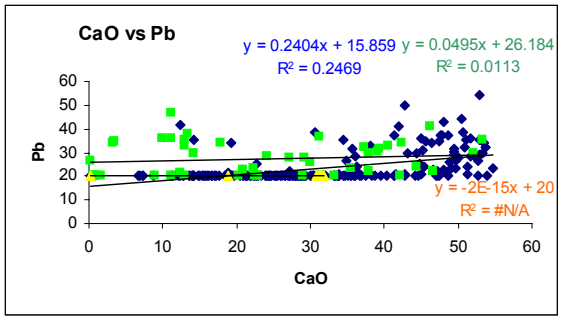


(Continuación)

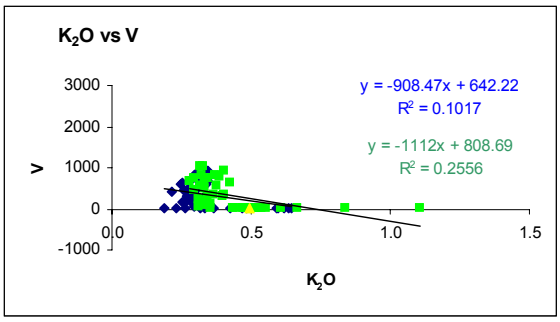
sección Río de Oro

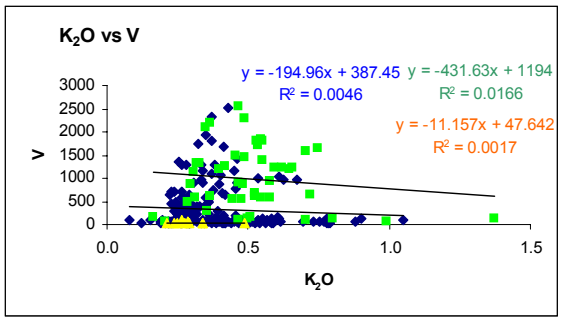


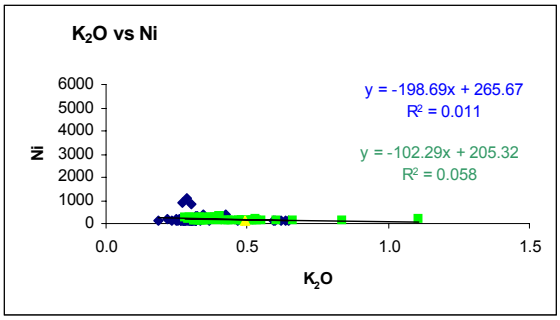
sección río Querecual

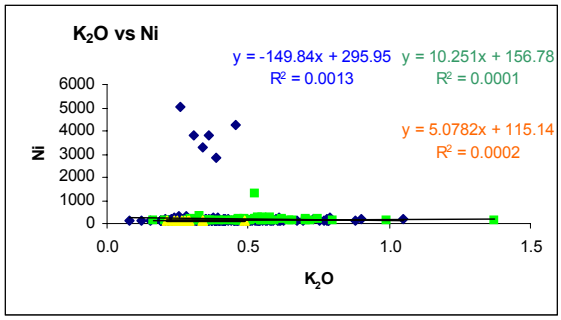


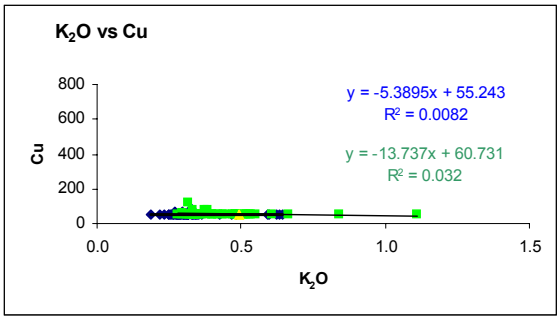
K_2O vs elemento

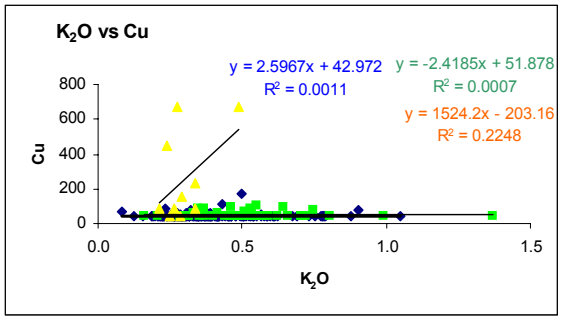






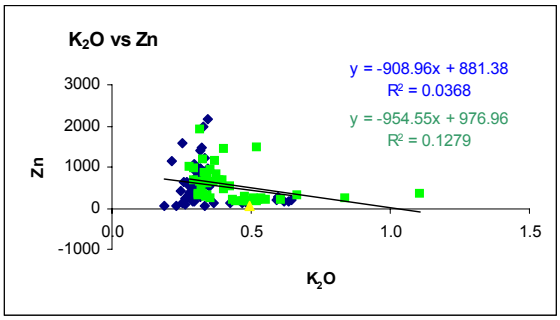


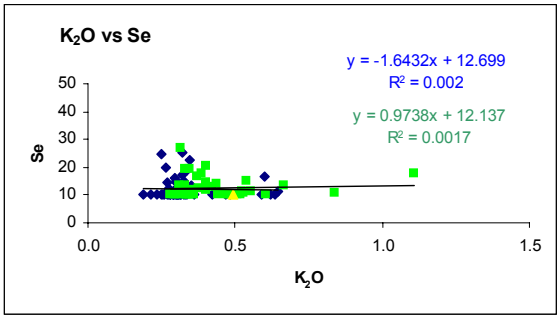


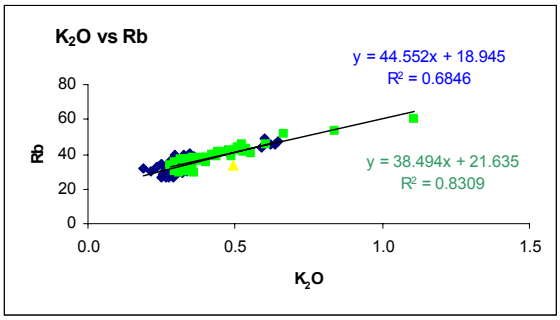


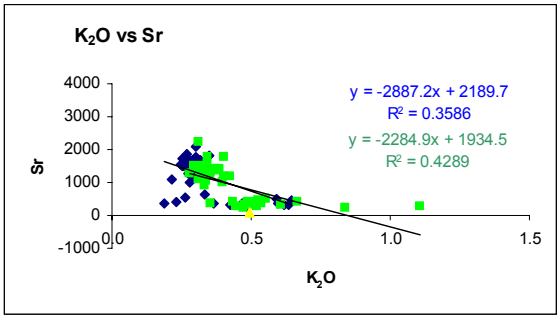
(Continuación)

sección Río de Oro

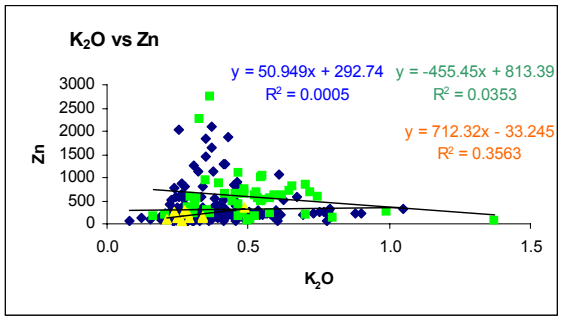


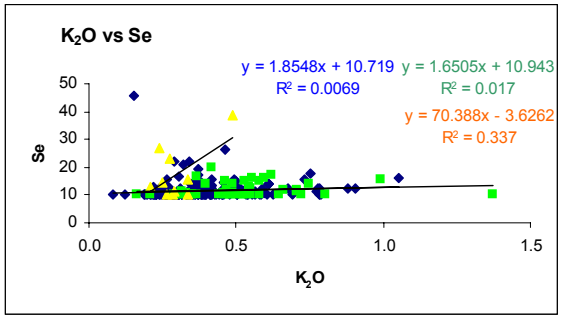


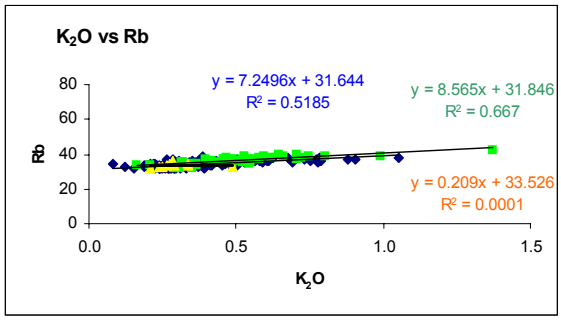


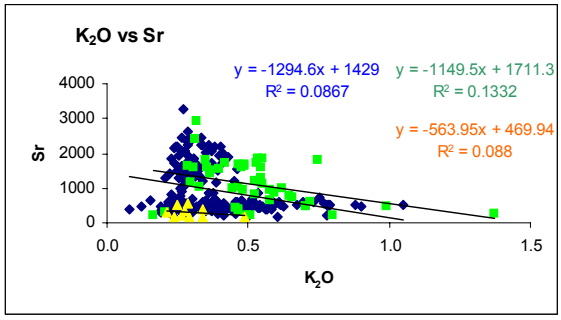


sección río Querecual



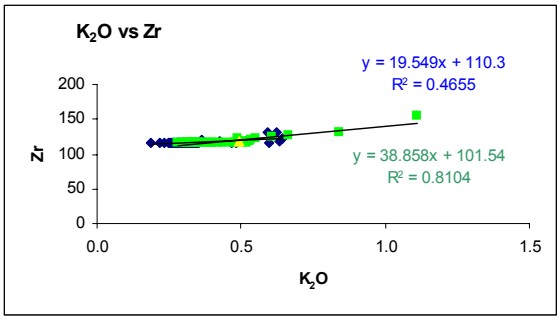


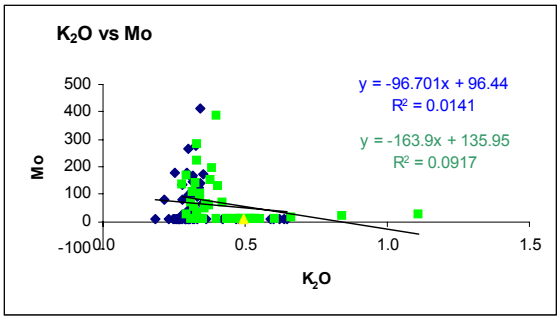


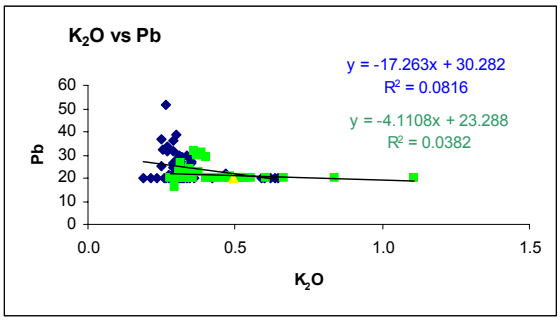


(Continuación)

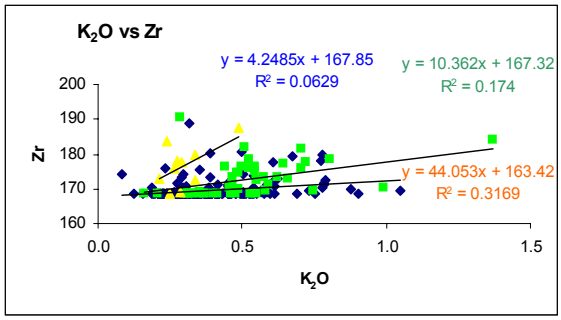
sección Río de Oro

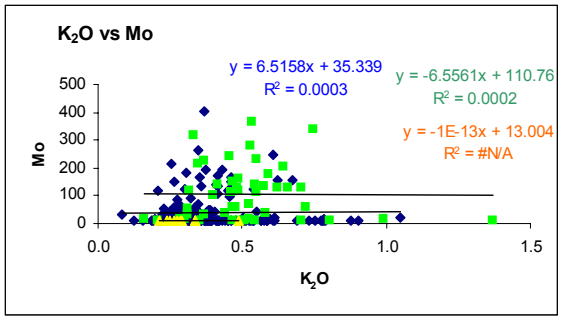


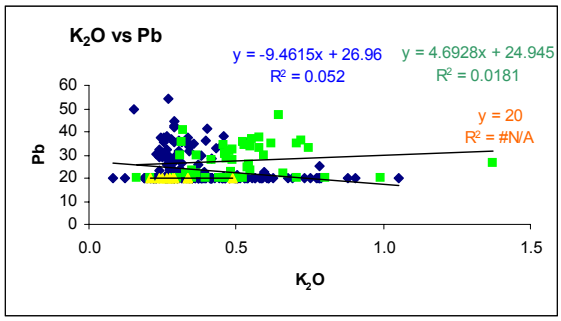




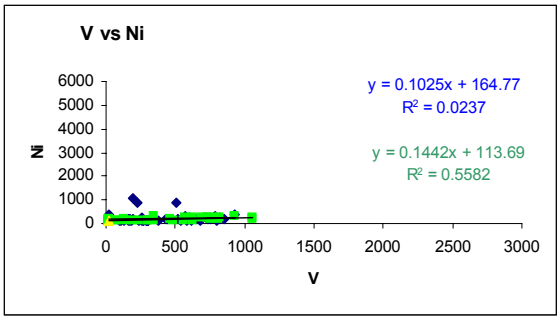
sección río Querecual

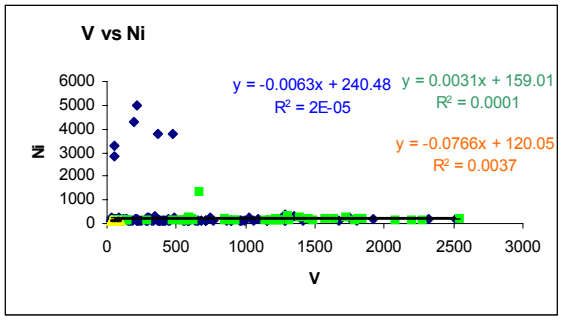






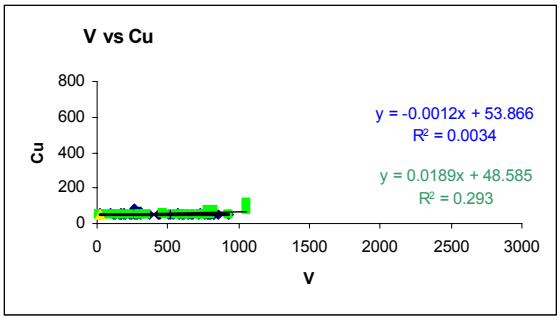
V vs elemento

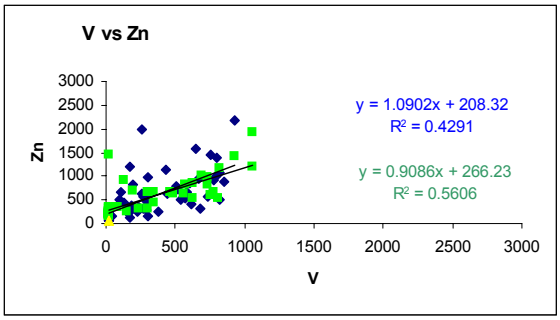


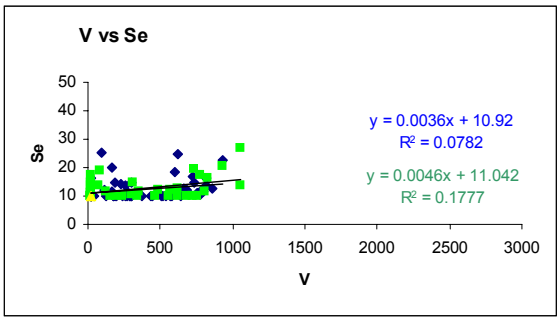


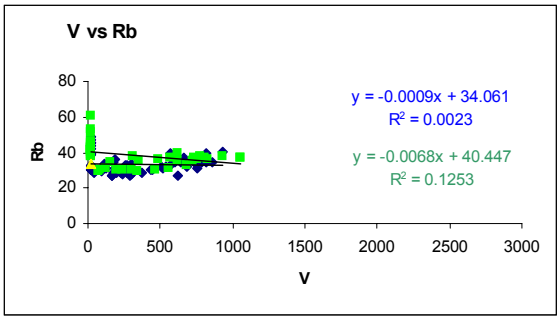
(Continuación)

sección Río de Oro

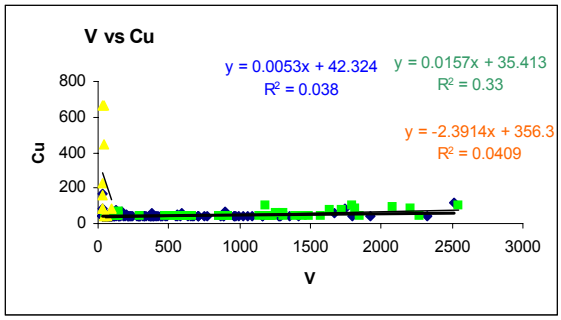


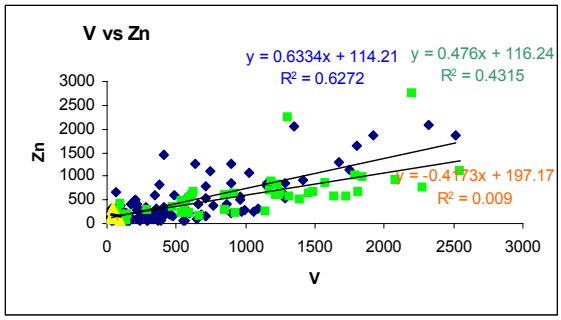


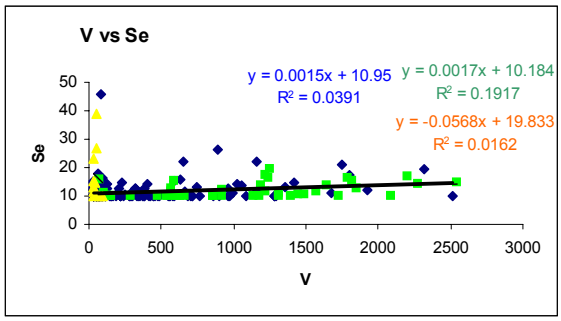


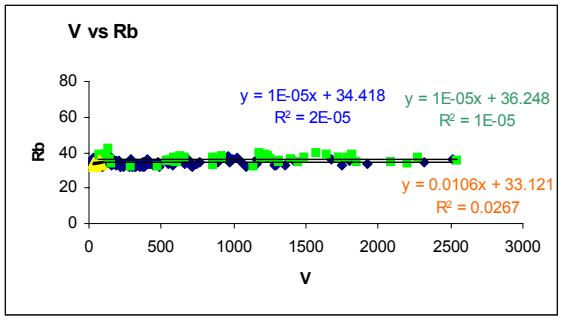


sección río Querecual



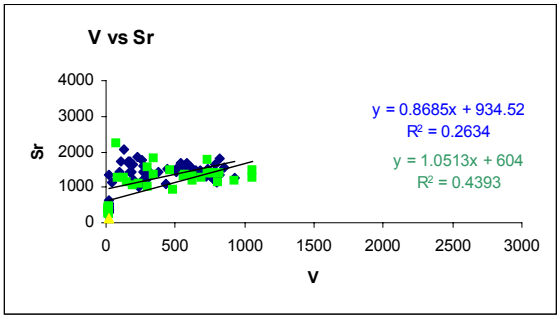


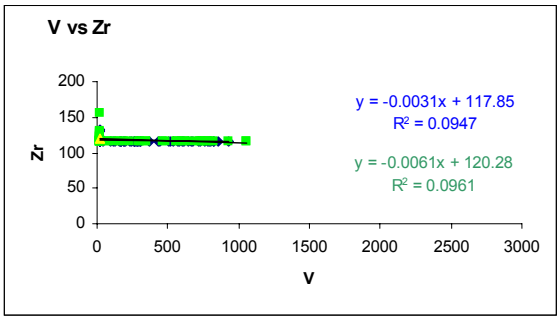


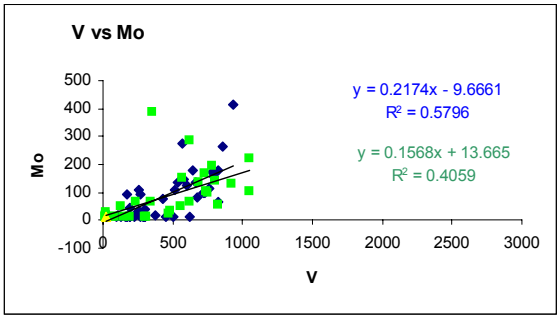


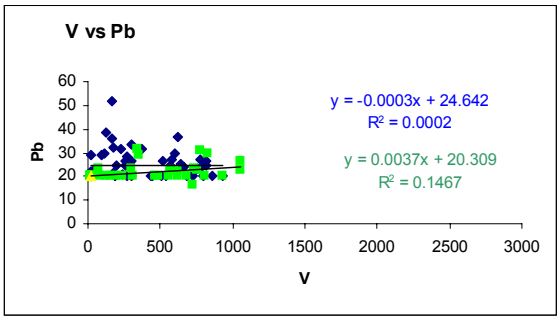
(Continuación)

sección Río de Oro

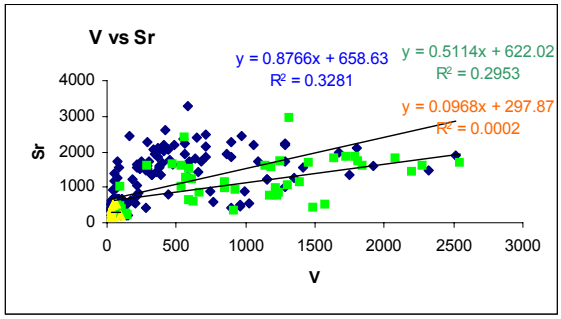


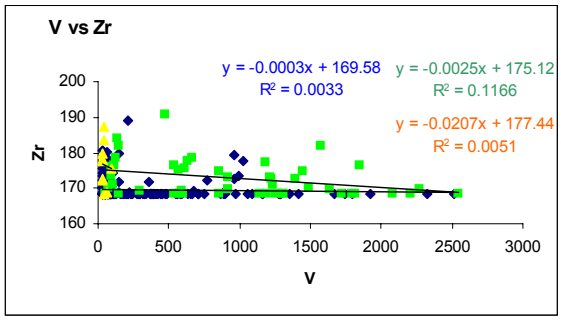


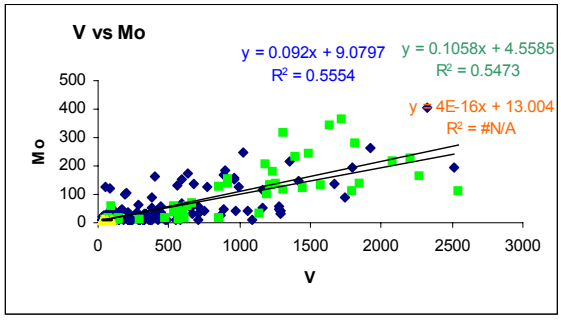


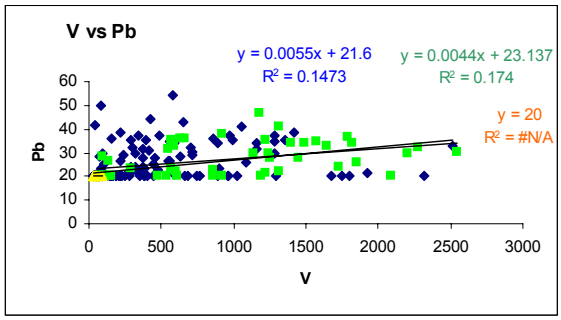


sección río Querecual





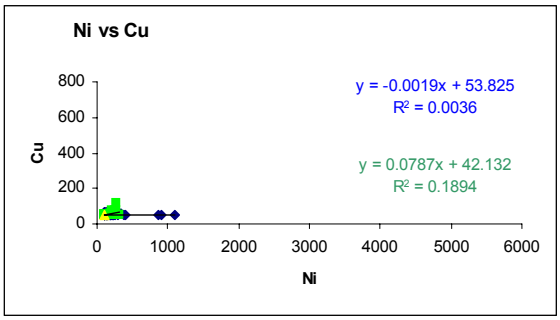


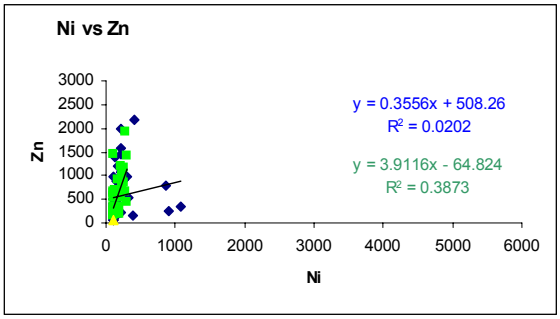


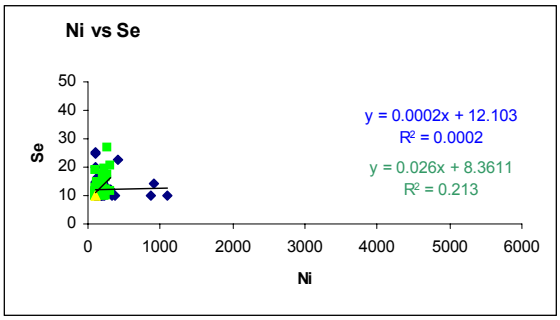
(Continuación)

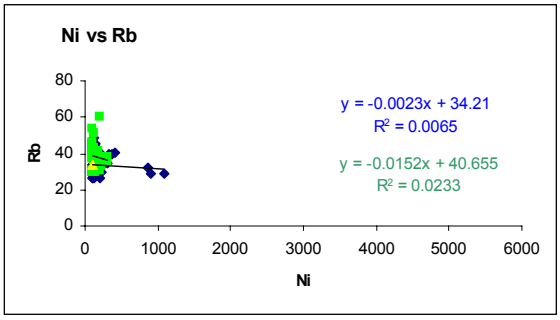
Ni vs elemento

sección Río de Oro

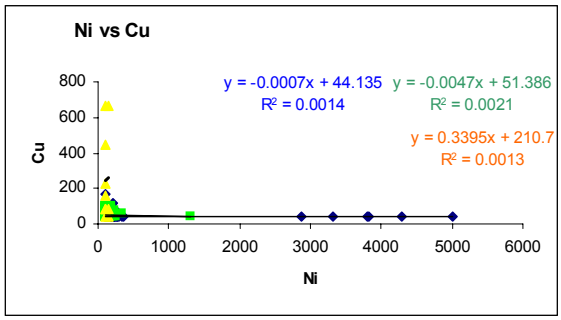


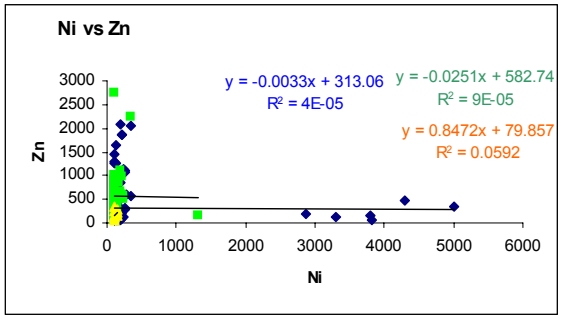


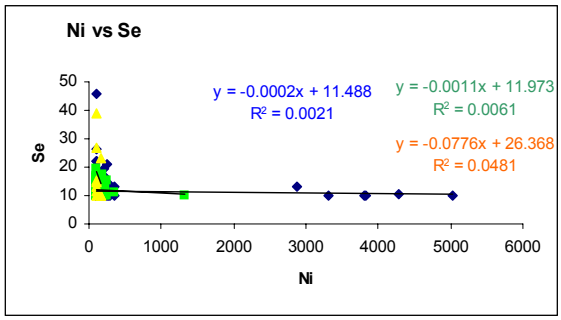


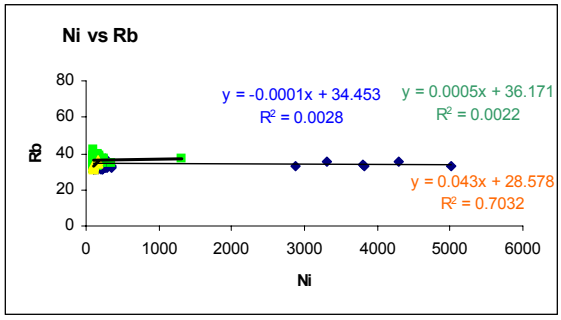


sección río Querecual



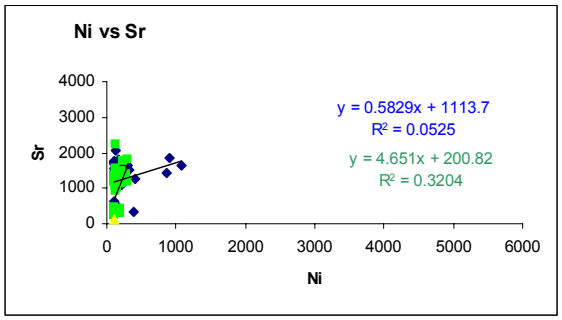


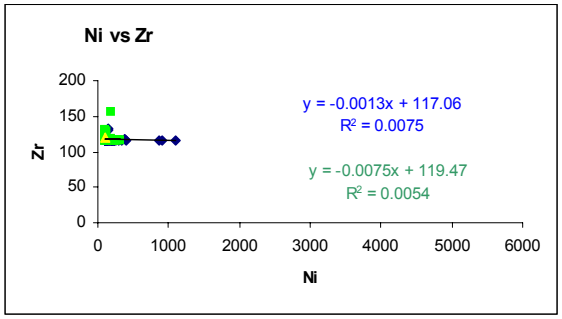


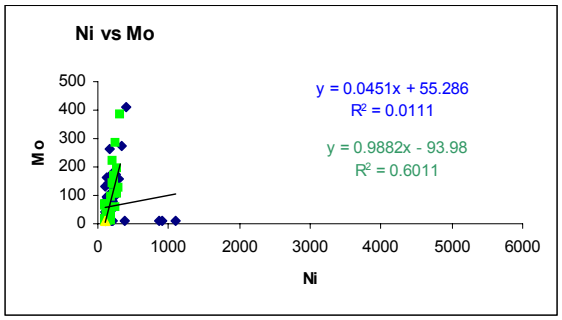


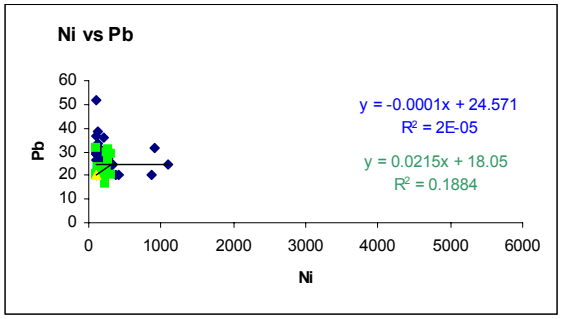
(Continuación)

sección Río de Oro

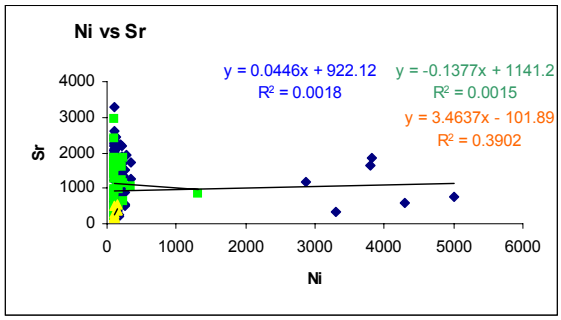


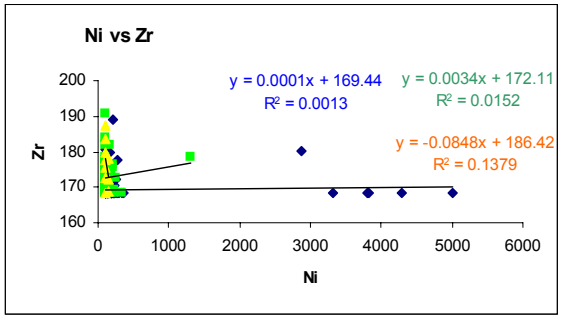


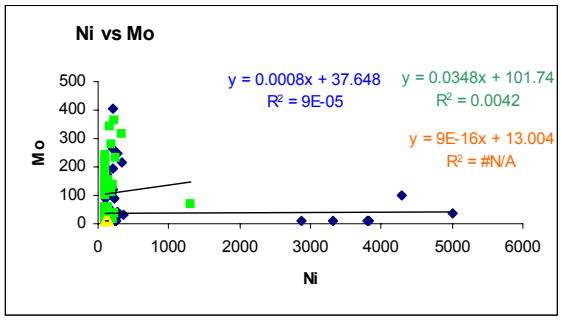


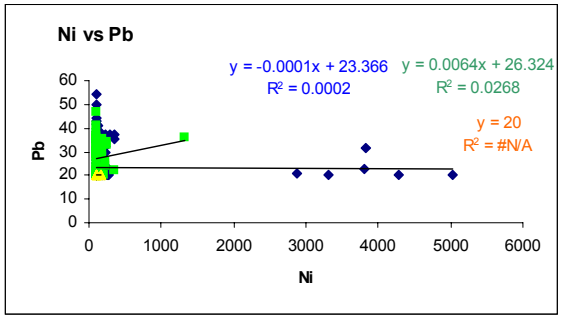


sección río Querecual





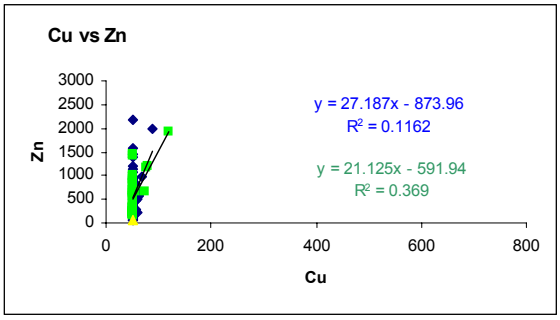


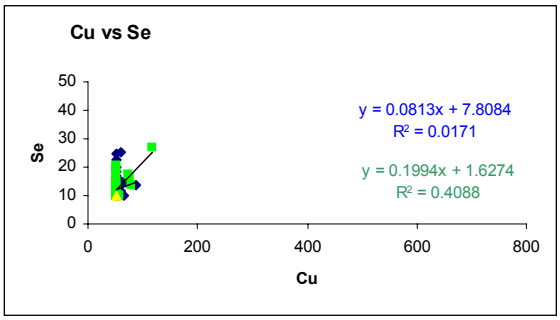


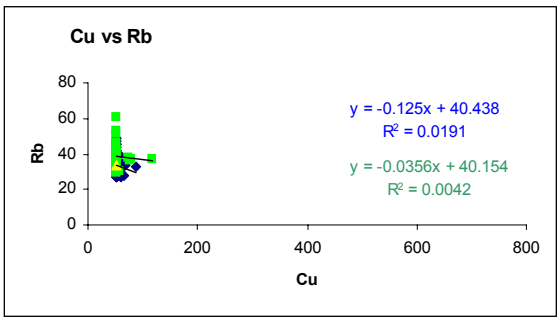
(Continuación)

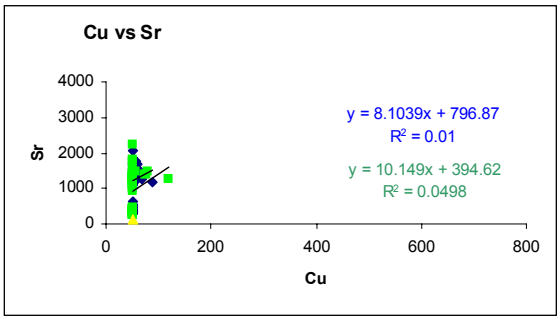
Cu vs elemento

sección Río de Oro

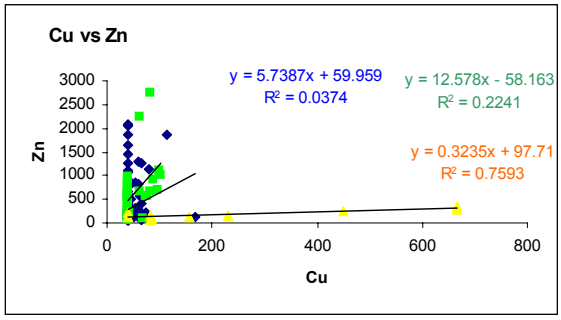


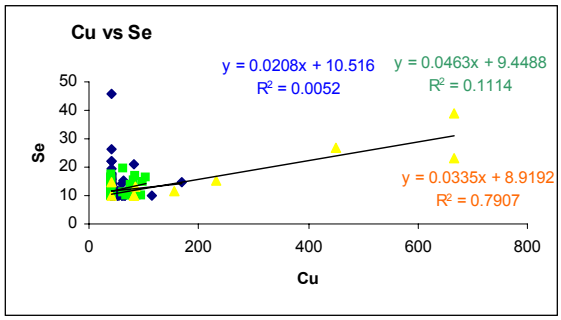


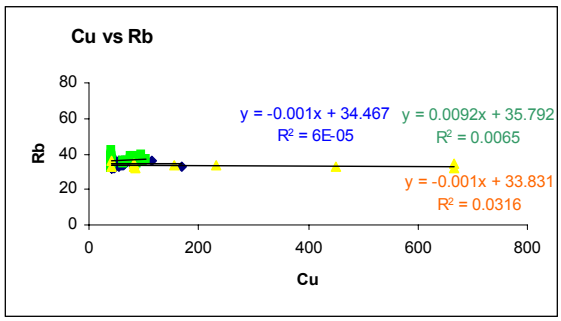


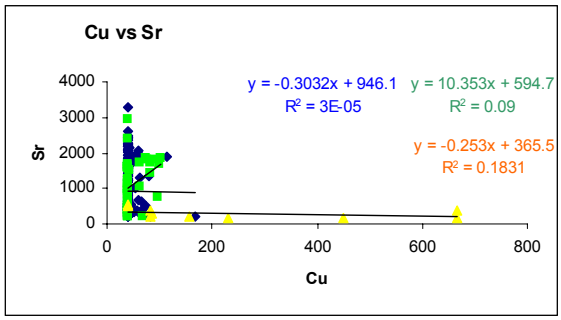


sección río Querecual



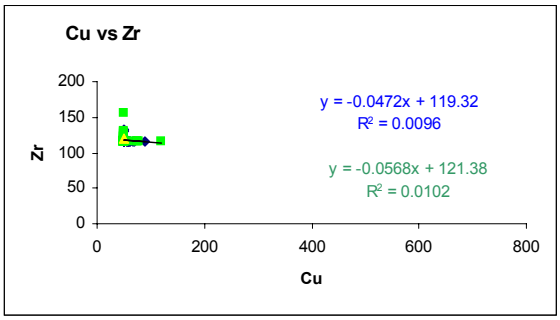


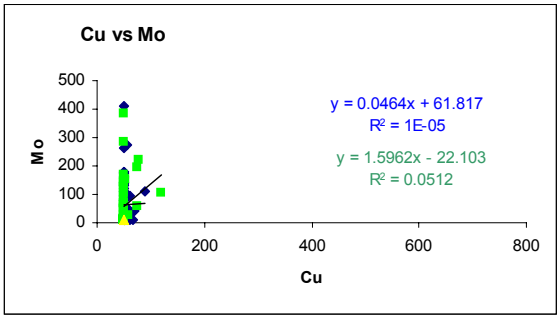


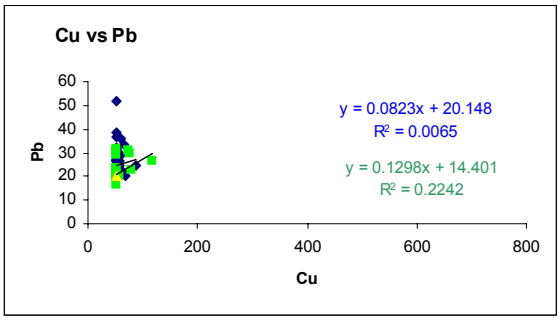


(Continuación)

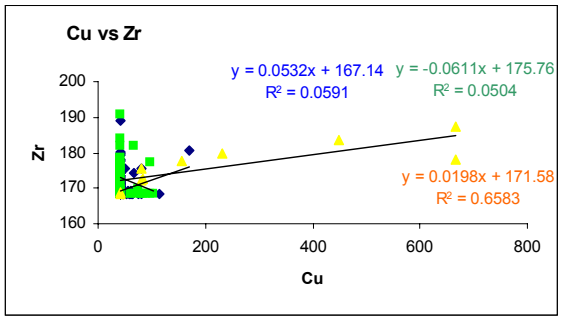
sección Río de Oro

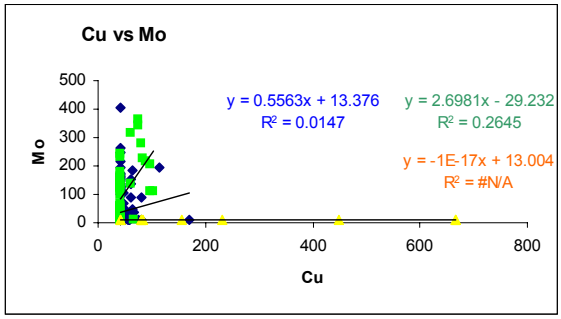


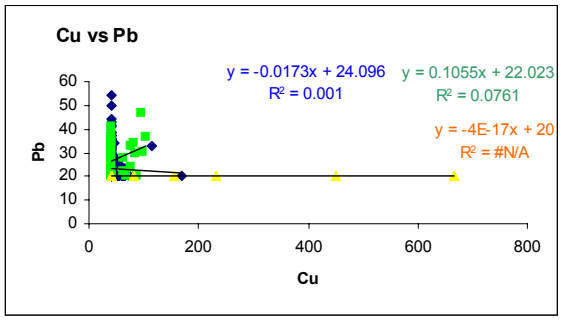




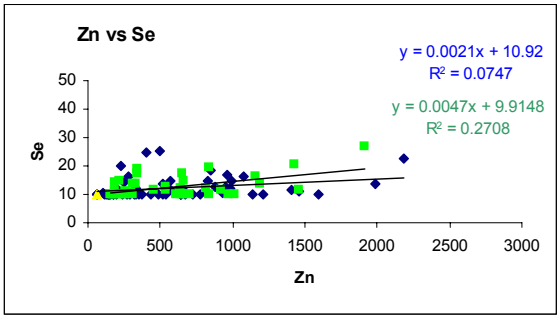
sección río Querecual

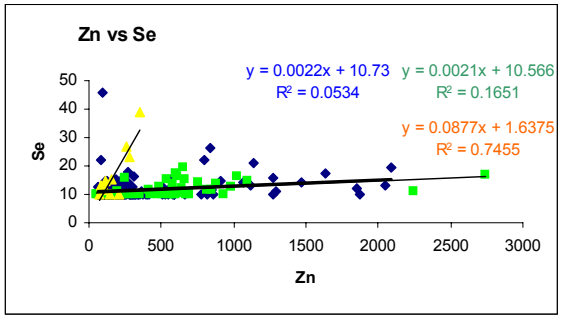






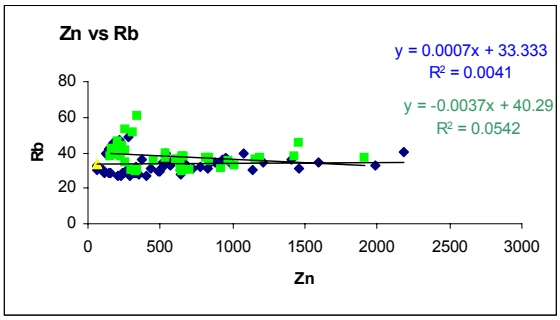
Zn vs elemento

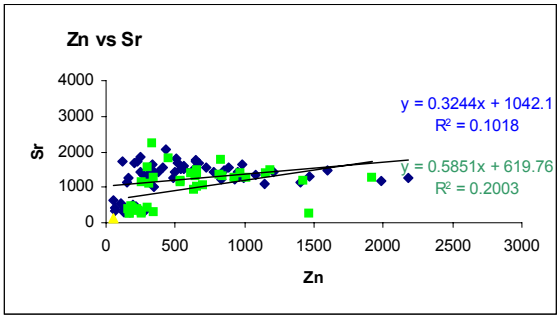


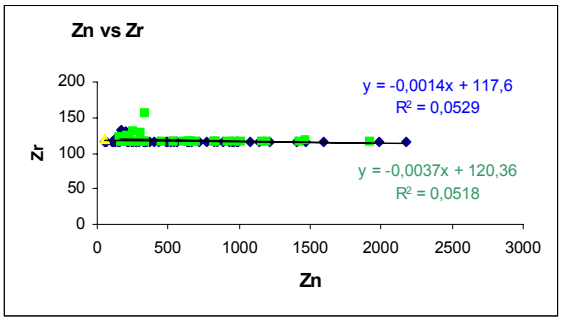


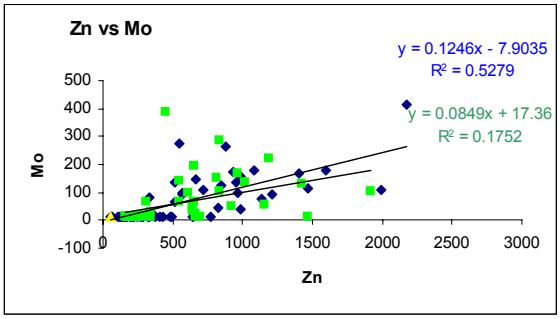
(Continuación)

sección Río de Oro

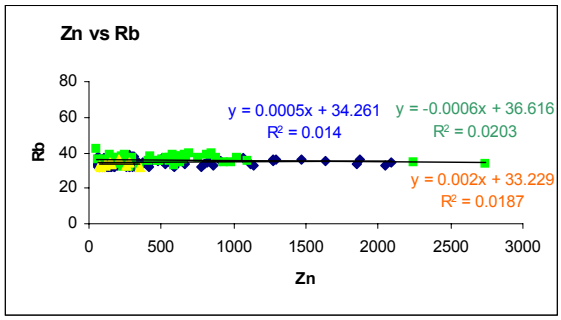


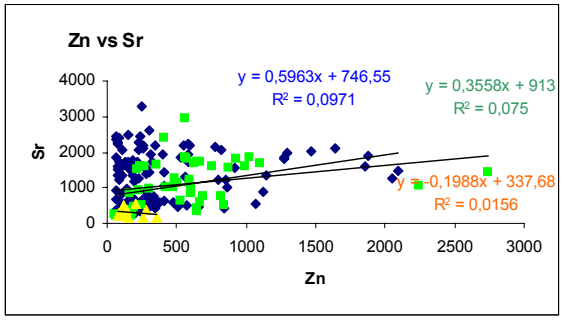


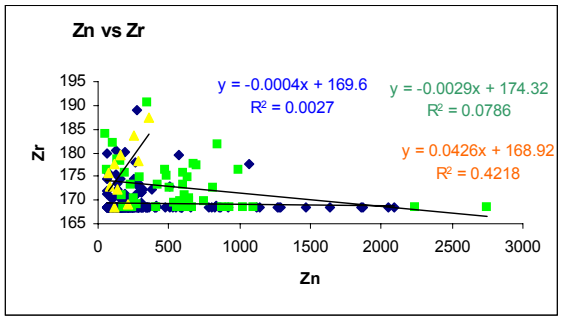


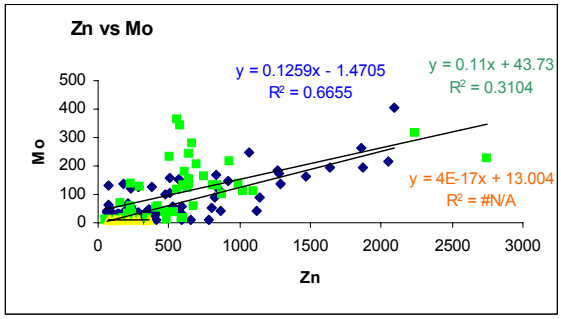


sección río Querecual



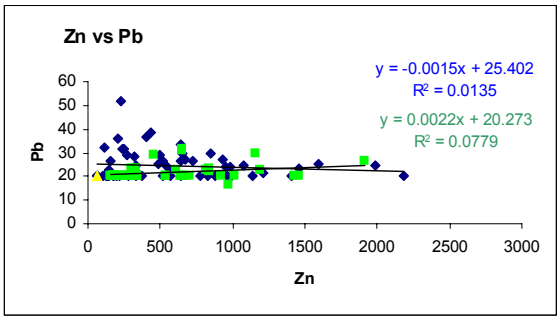




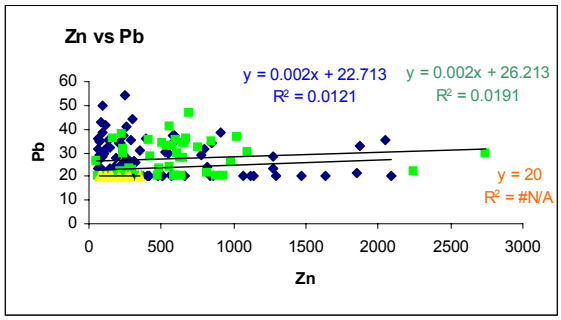


(Continuación)

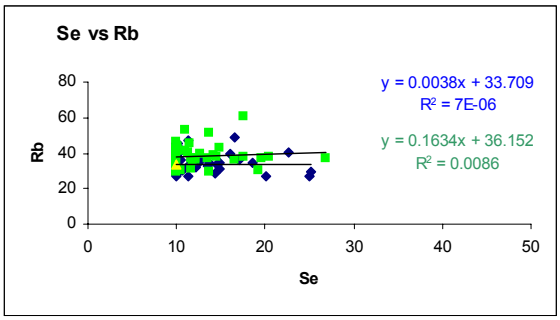
sección Río de Oro

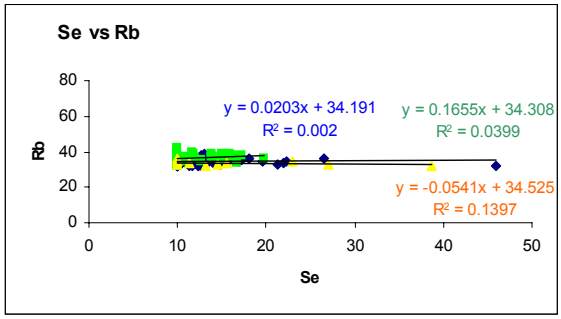


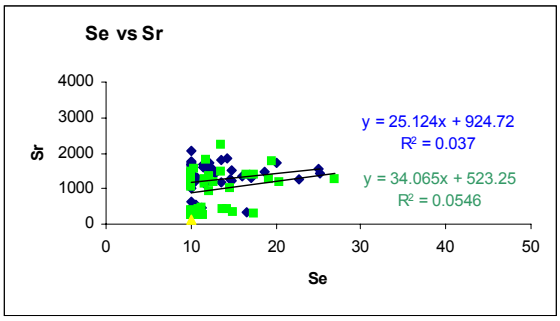
sección río Querecual

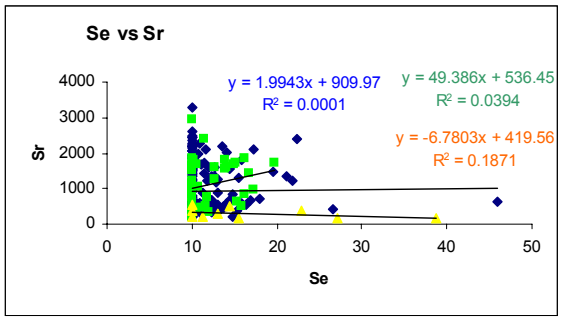


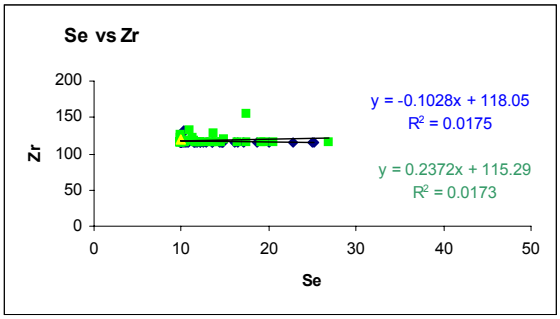
Se vs elemento

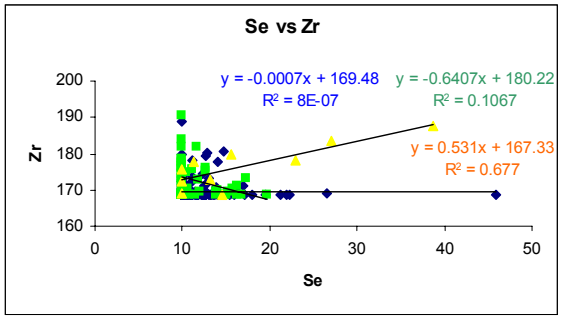






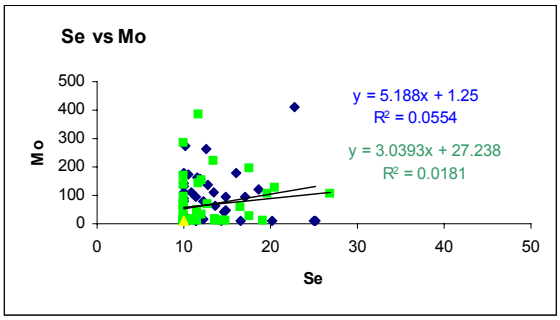


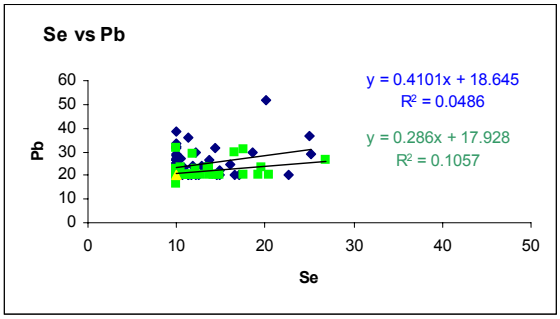




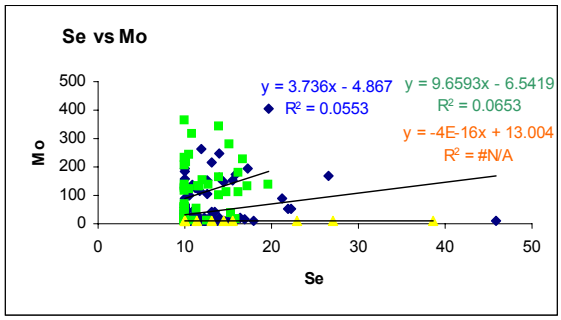
(Continuación)

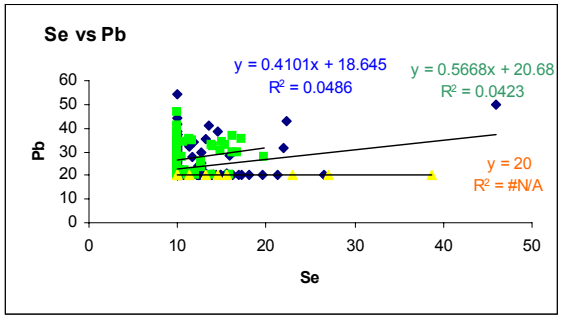
sección Río de Oro



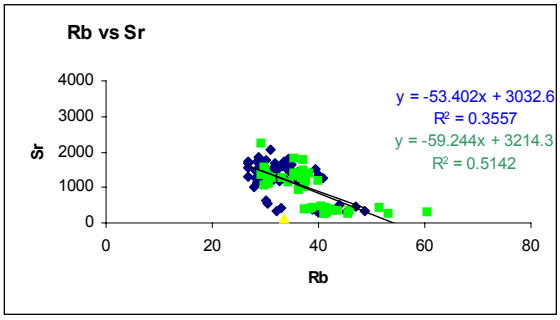


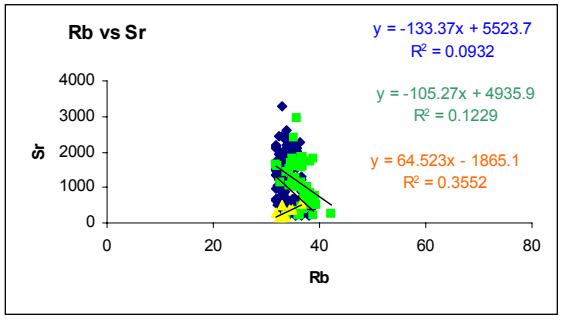
sección río Querecual

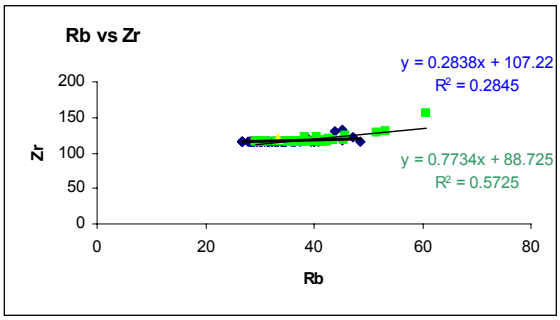


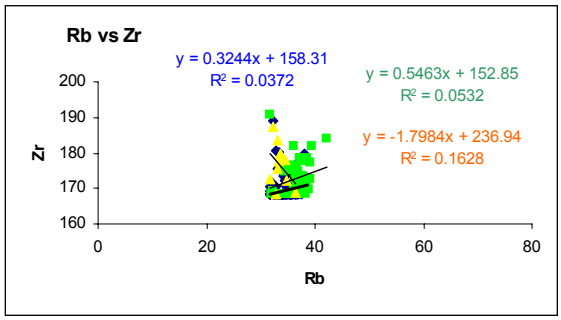


Rb vs elemento



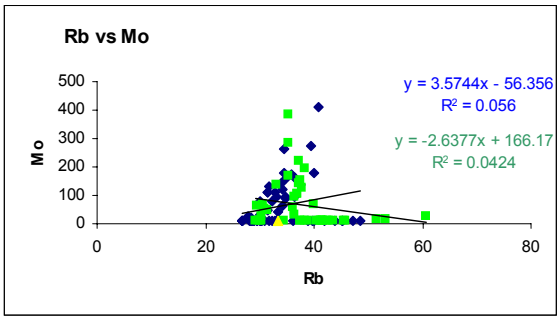


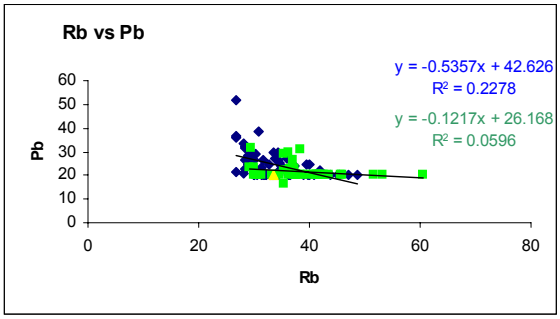




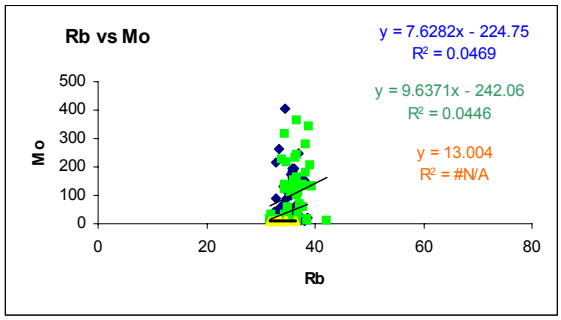
(Continuación)

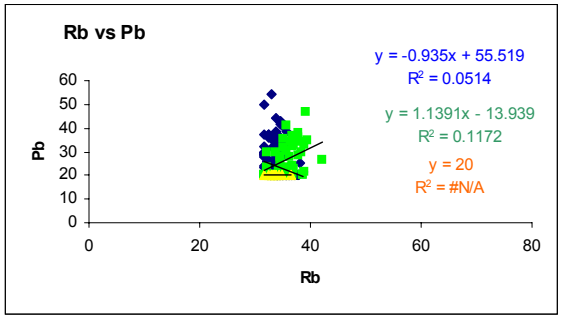
sección Río de Oro



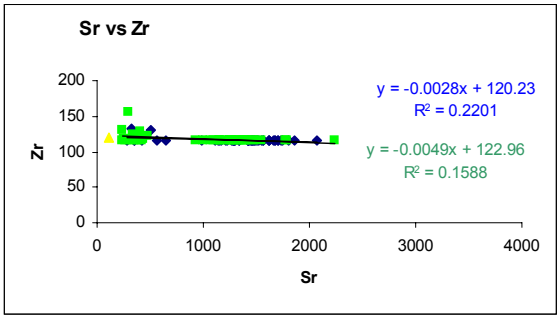


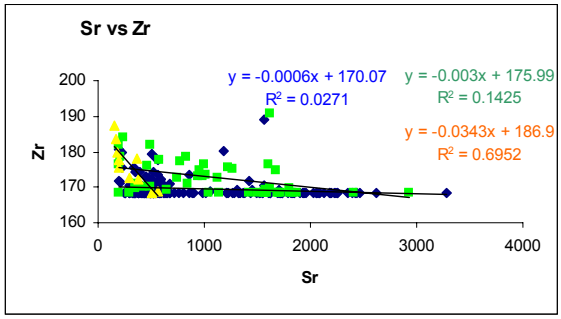
sección río Querecual

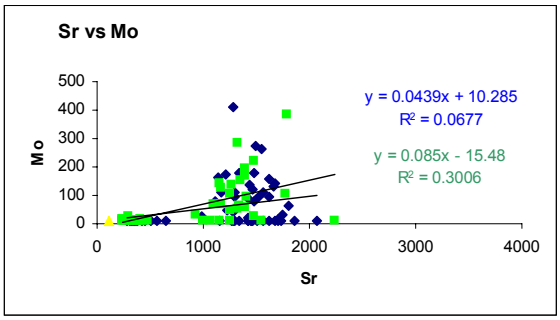


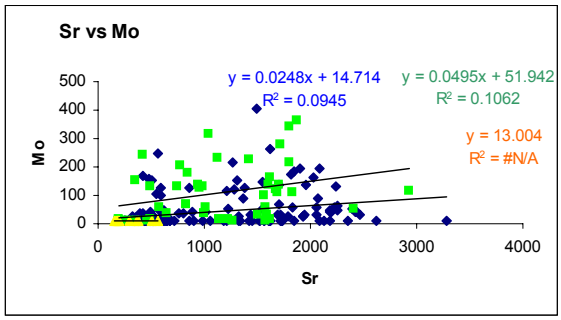


Sr vs elemento



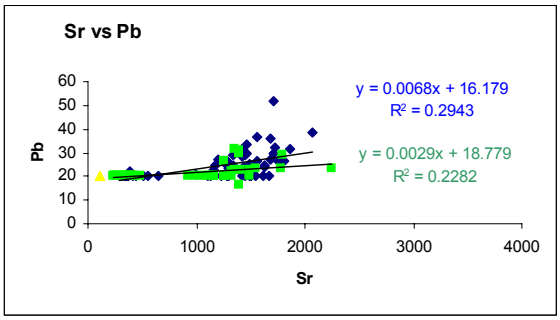




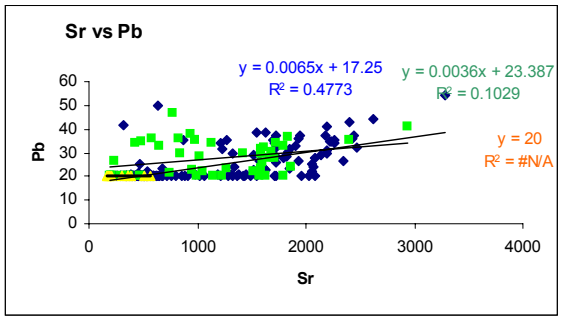


(Continuación)

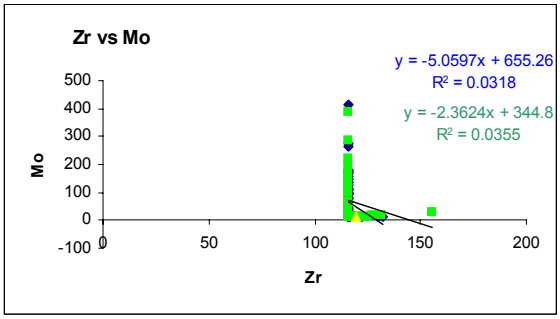
sección Río de Oro

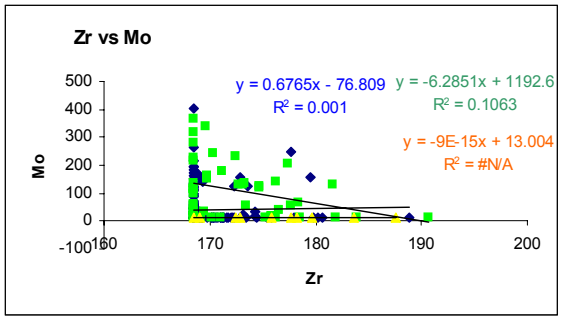


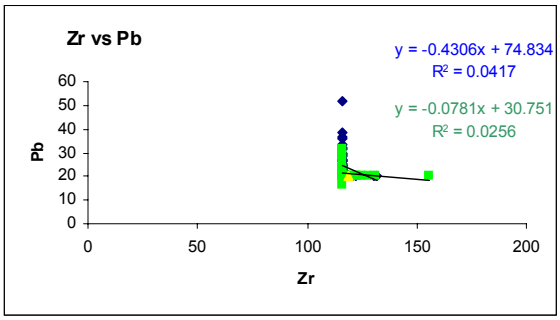
sección río Querecual

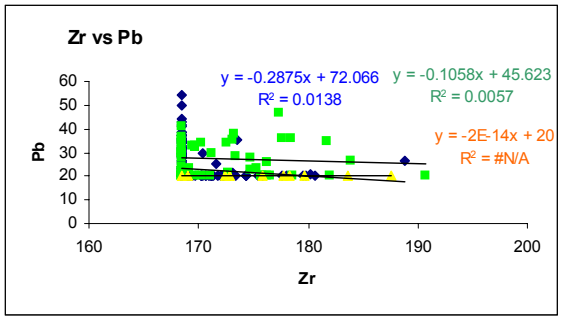


Zr vs elemento

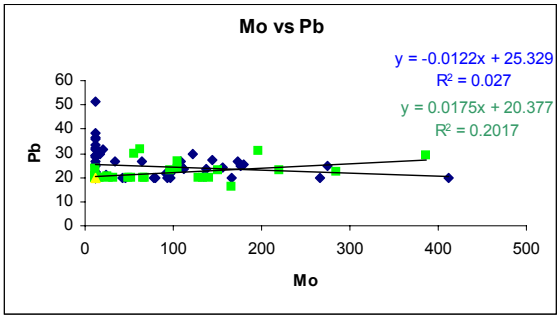


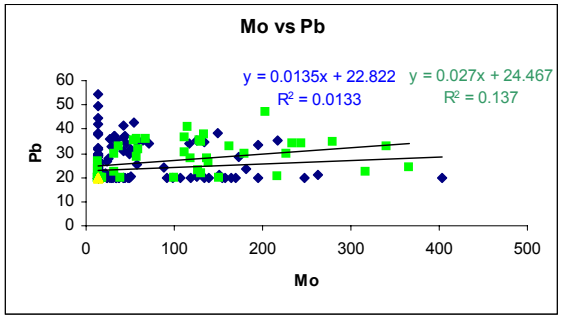






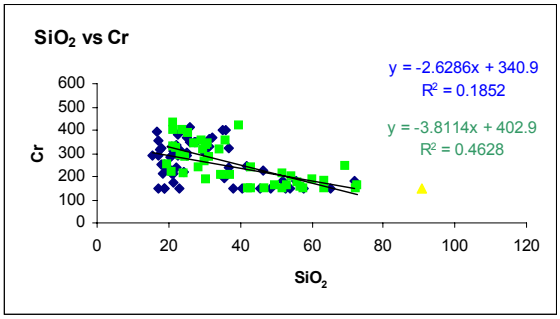
Mo vs elemento

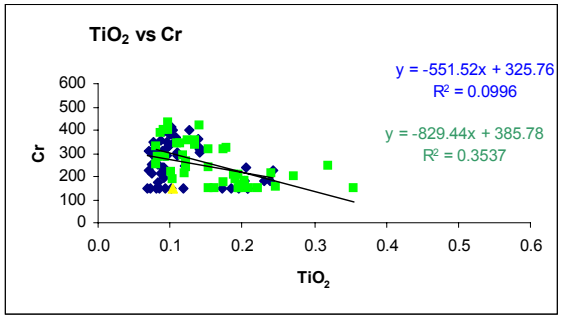


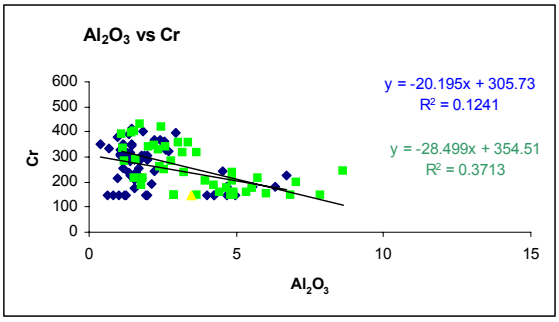


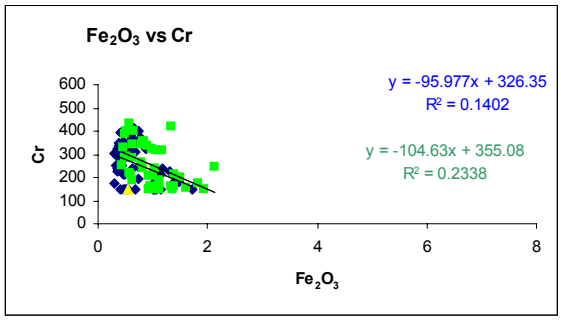
(Continuación)

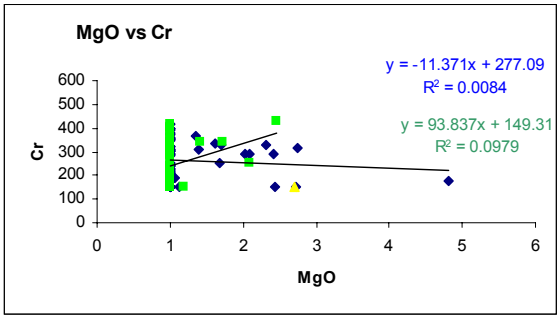
Cr vs elemento (sección Río de Oro)

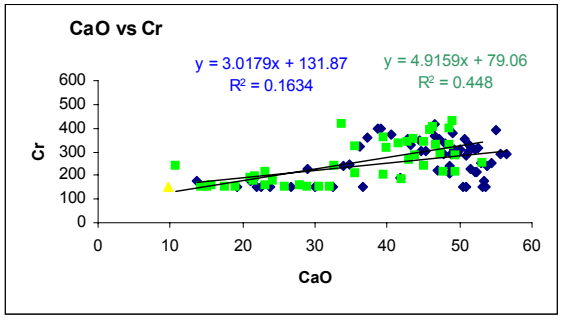


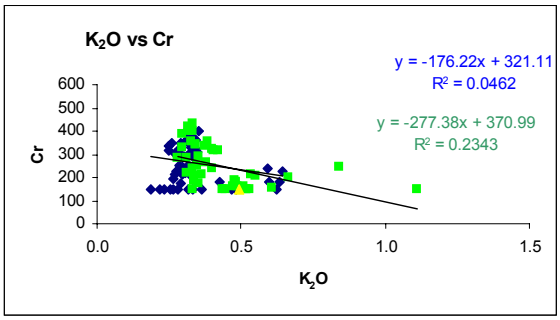


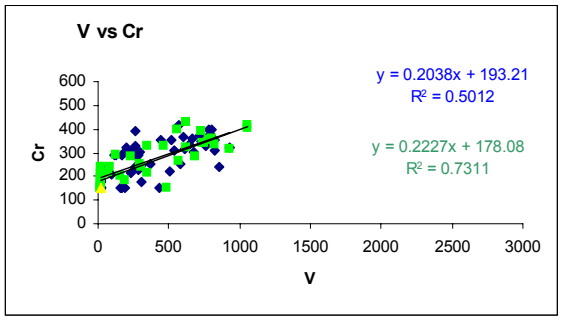




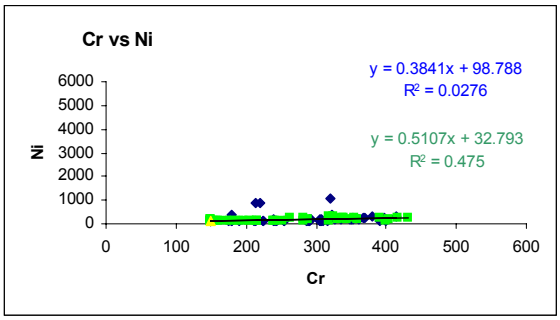


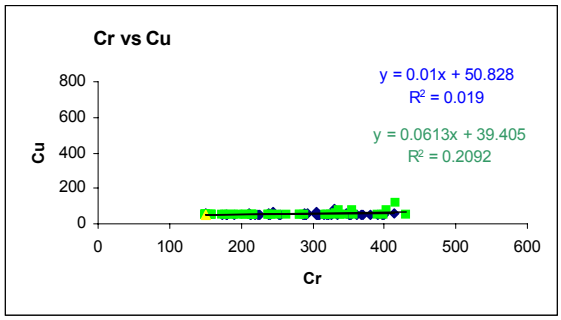


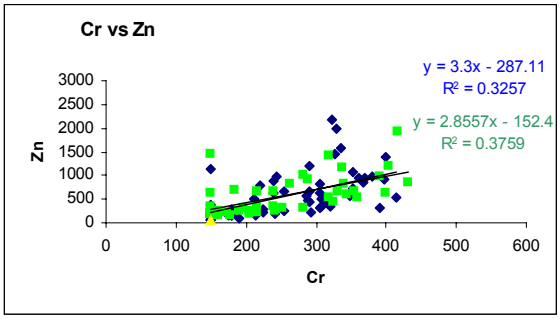


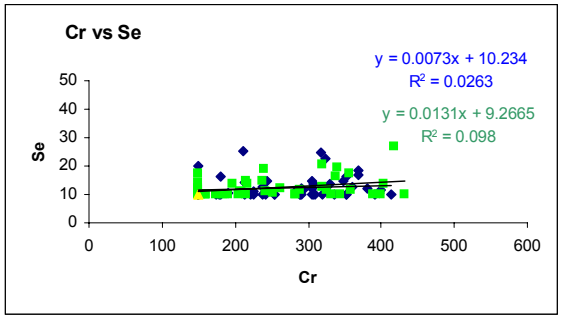


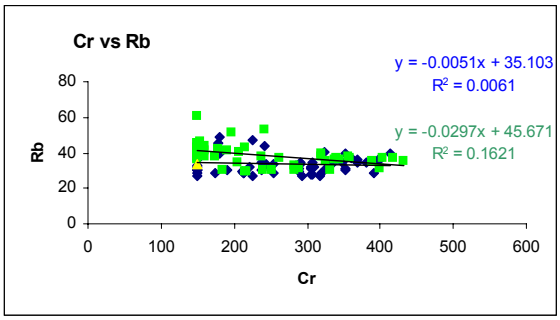
(Continuación)

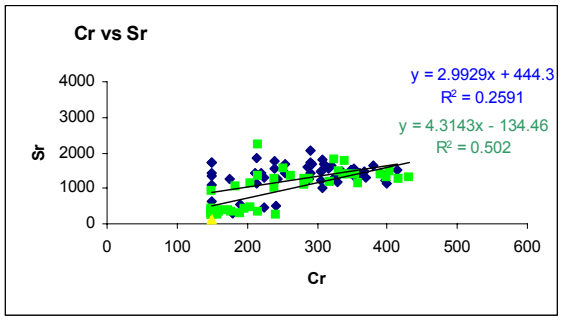


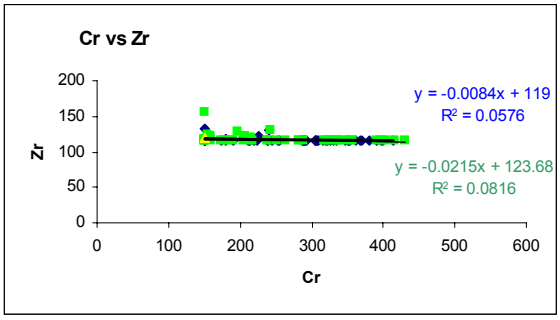


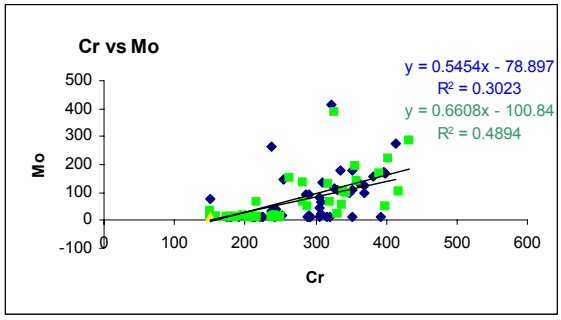




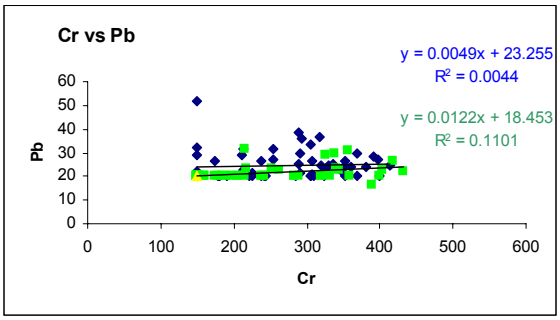








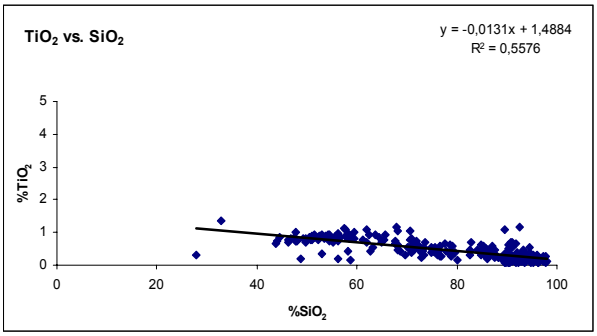
(Continuación)

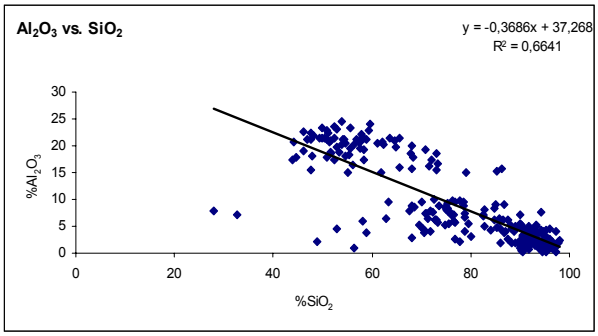


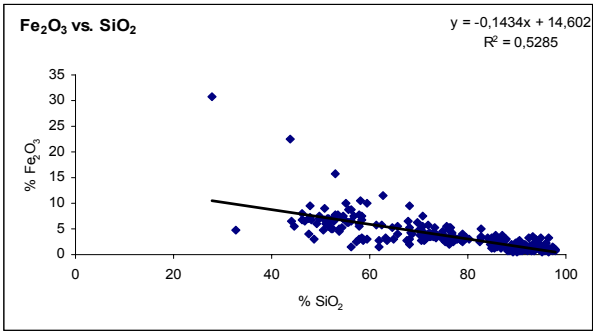
(Continuación)

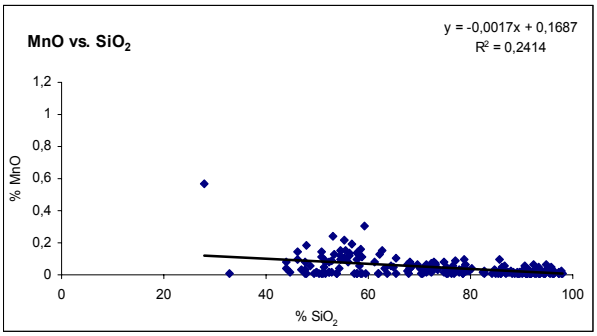
V.2.1. Diagramas de dispersión general de la Formación Naricual

sección río Orégano

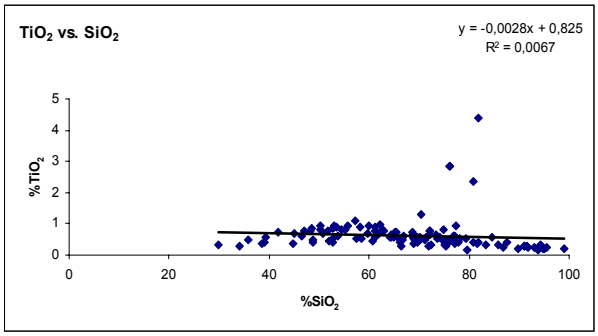


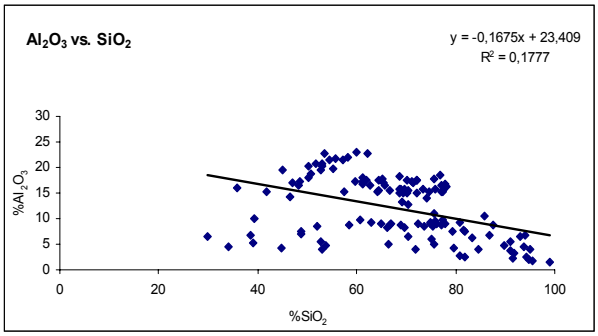


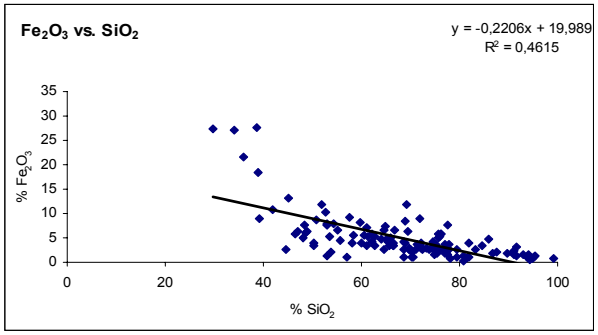


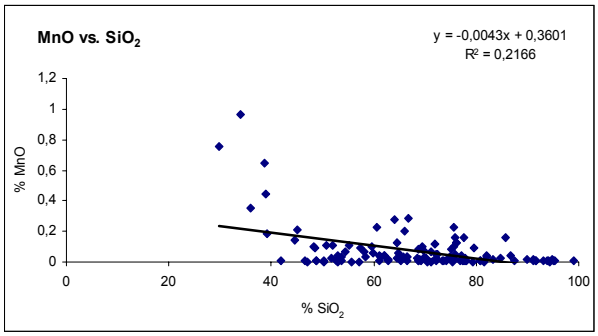


sección tipo

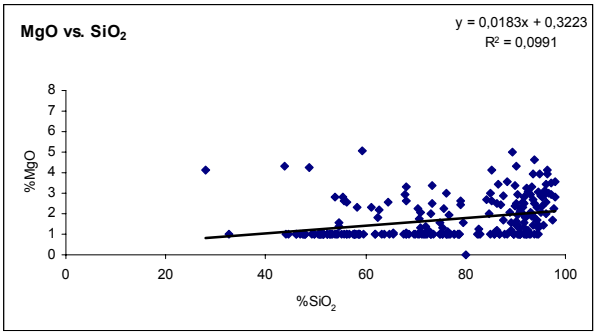


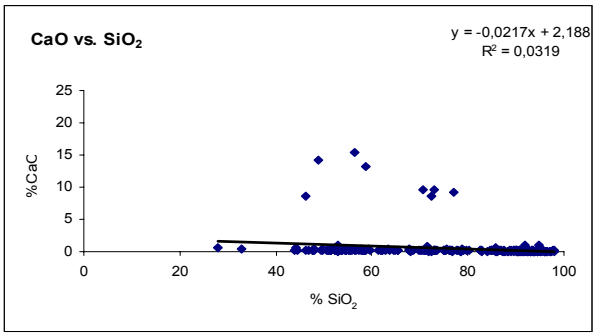


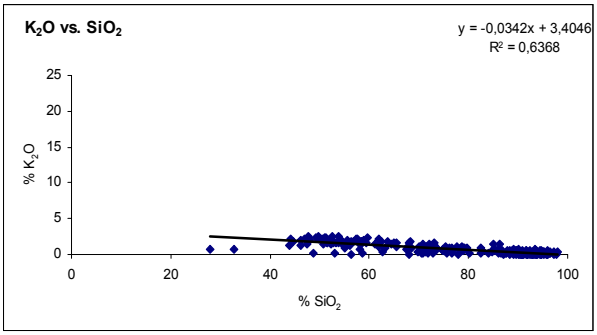


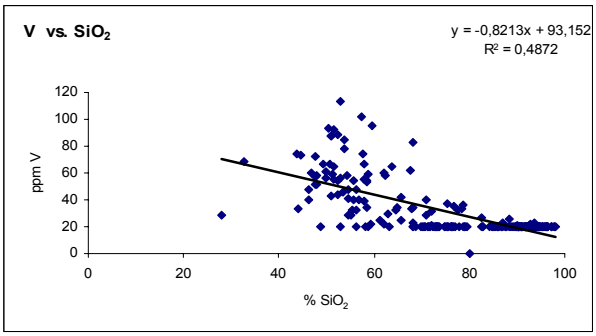


sección río Orégano

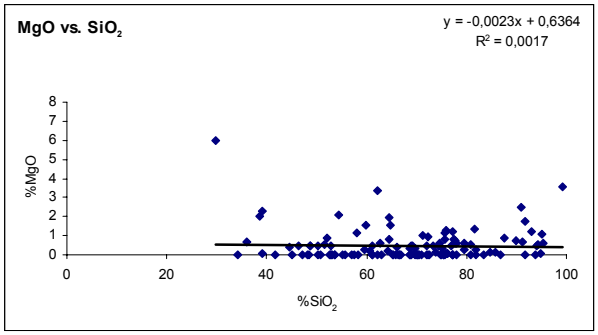


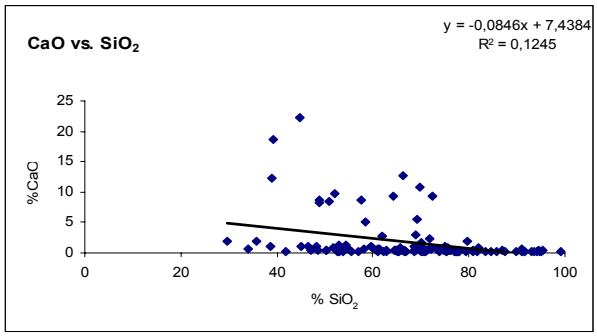


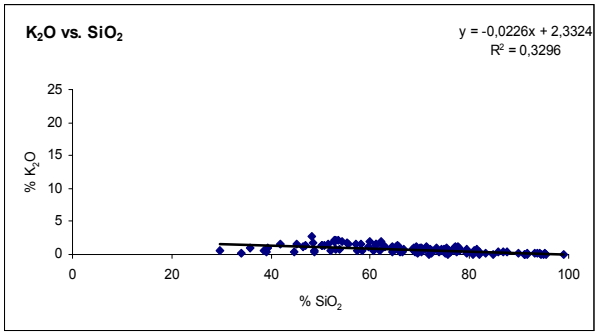


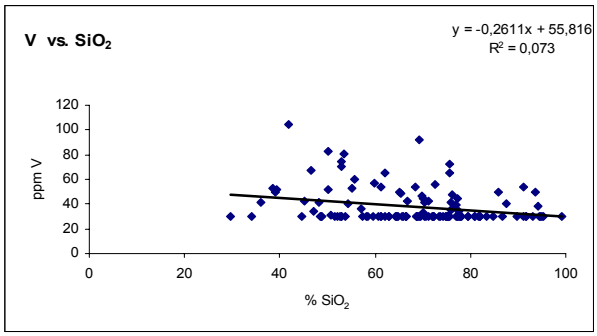


sección tipo



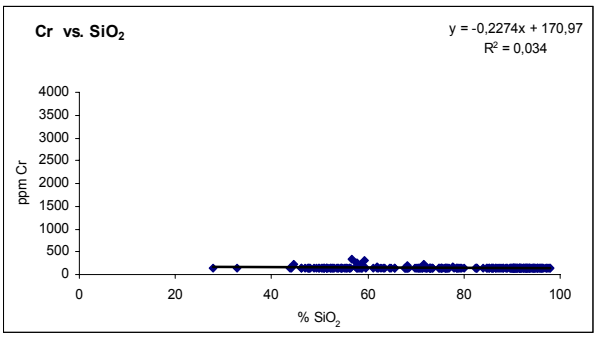


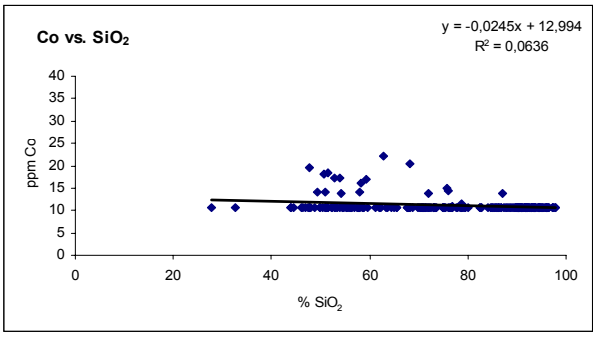


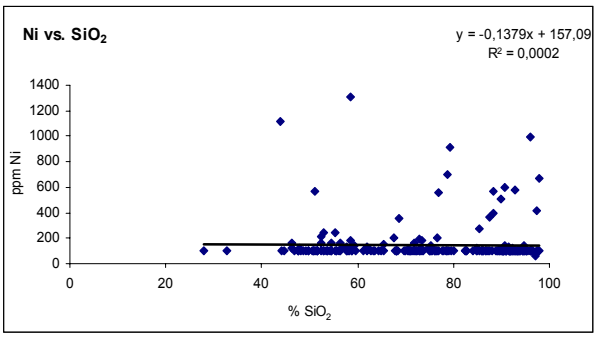


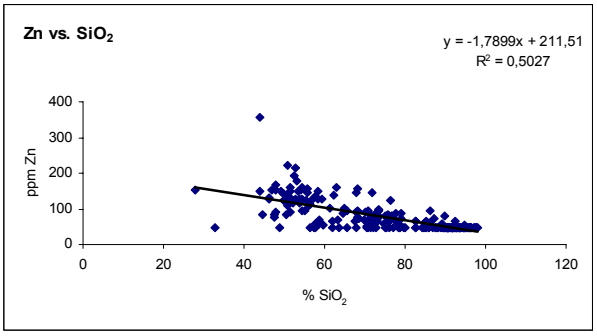
(Continuación)

sección río Orégano

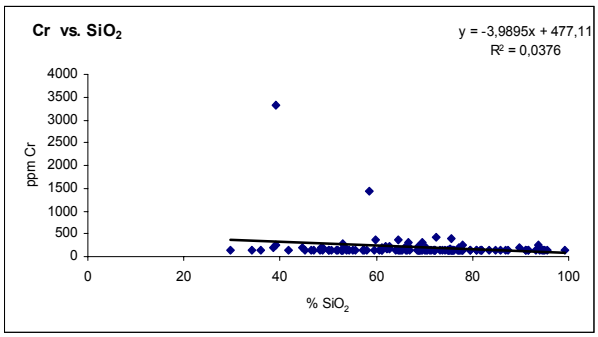


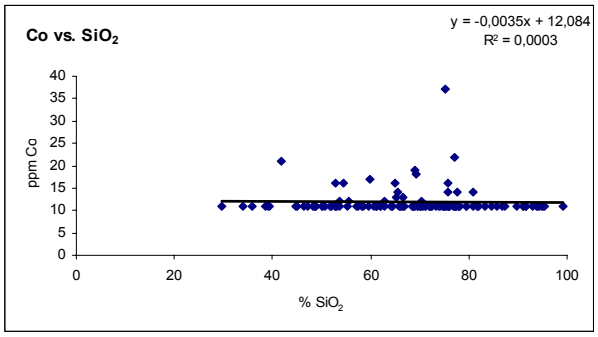


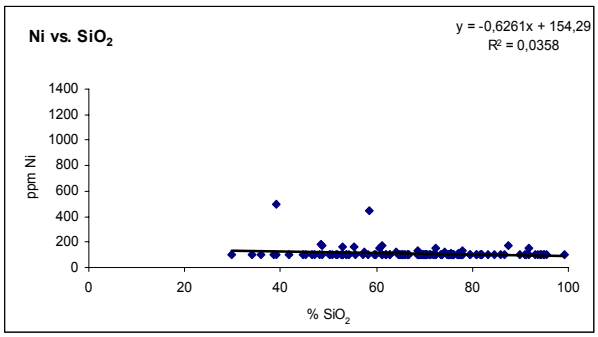


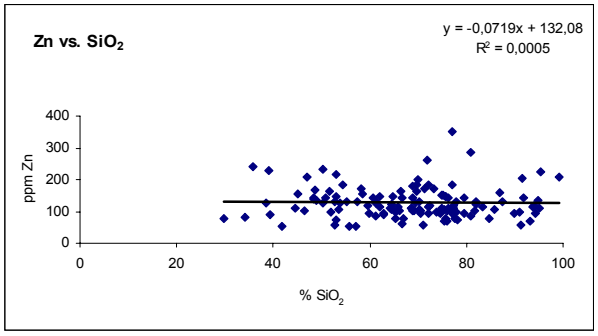


sección tipo



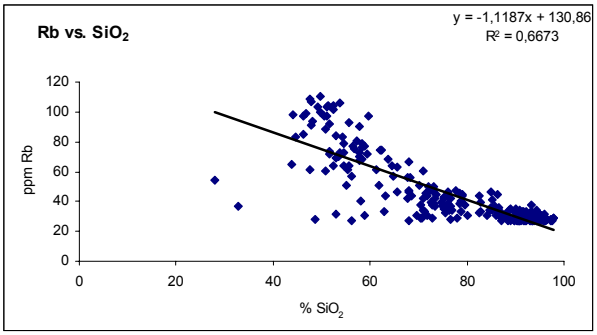


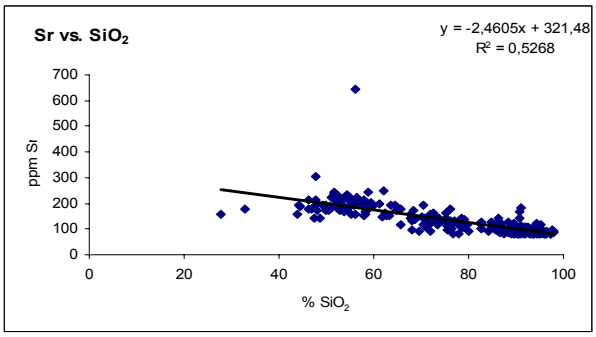


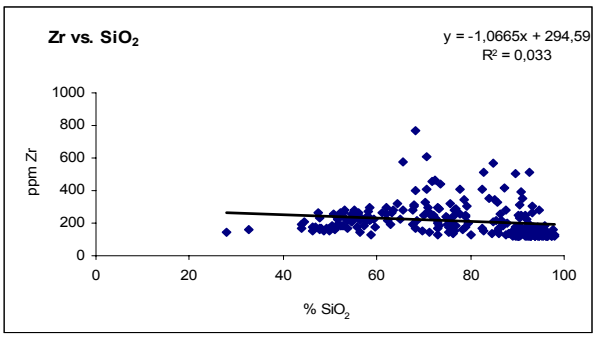


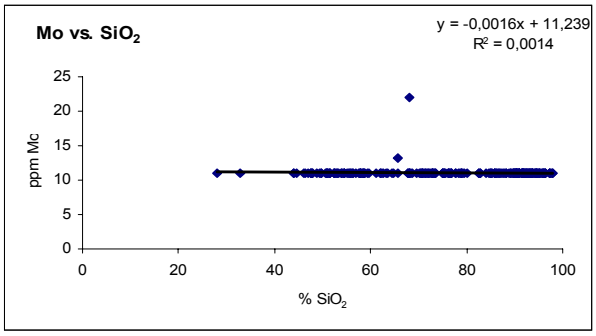
(Continuación)

sección río Orégano

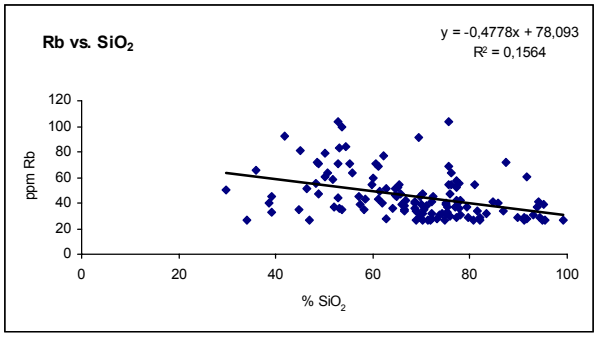


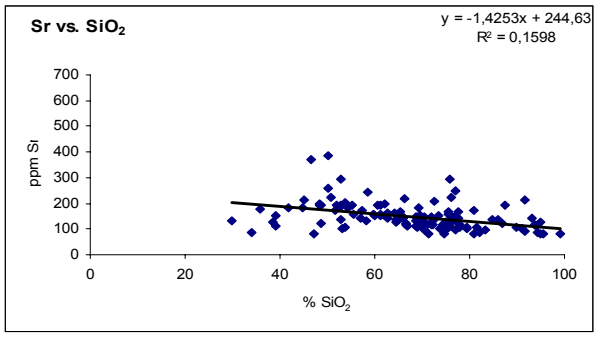


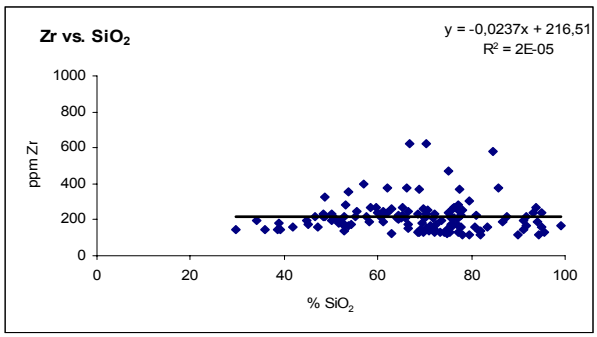


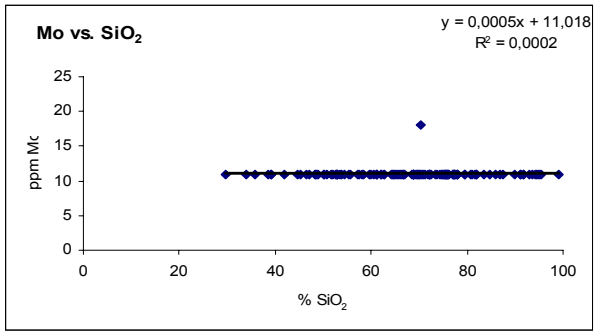


sección tipo



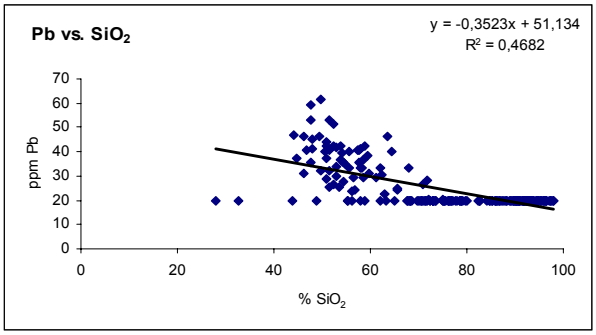


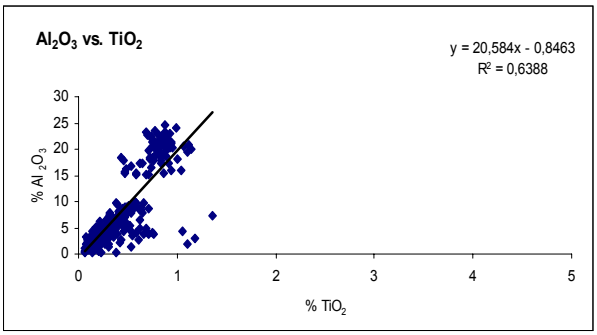


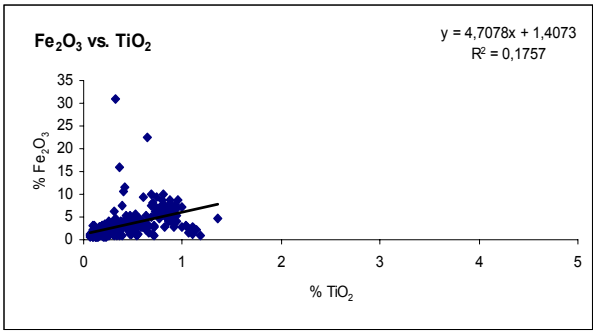


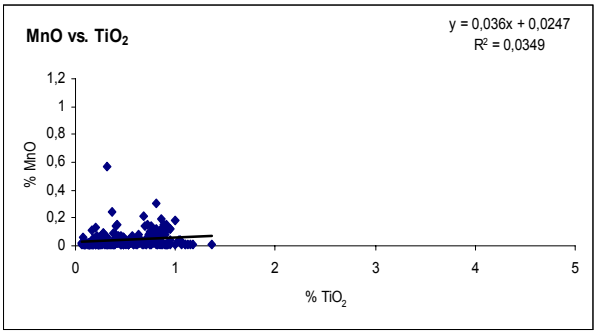
(Continuación)

sección río Orégano

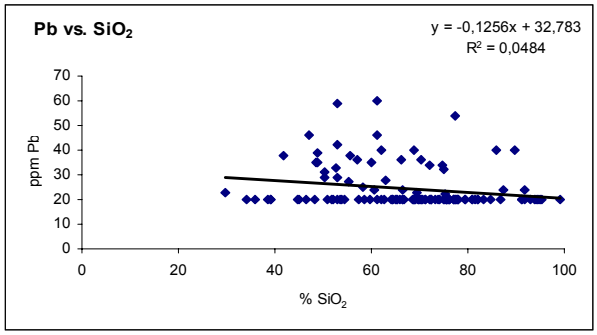


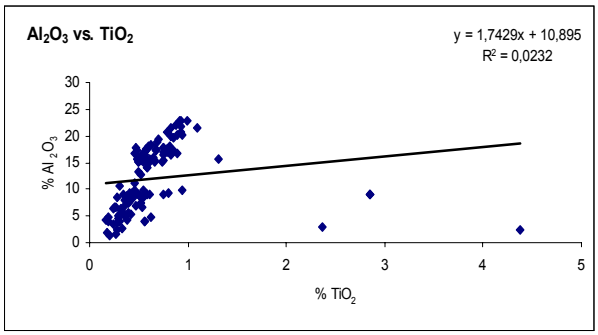


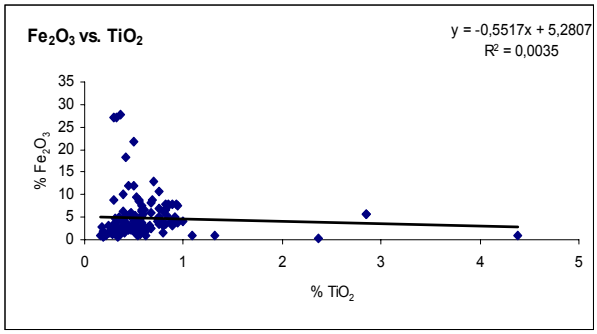


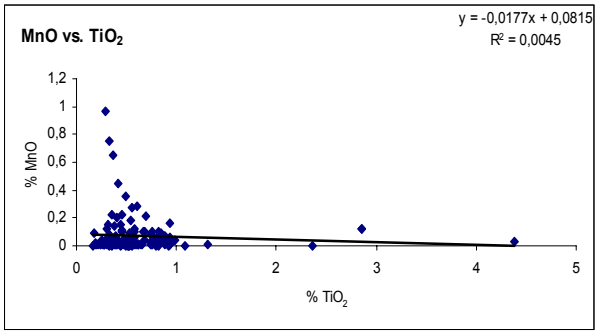


sección tipo



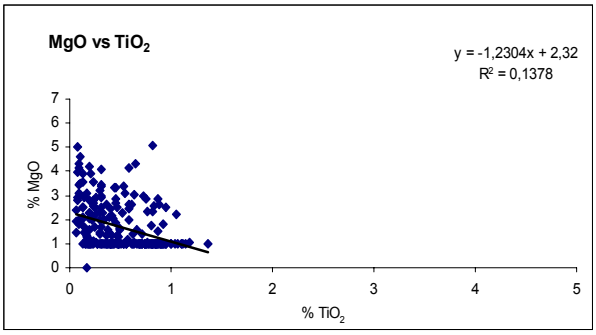


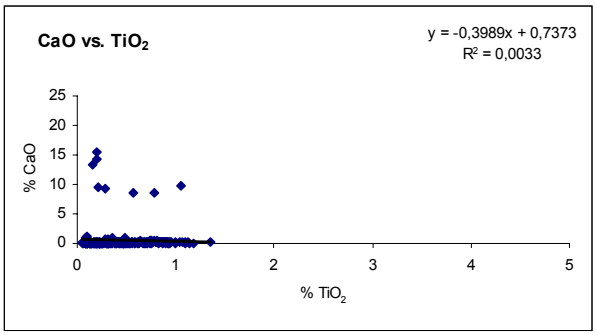


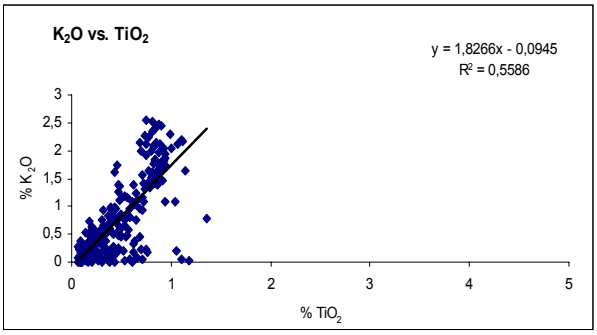


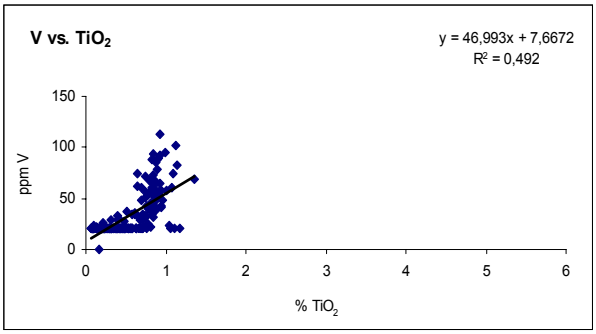
(Continuación)

sección río Orégano

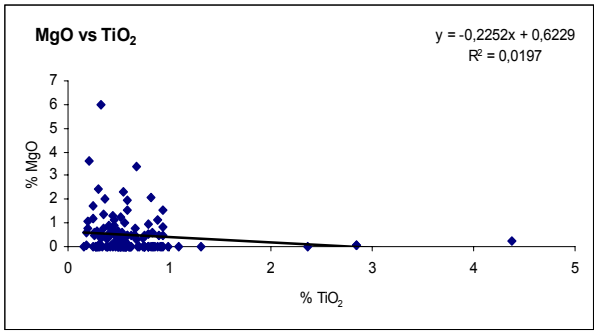


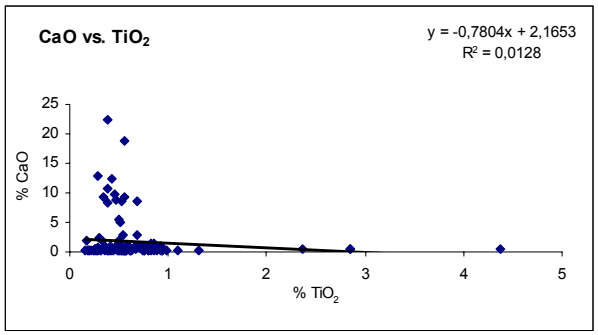


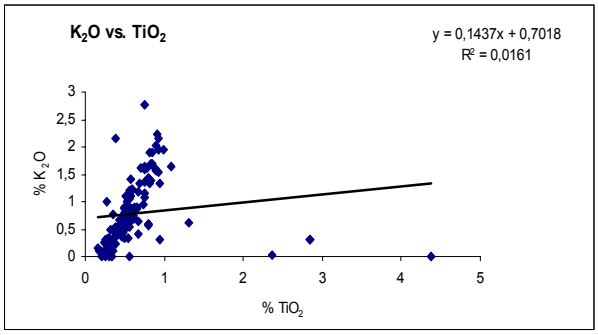


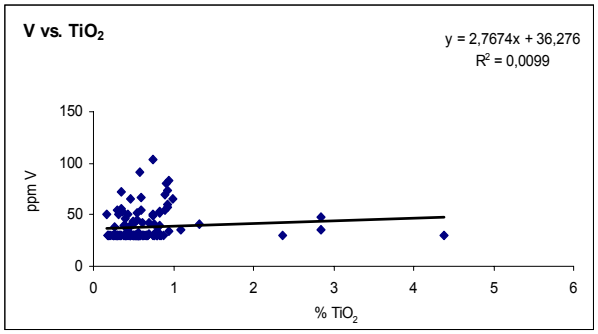


sección tipo



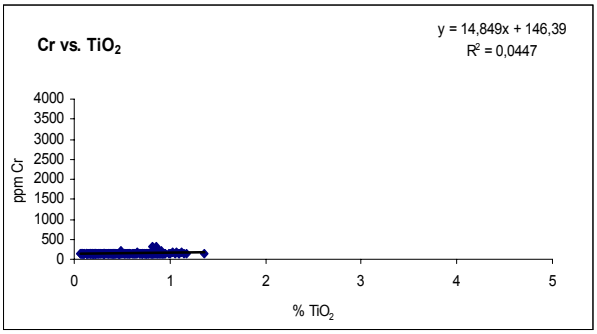


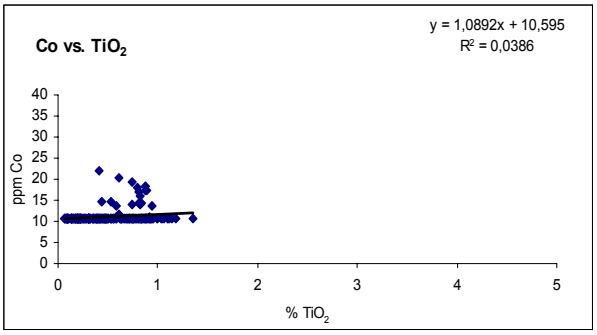


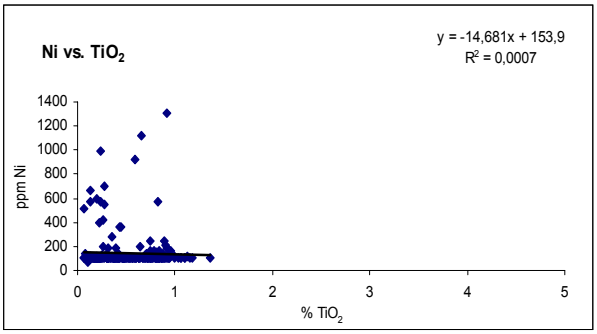


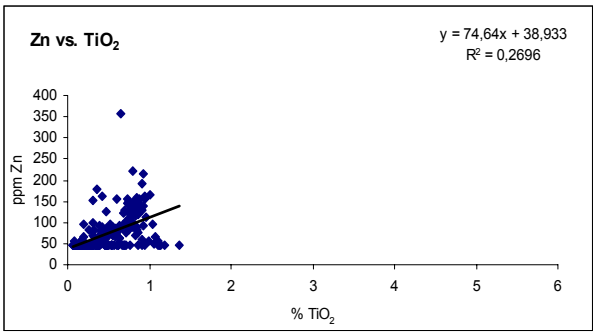
(Continuación)

sección río Orégano

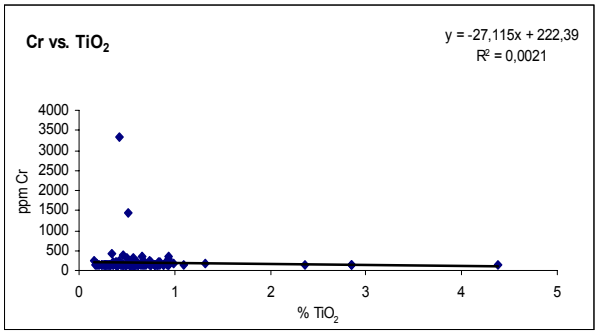


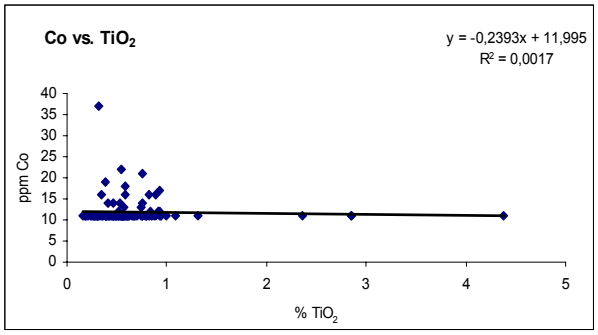


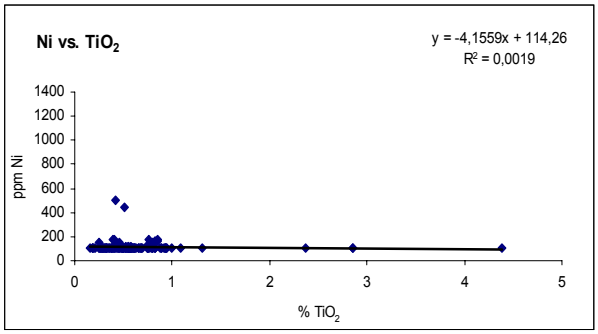


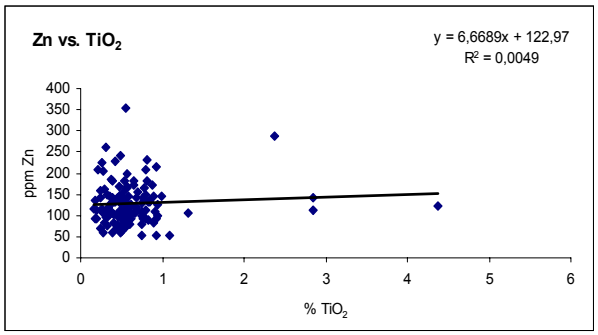


sección tipo



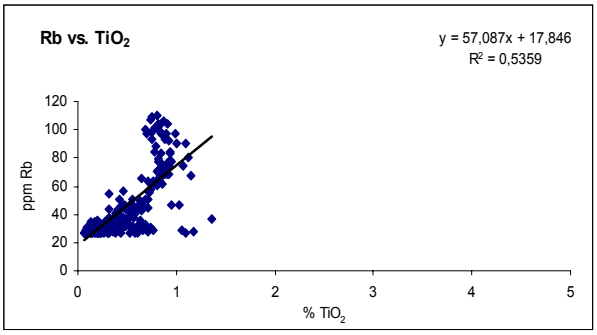


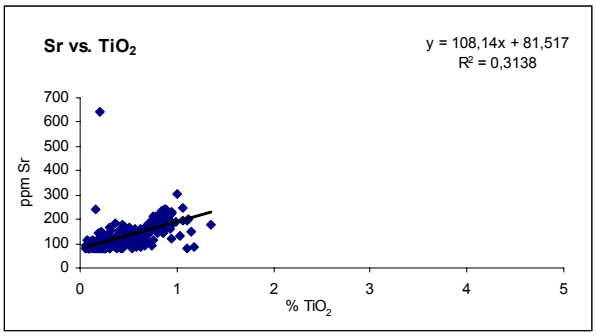


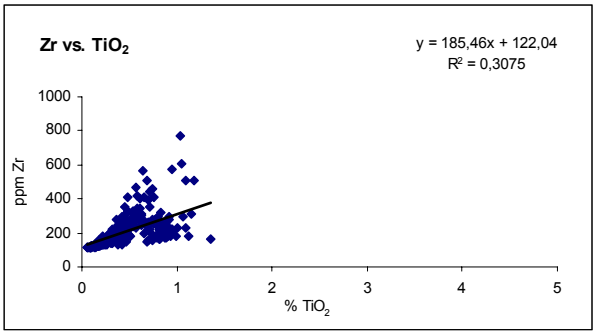


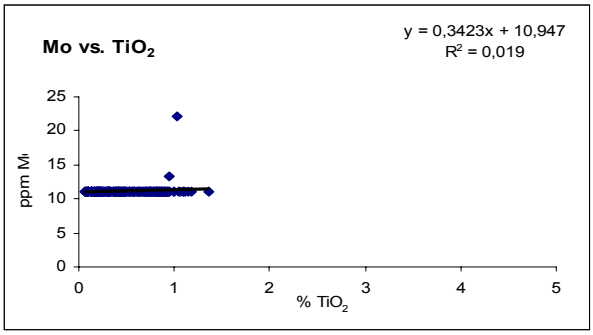
(Continuación)

sección río Orégano

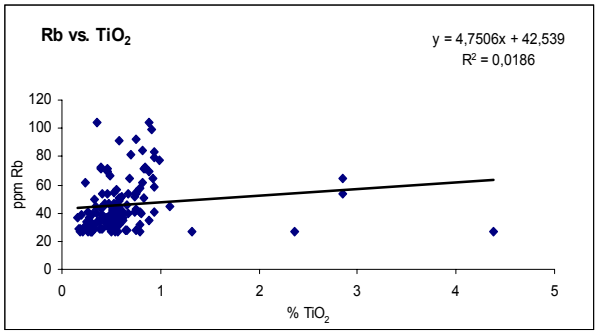


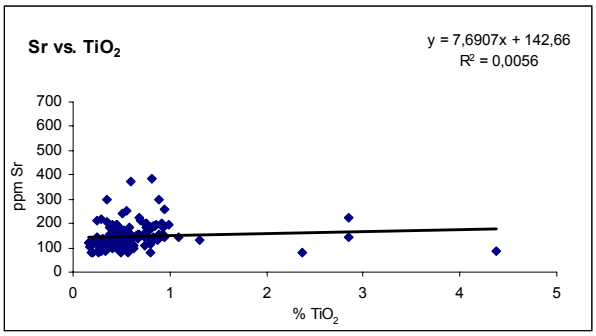


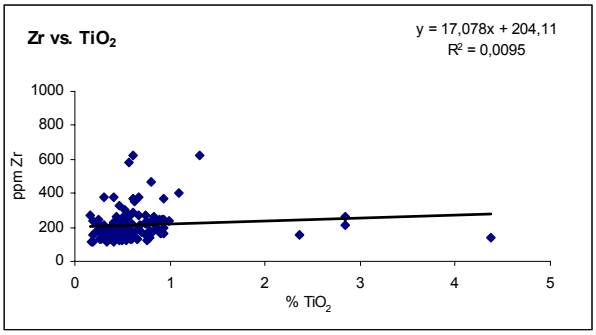


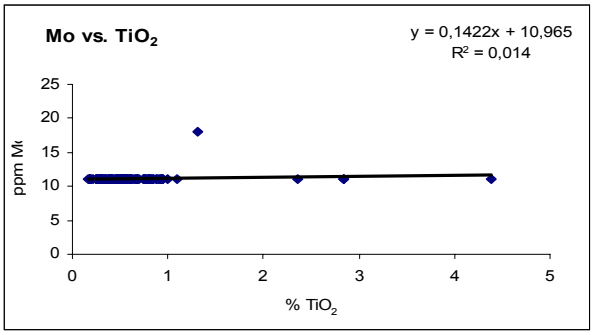


sección tipo



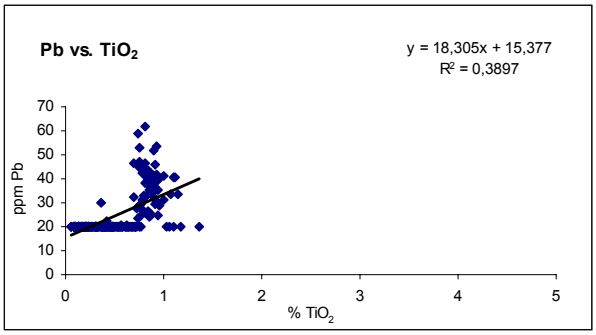


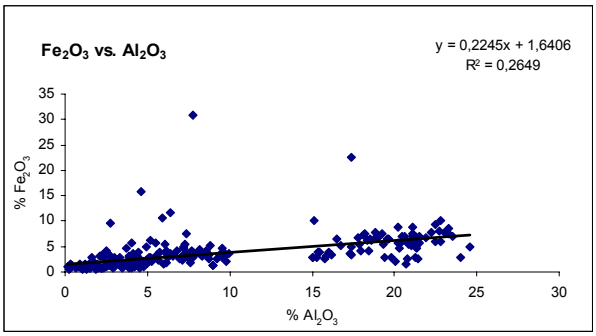


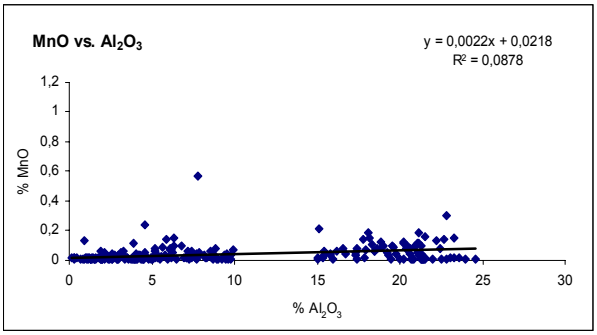


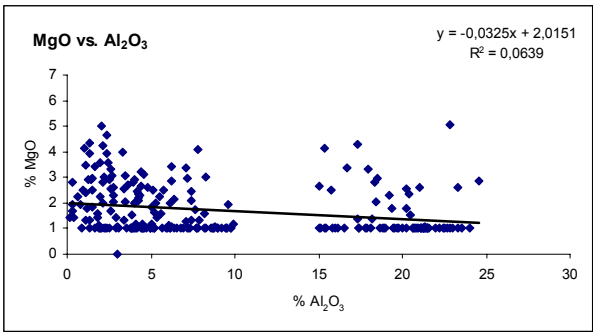
(Continuación)

sección río Orégano

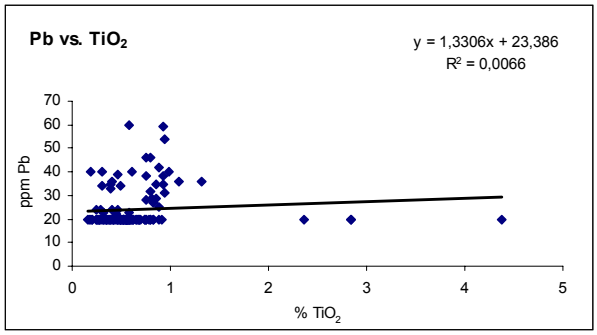


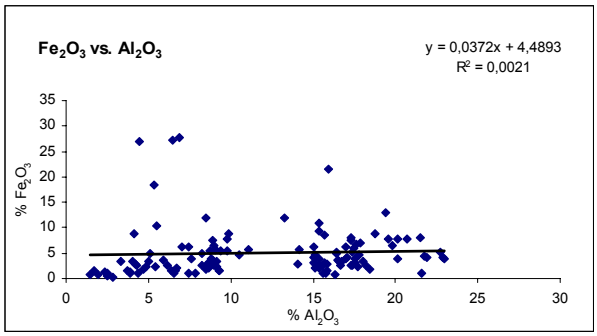


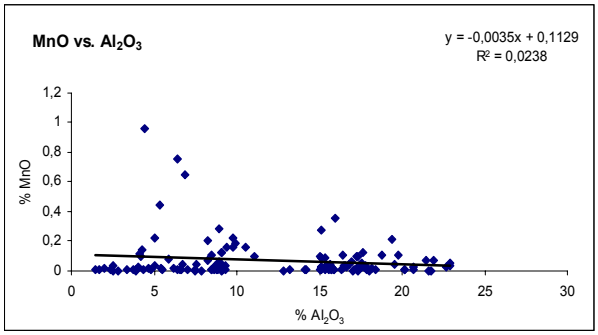


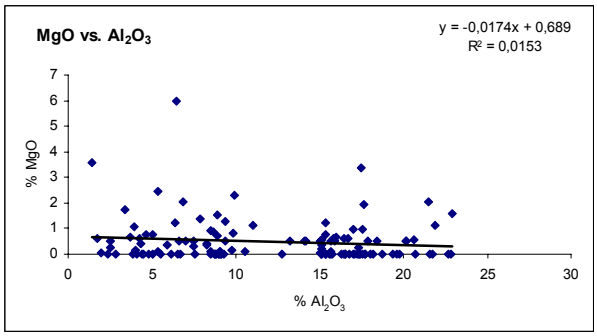


sección tipo



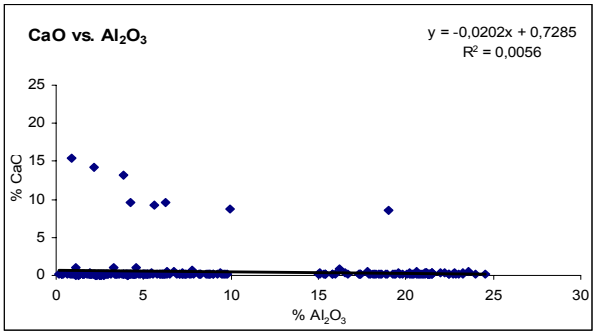


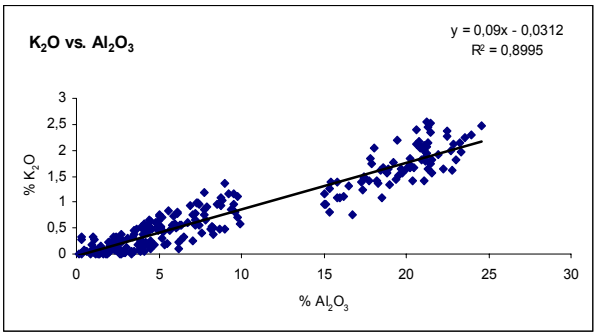


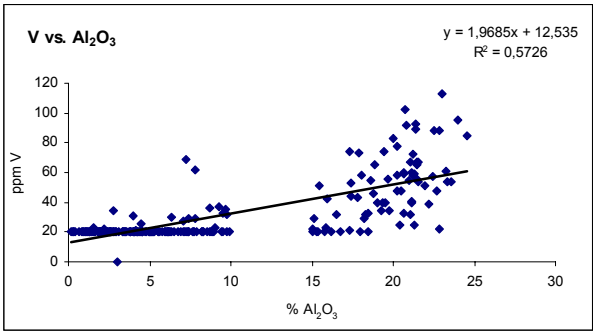


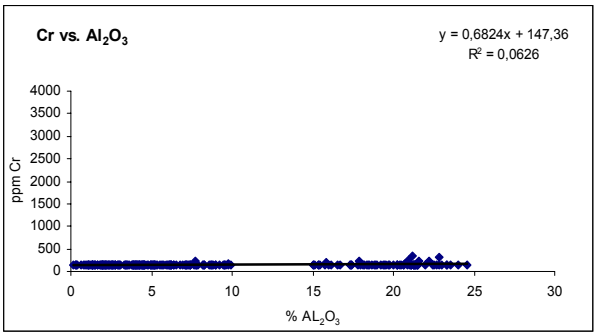
(Continuación)

sección río Orégano

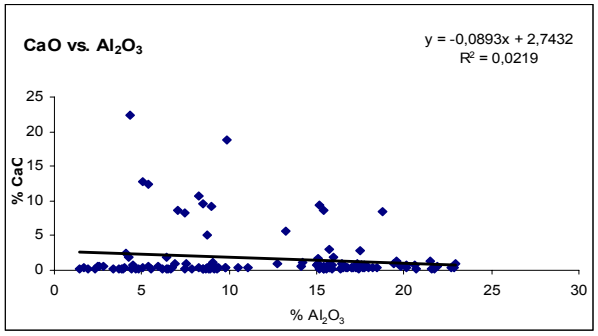


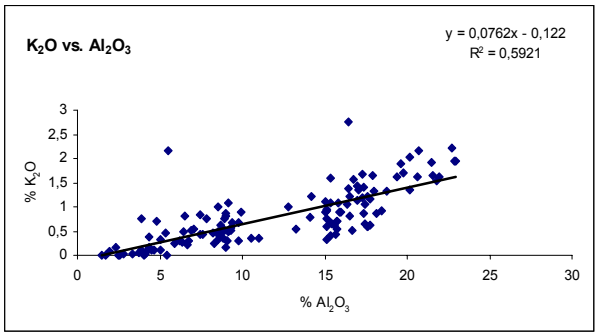


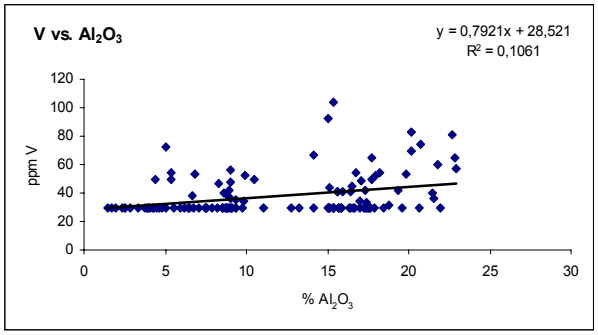


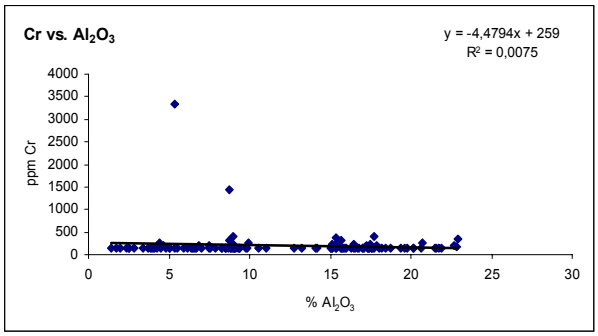


sección tipo



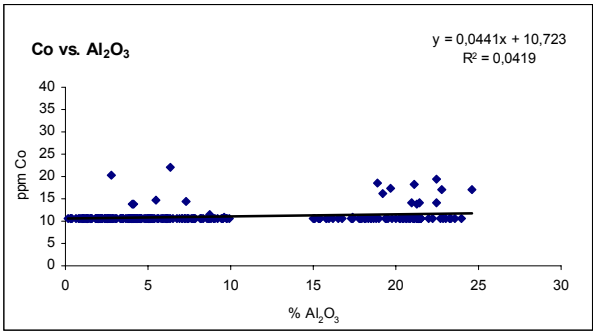


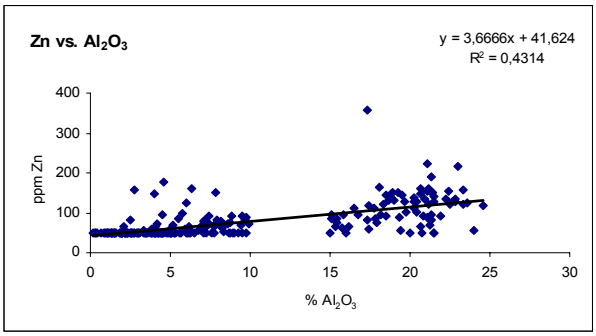


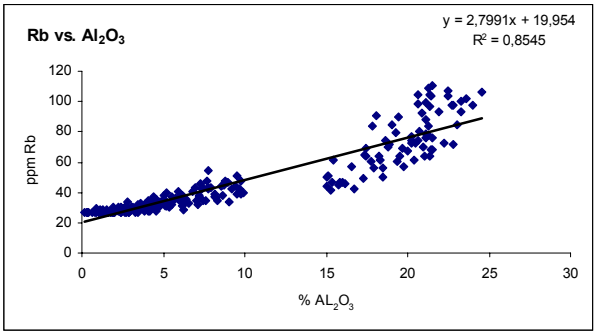


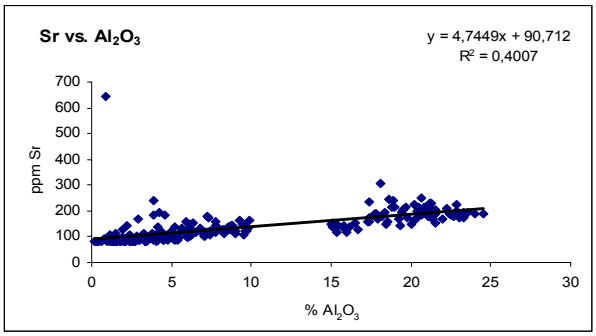
(Continuación)

sección río Orégano

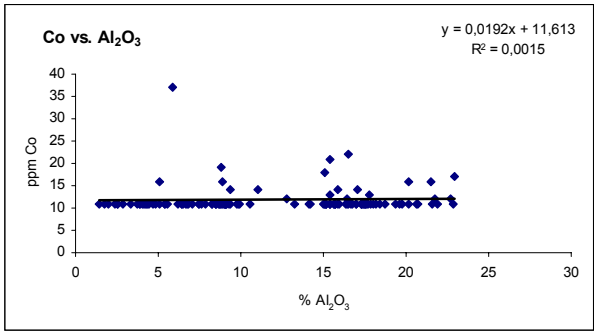


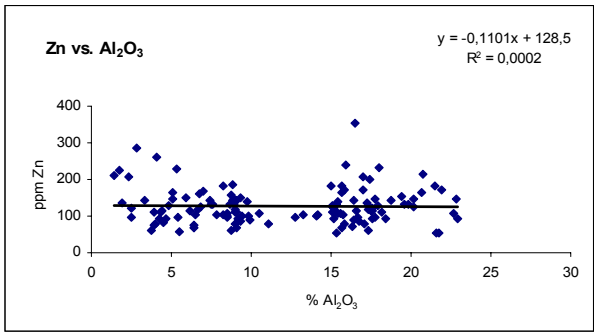


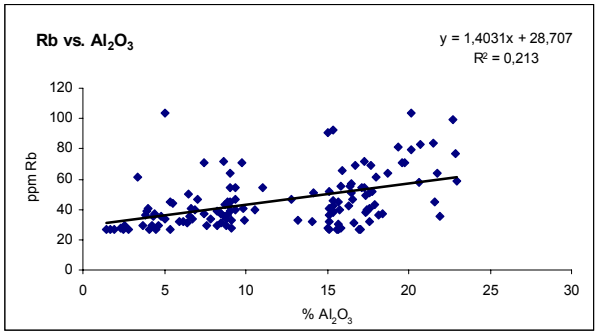


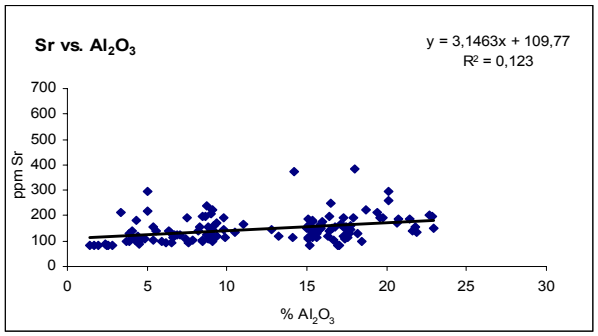


sección tipo



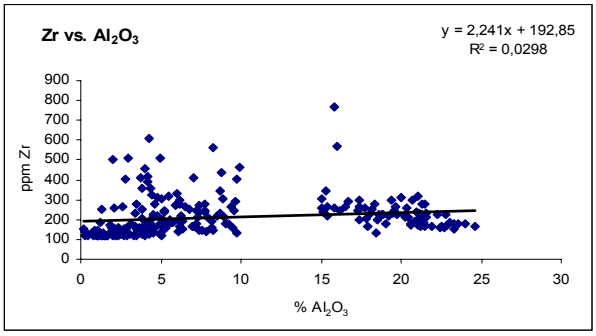


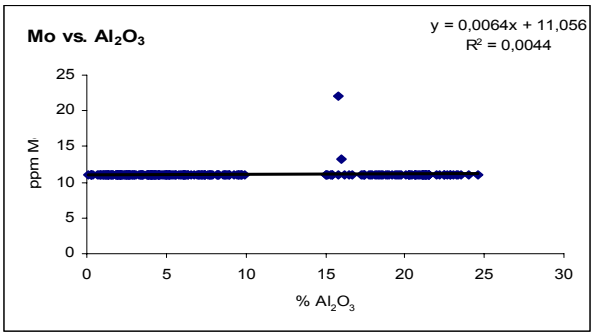


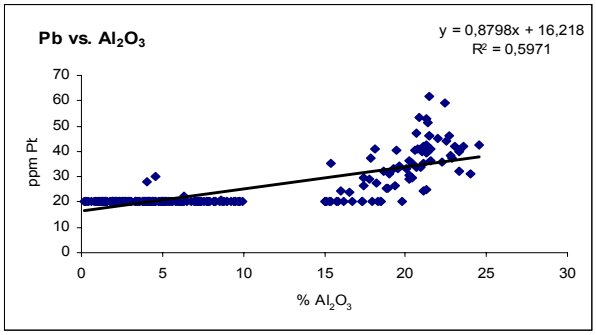


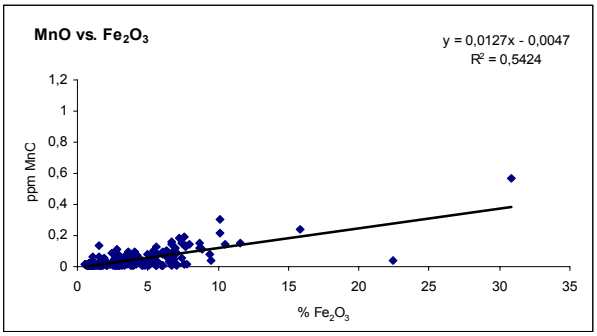
(Continuación)

sección río Orégano

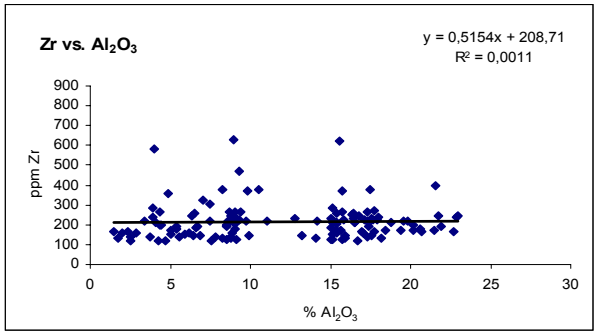


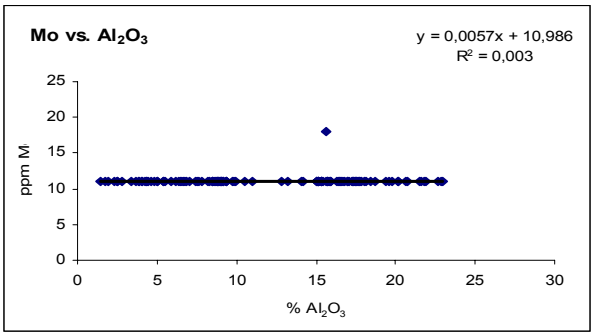


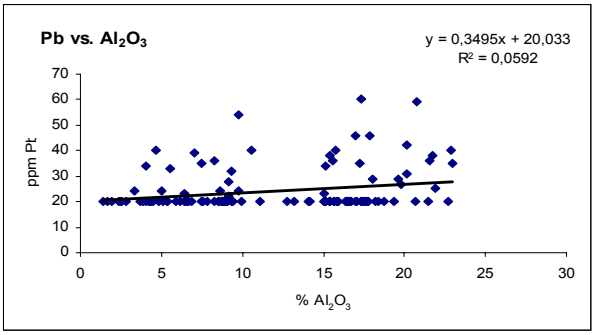


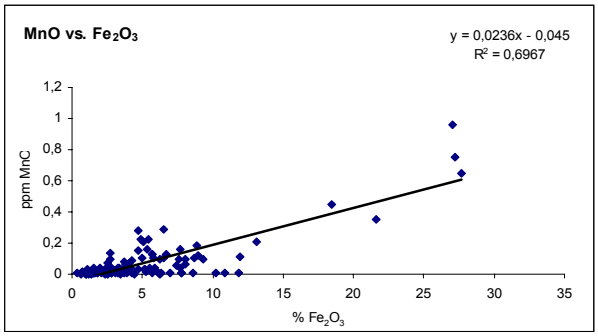


sección tipo



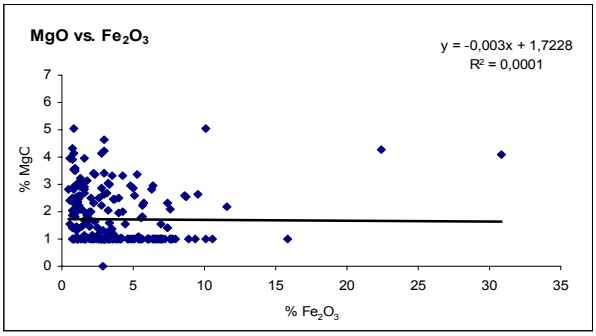


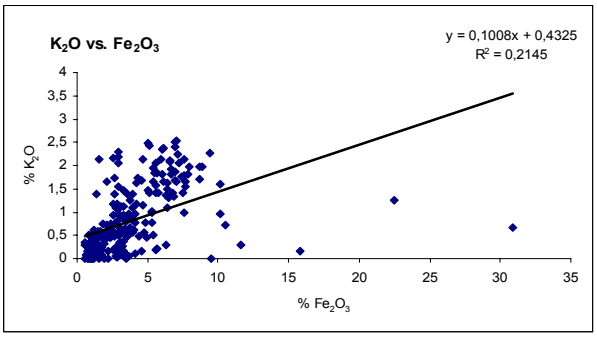


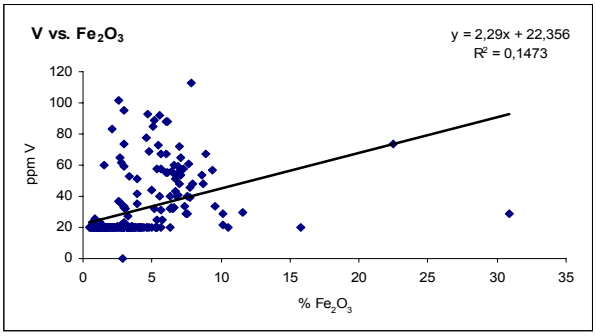


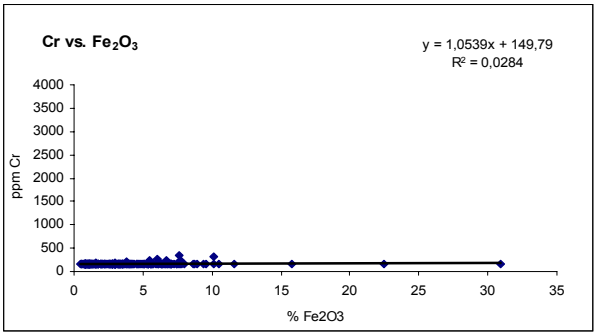
(Continuación)

sección río Orégano

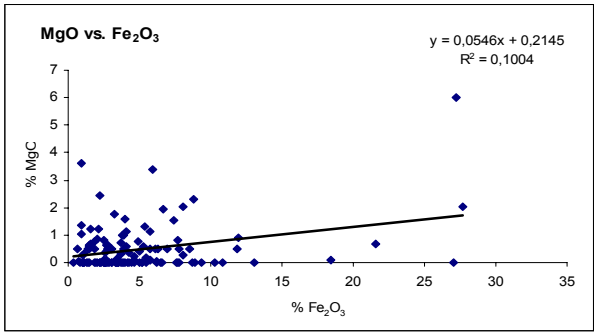


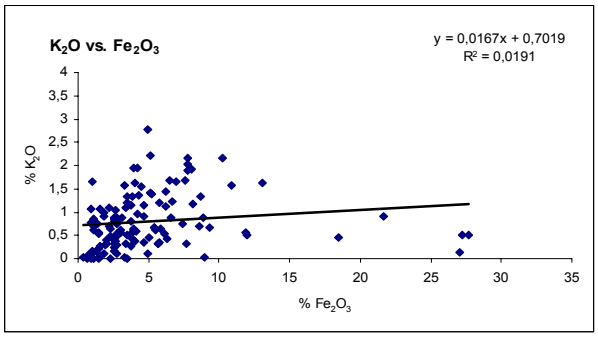


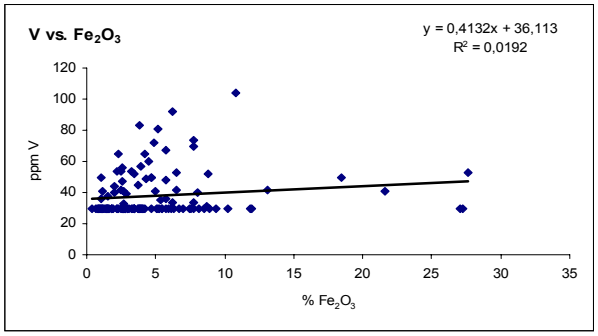


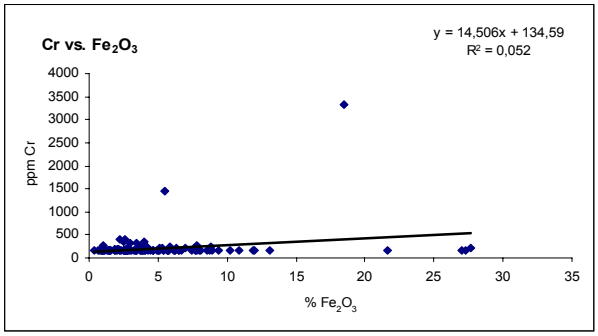


sección tipo



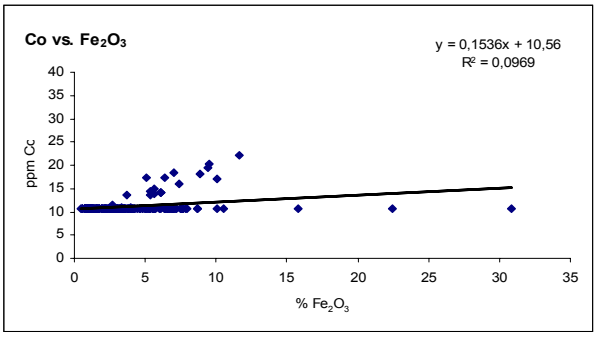


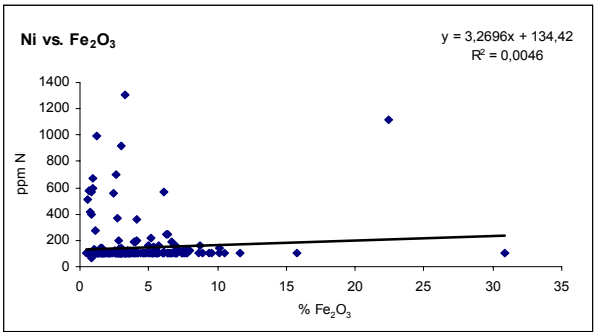


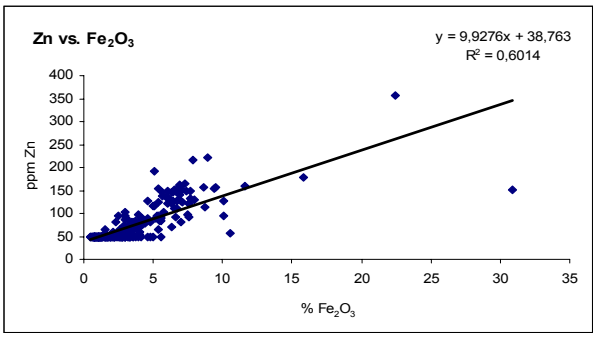


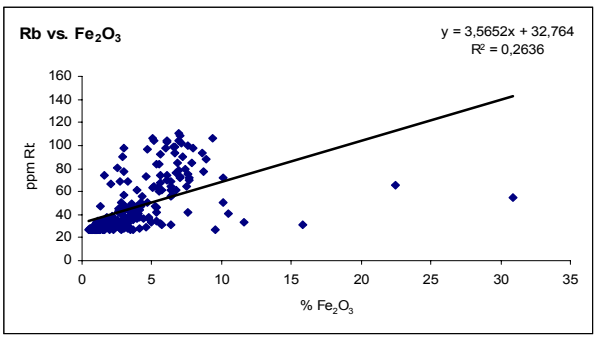
(Continuación)

sección río Orégano

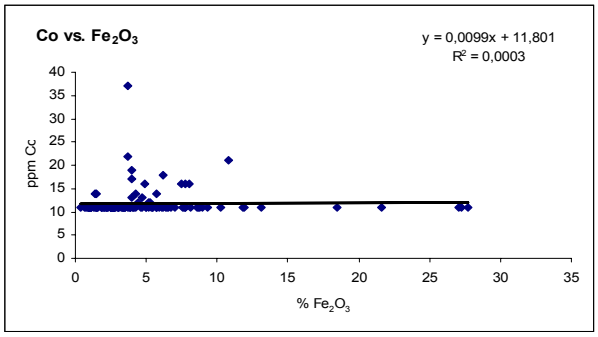


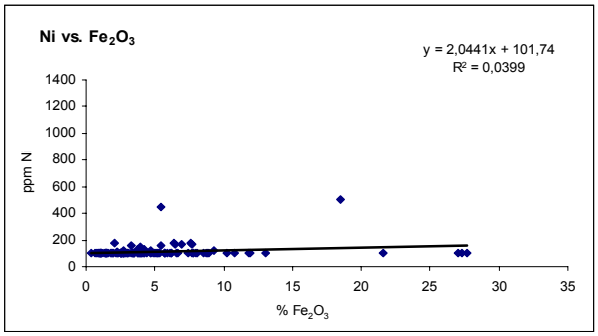


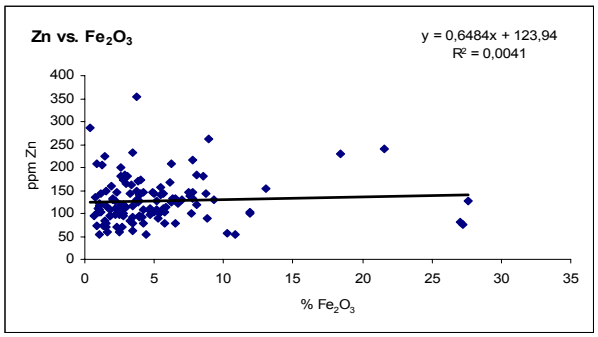


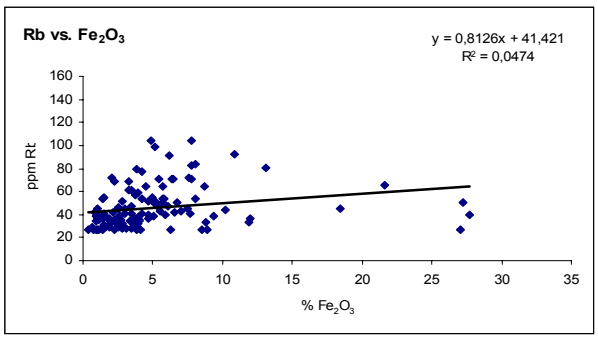


sección tipo



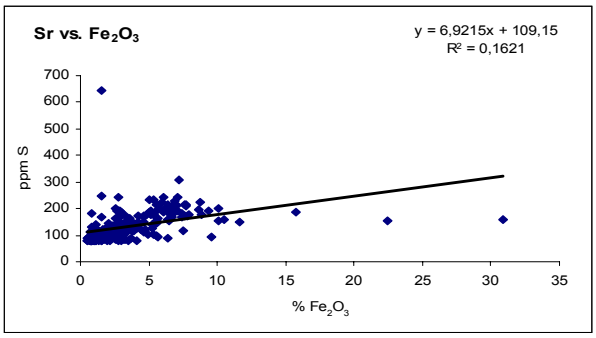


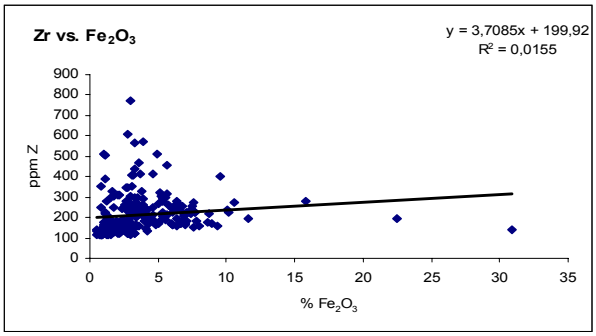


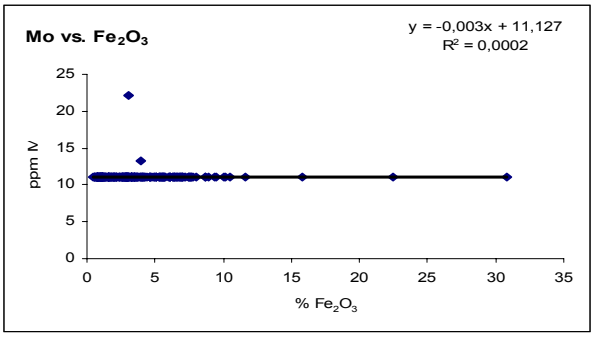


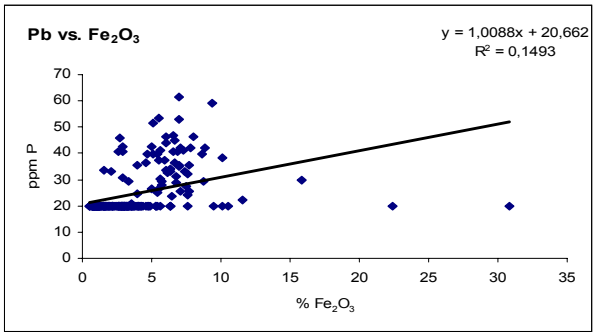
(Continuación)

sección río Orégano

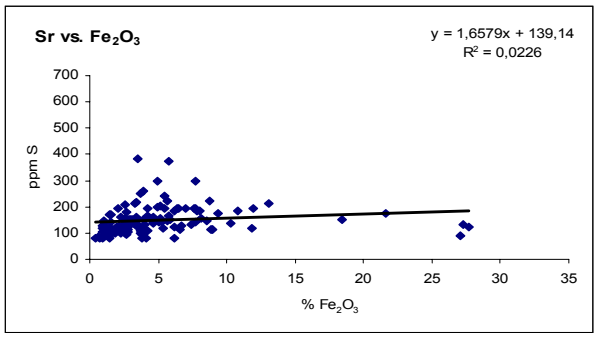


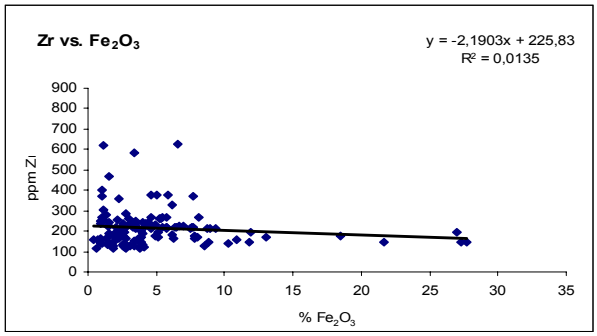


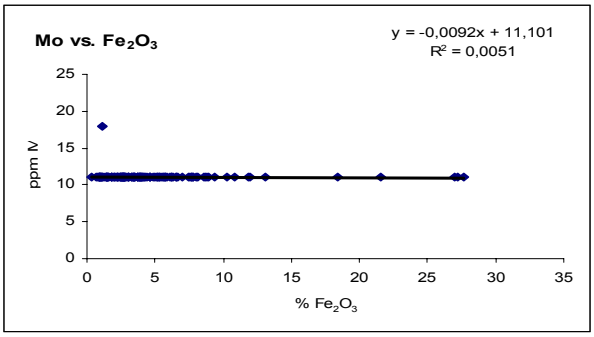


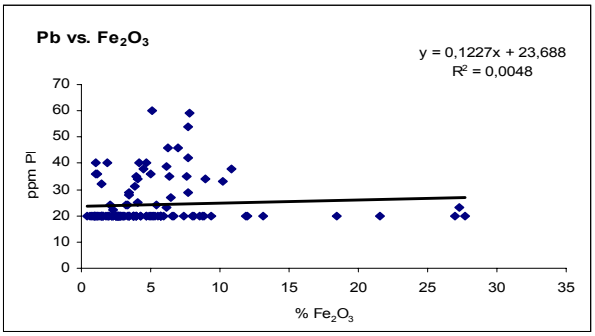


sección tipo



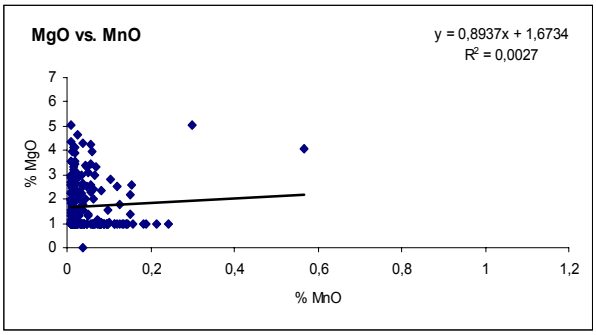


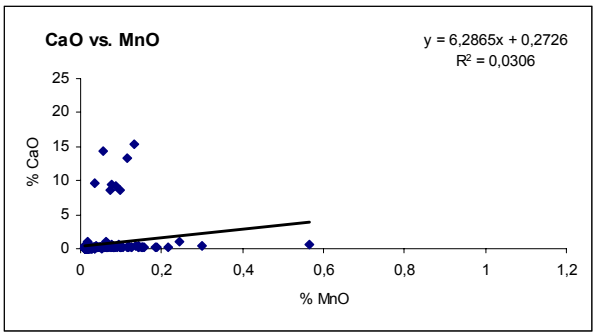


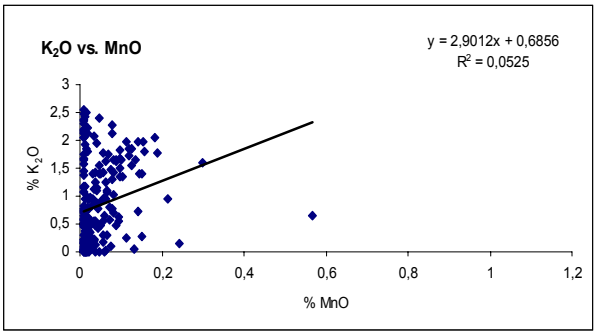


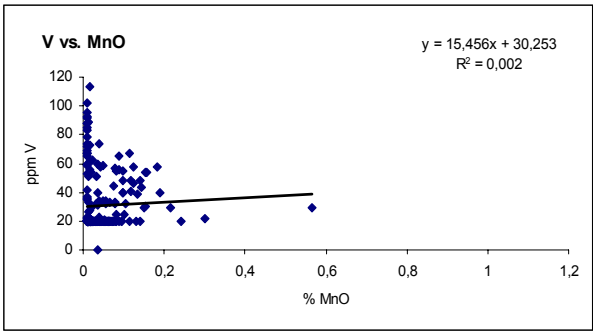
(Continuación)

sección río Orégano

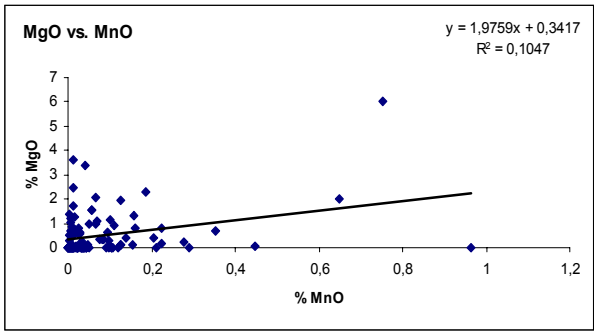


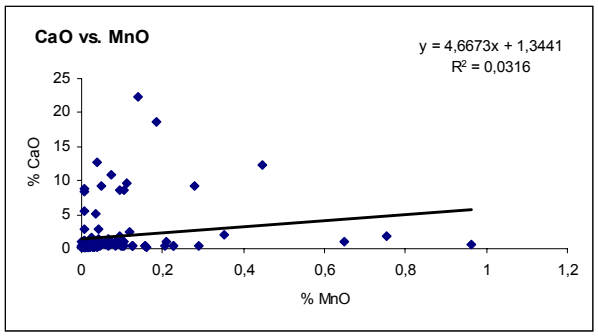


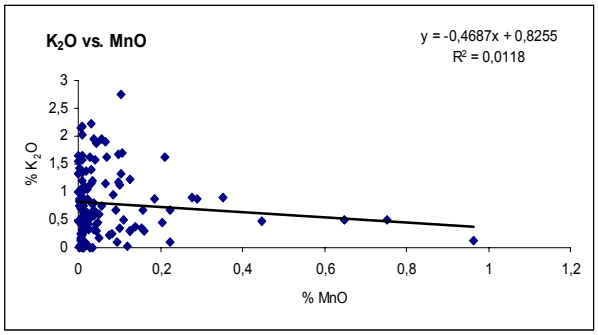


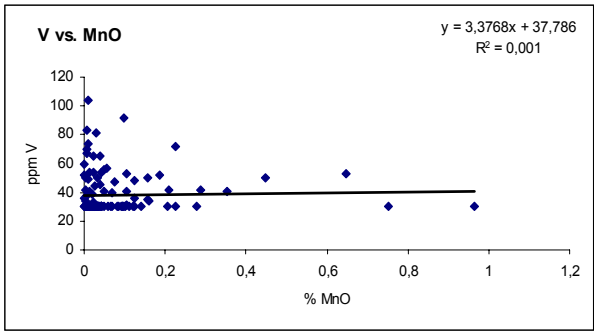


sección tipo



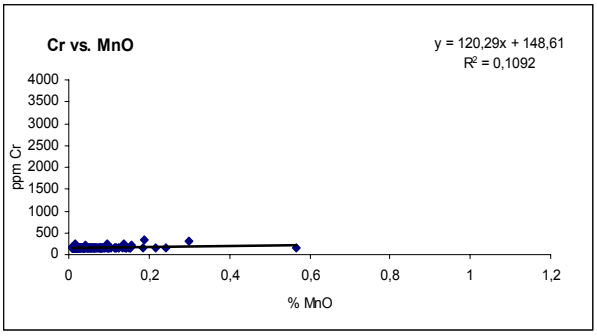


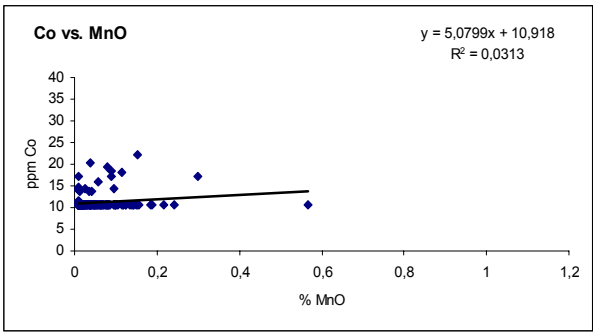


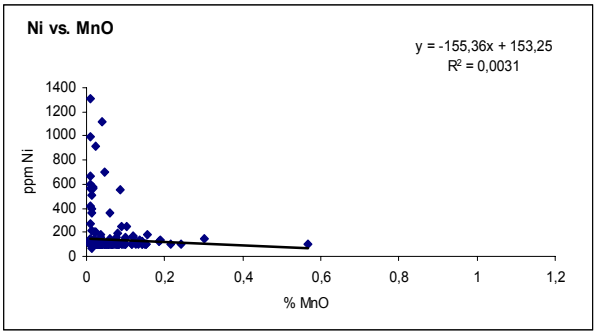


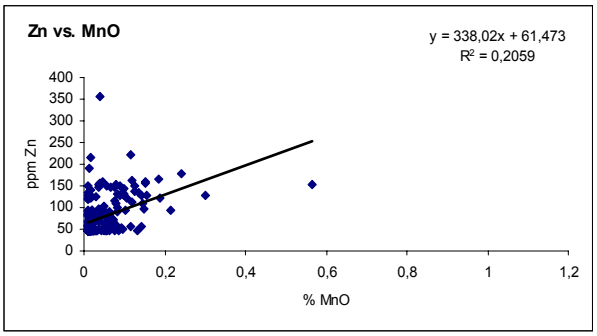
(Continuación)

sección río Orégano

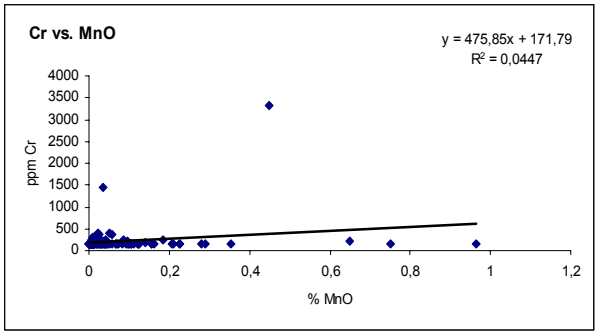


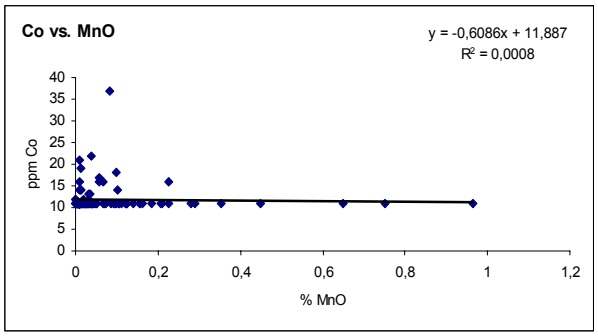


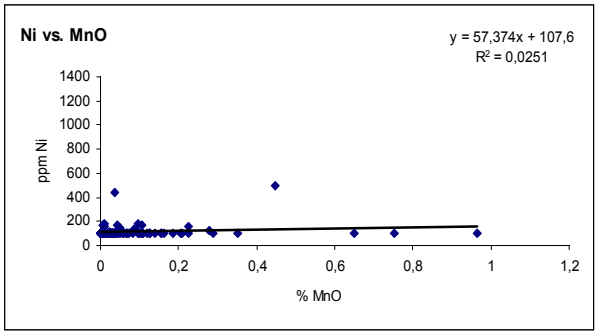


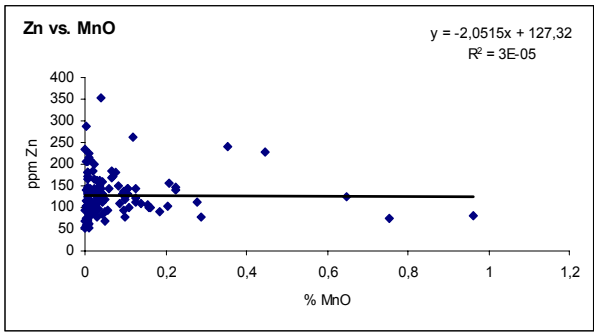


sección tipo



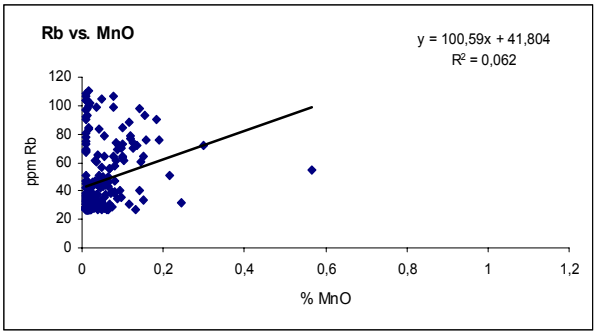


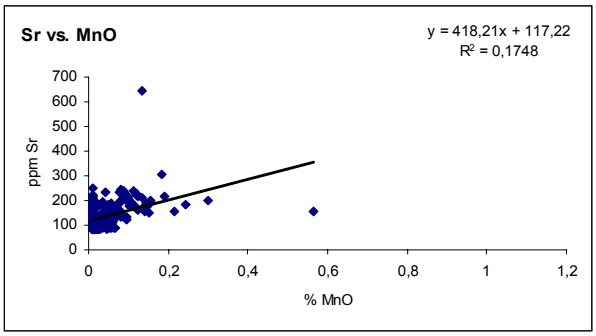


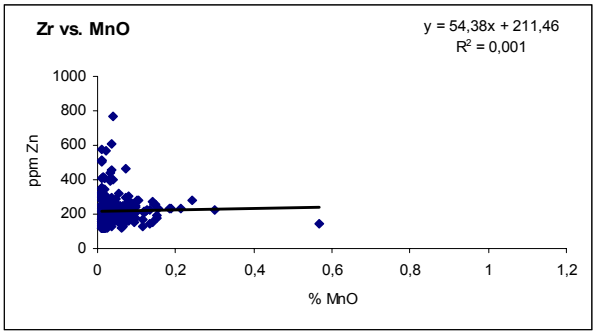


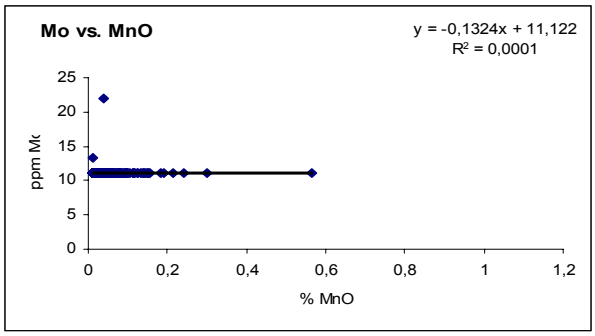
(Continuación)

sección río Orégano

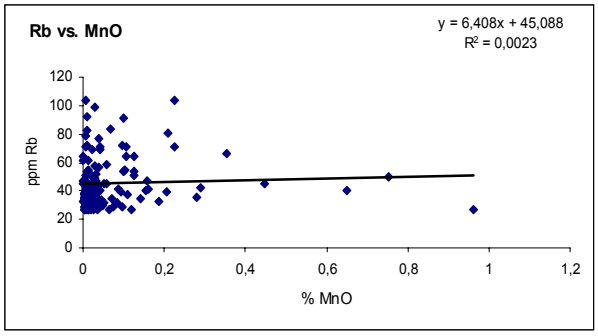


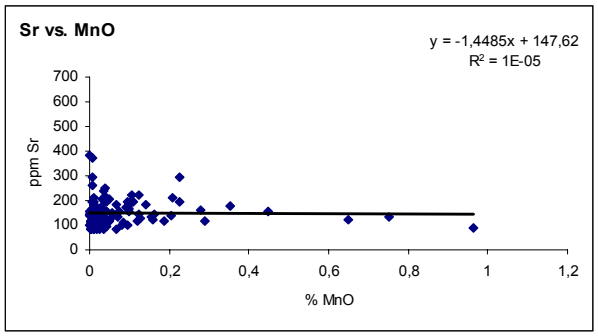


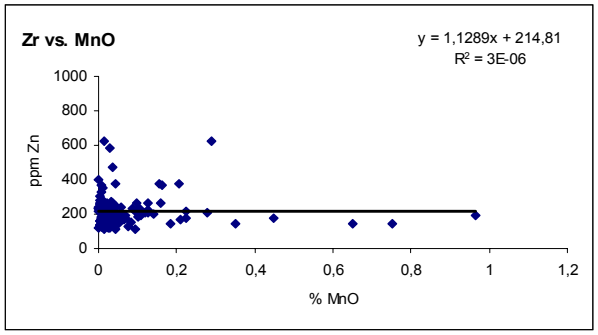


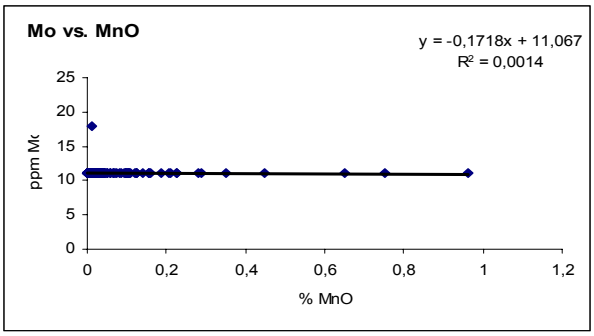


sección tipo



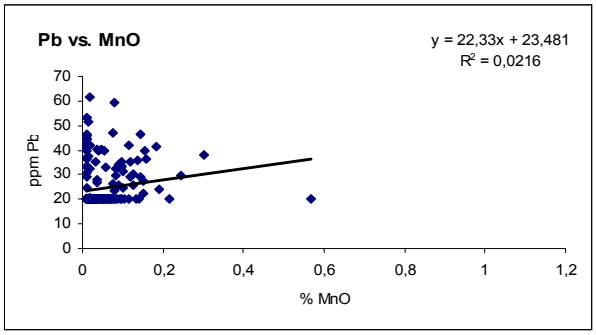


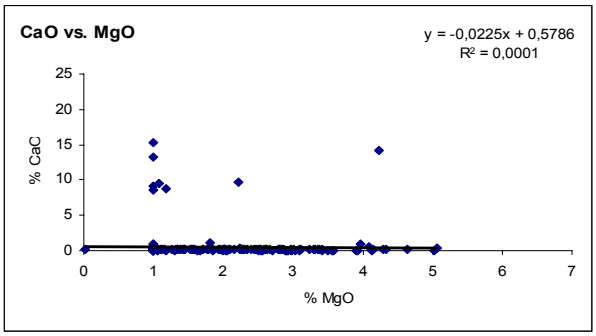


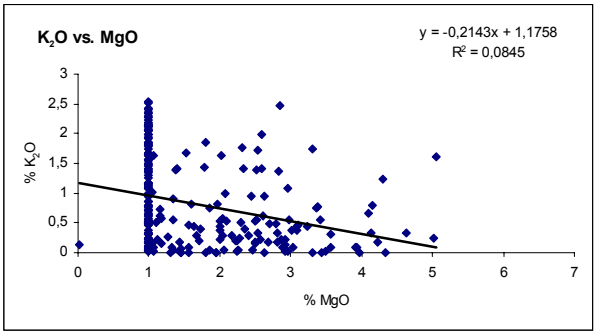


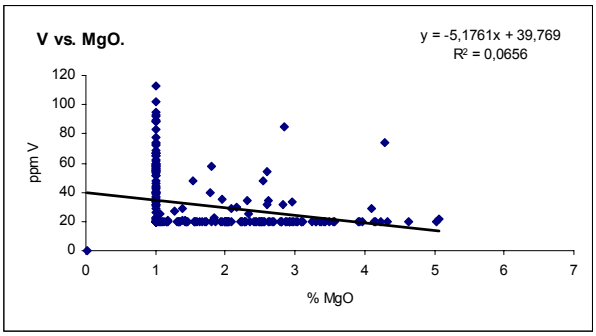
(Continuación)

sección río Orégano

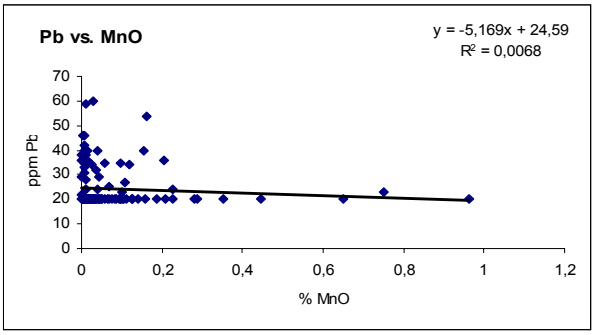


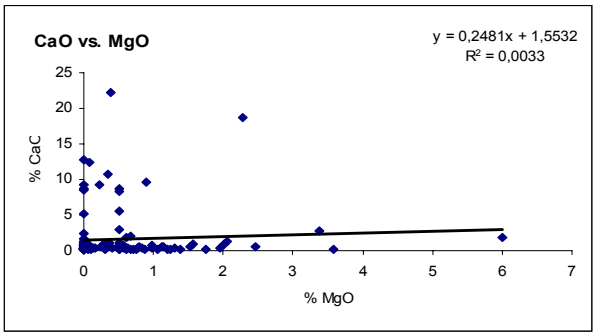


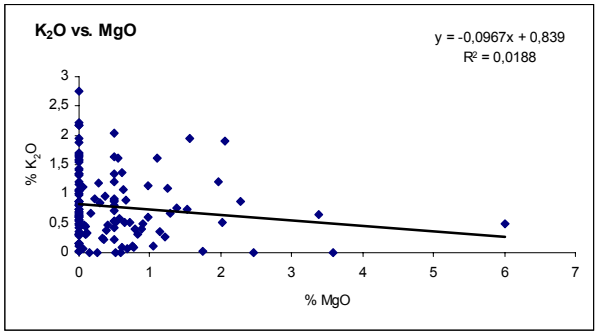


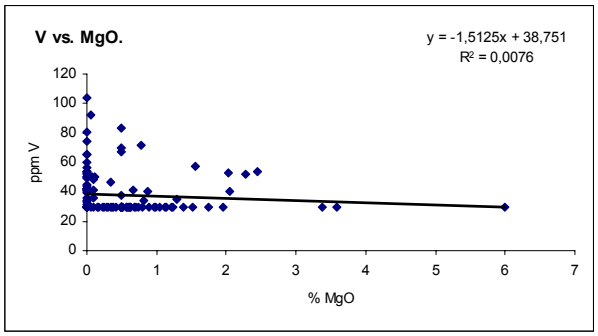


sección tipo



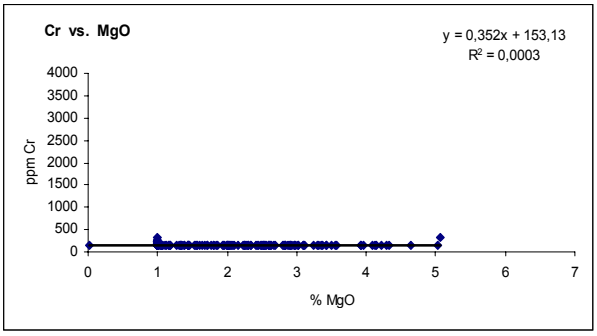


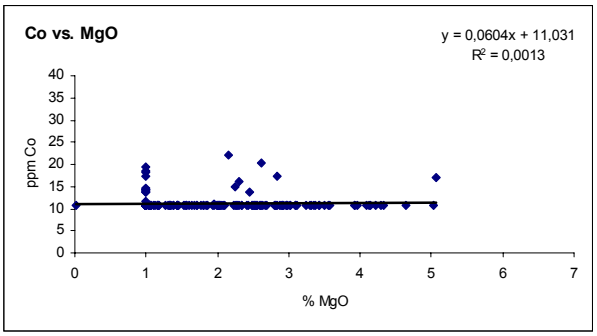


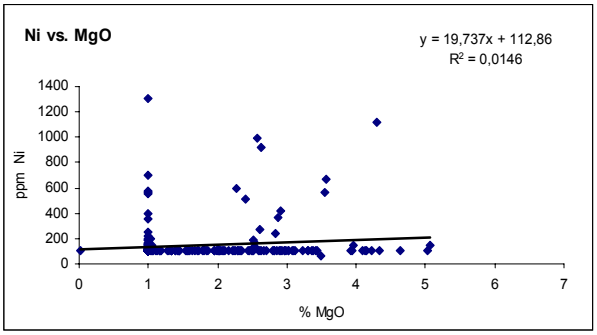


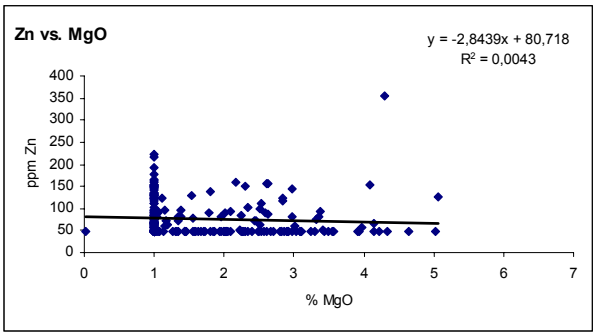
(Continuación)

sección río Orégano

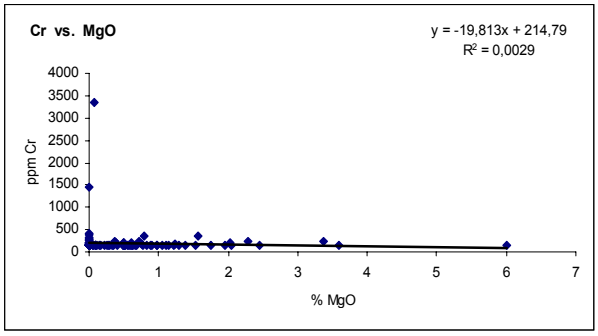


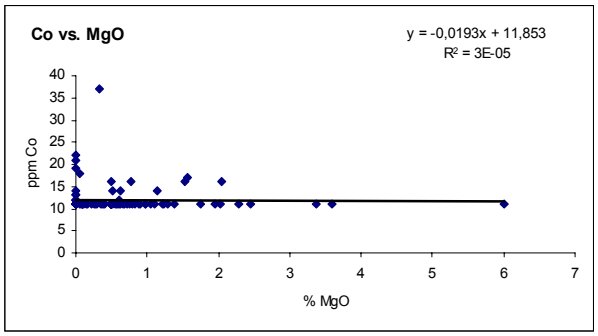


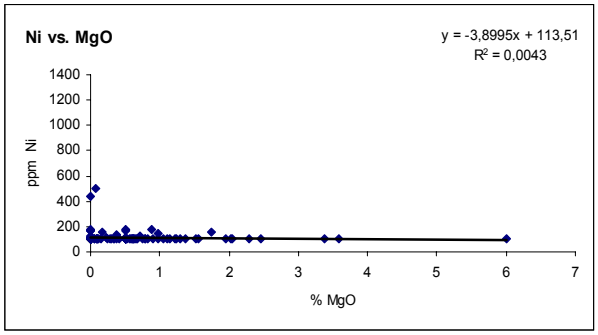


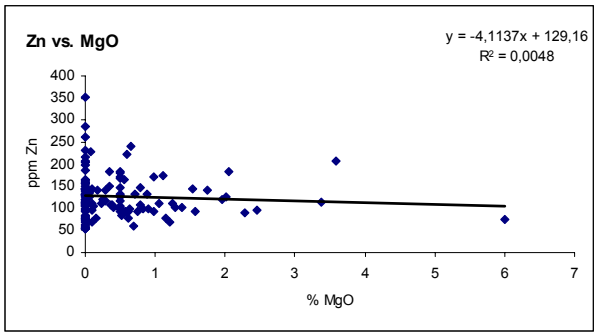


sección tipo



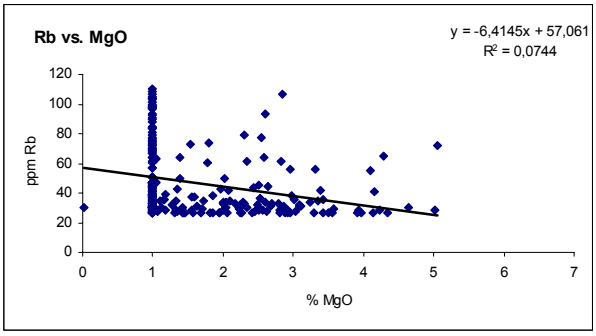


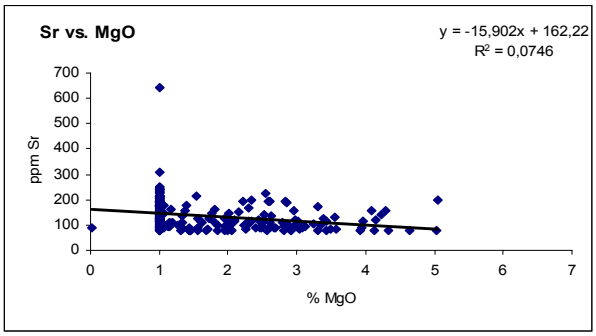


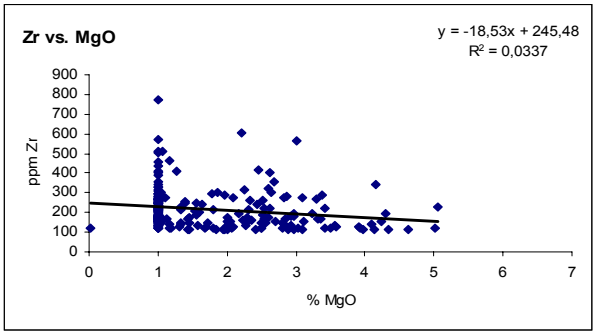


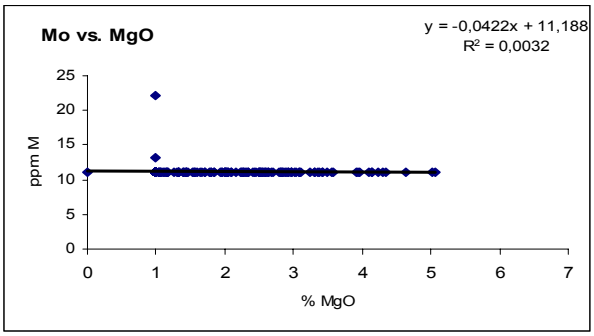
(Continuación)

sección río Orégano

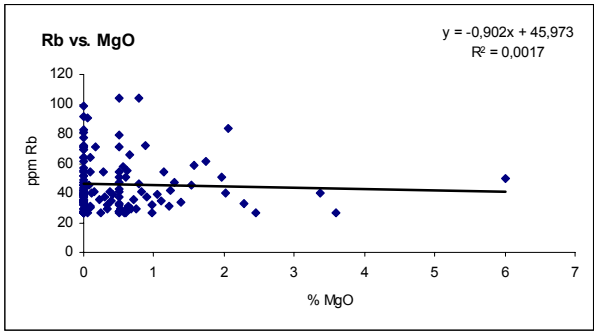


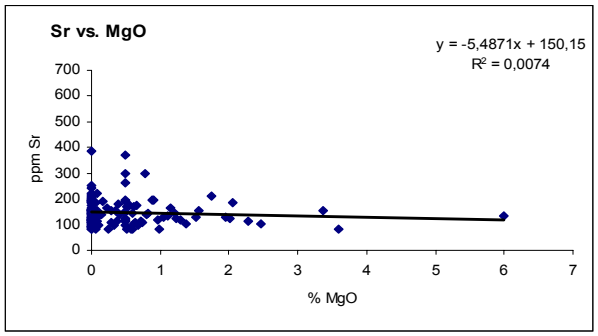


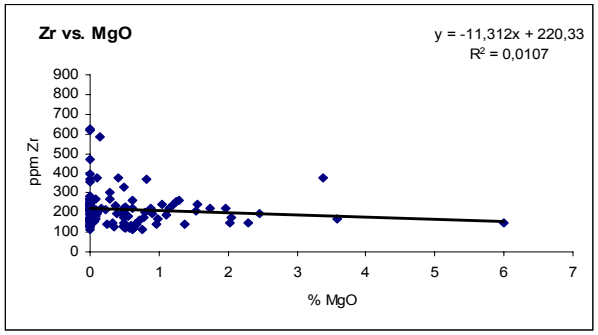


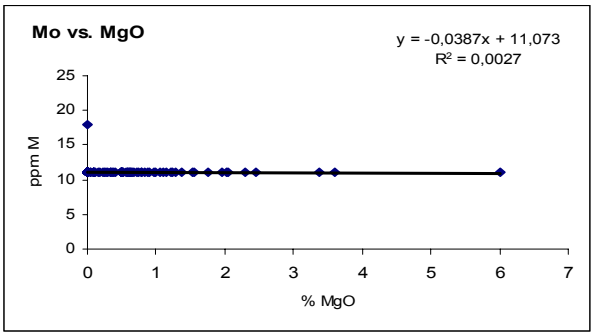


sección tipo



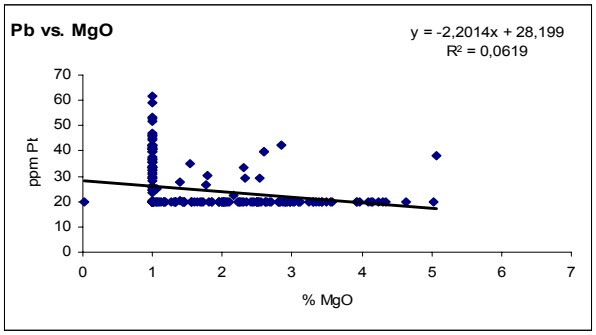


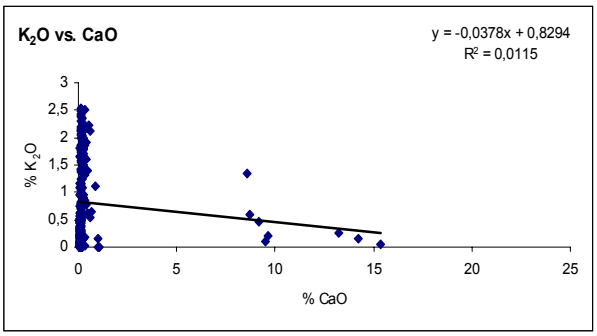


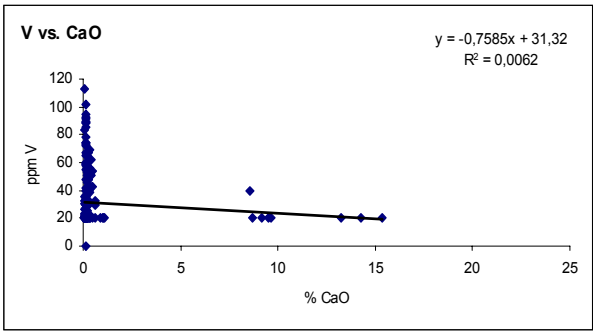


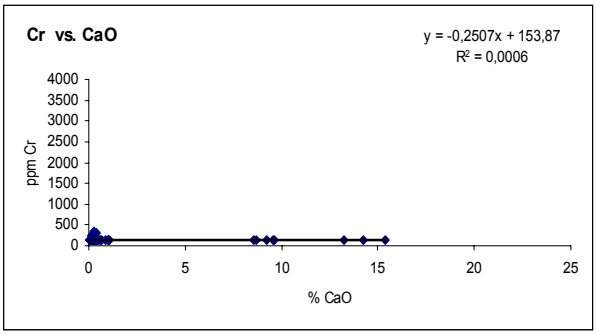
(Continuación)

sección río Orégano

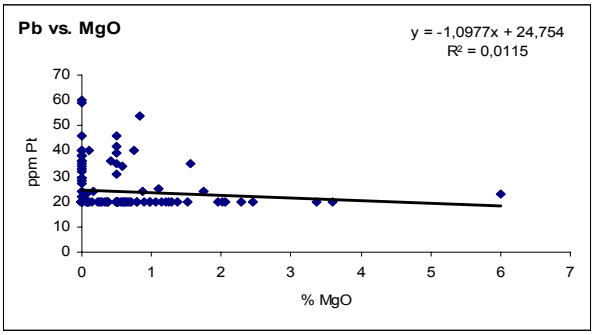


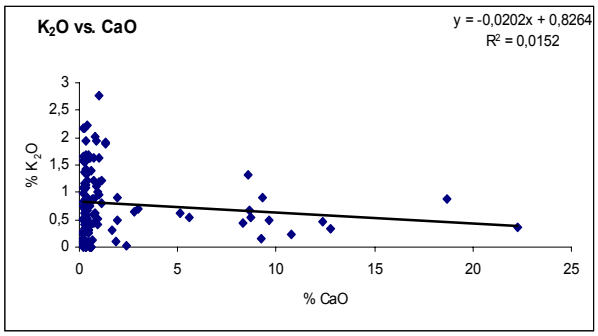


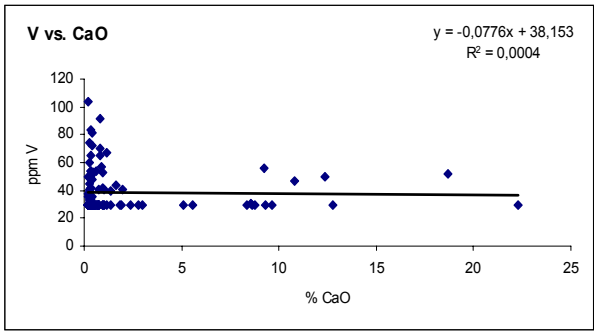


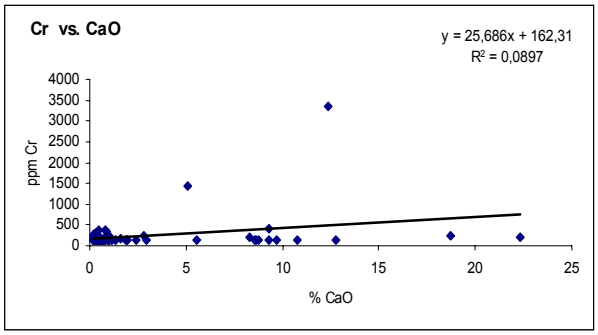


sección tipo



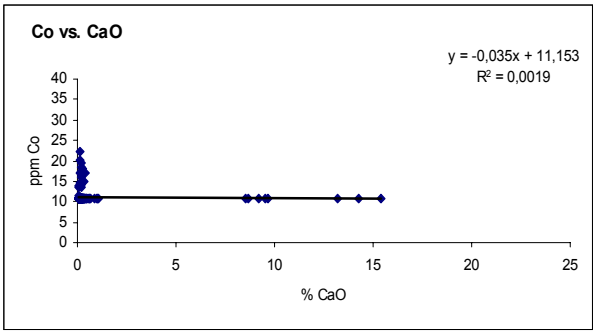


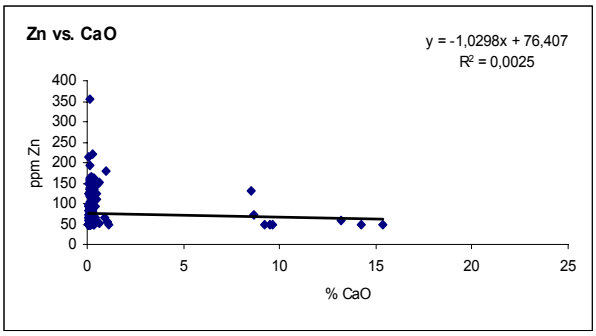


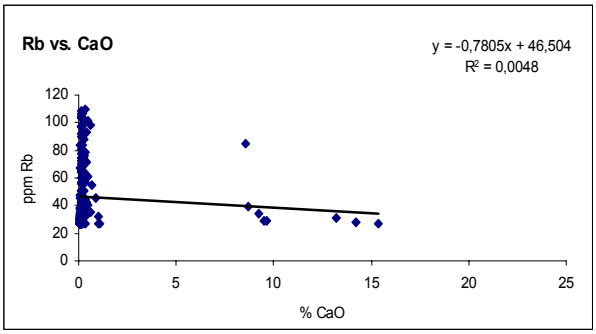


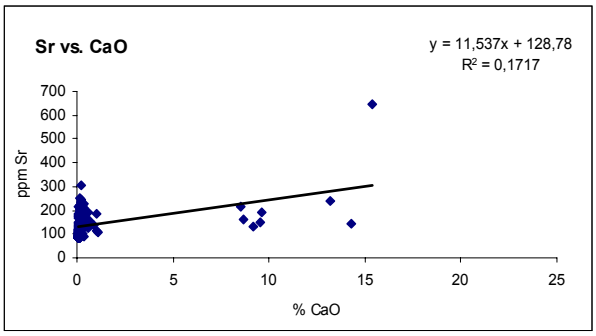
(Continuación)

sección río Orégano

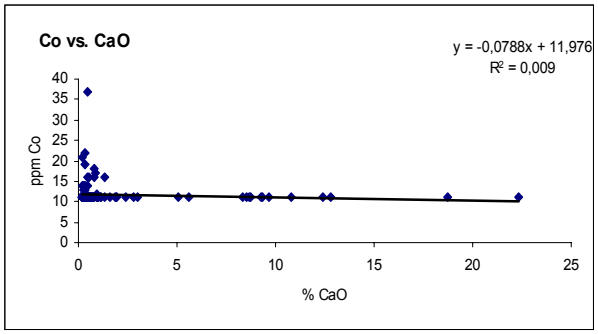


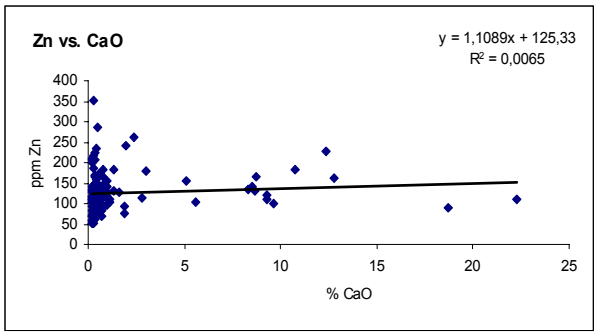


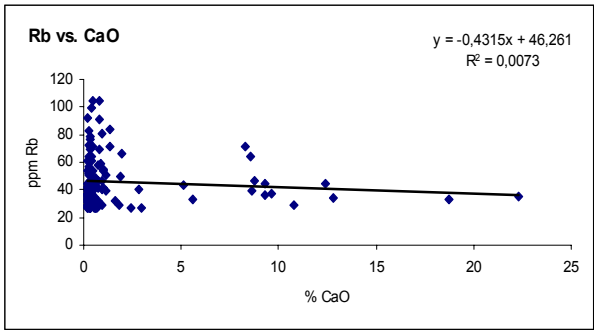


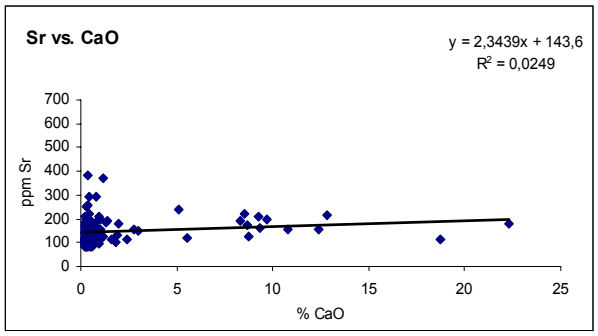


sección tipo



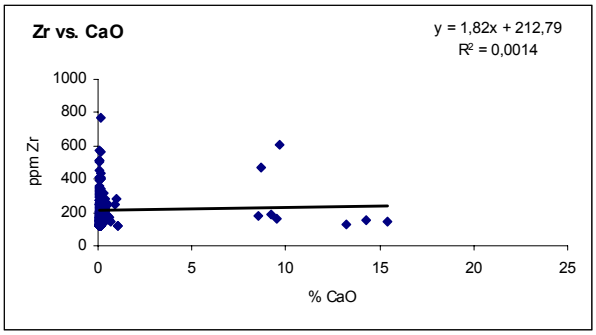


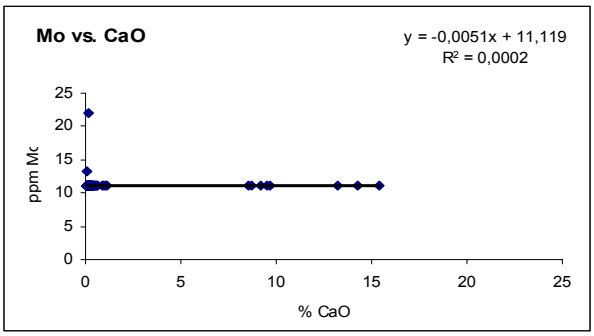


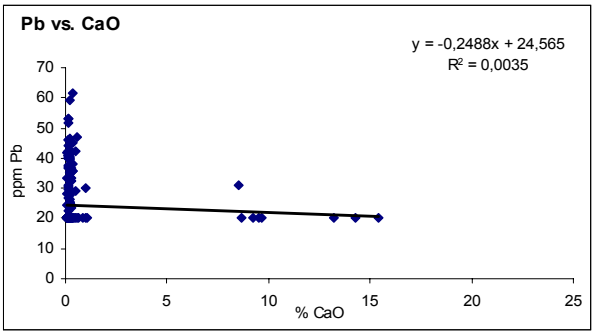


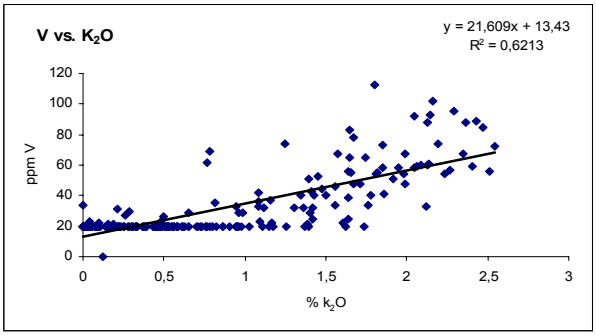
(Continuación)

sección río Orégano

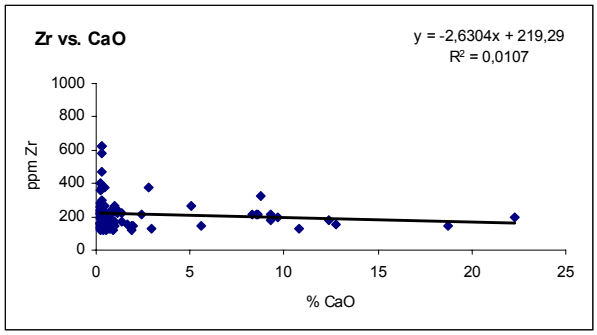


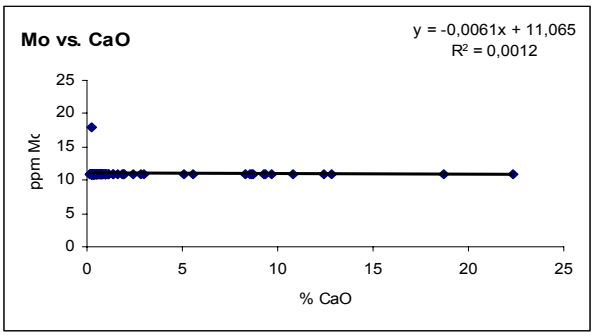


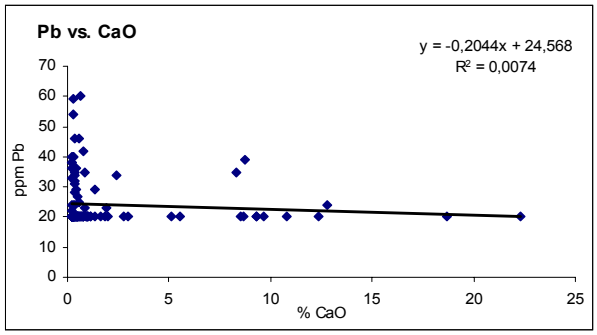


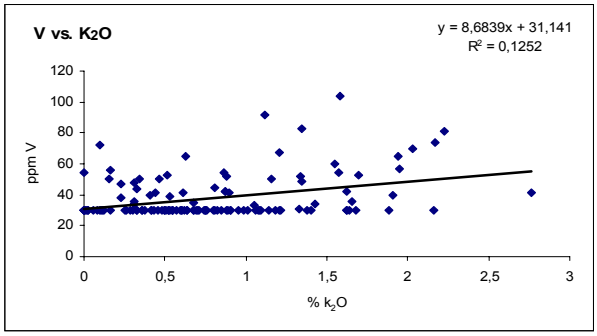


sección tipo



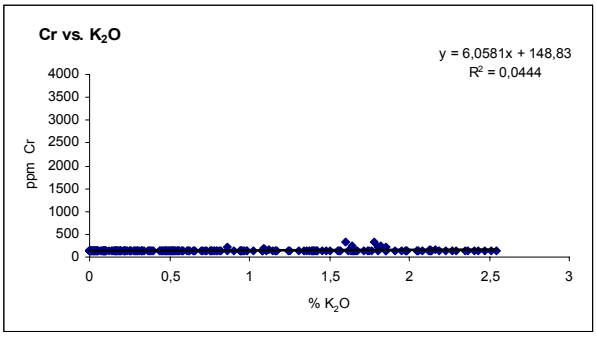


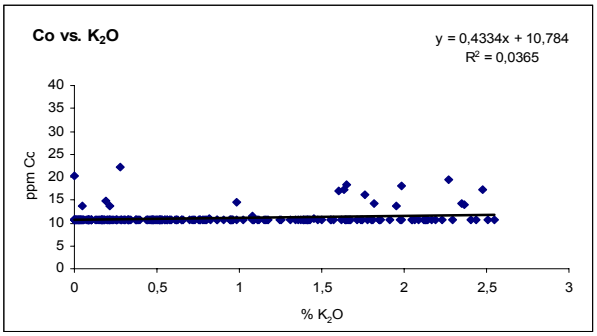


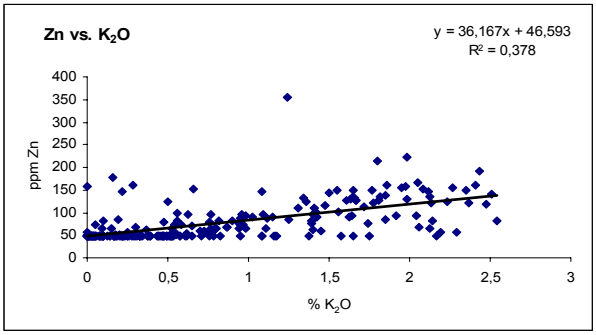


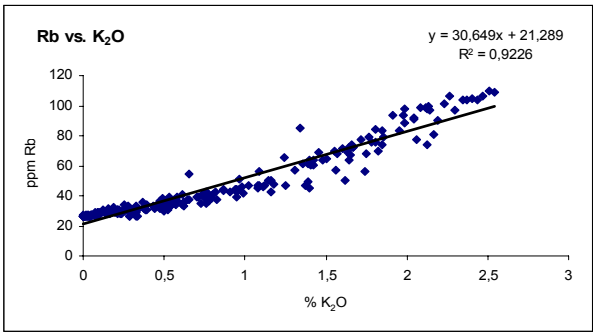
(Continuación)

sección río Orégano

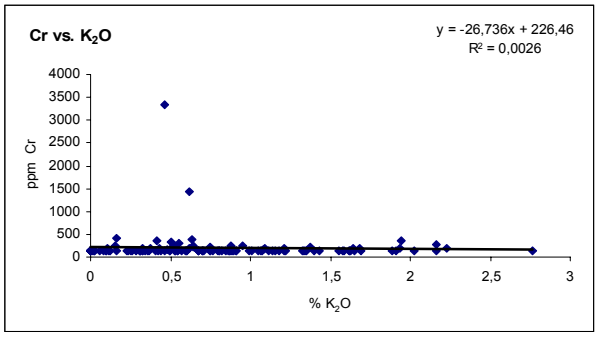


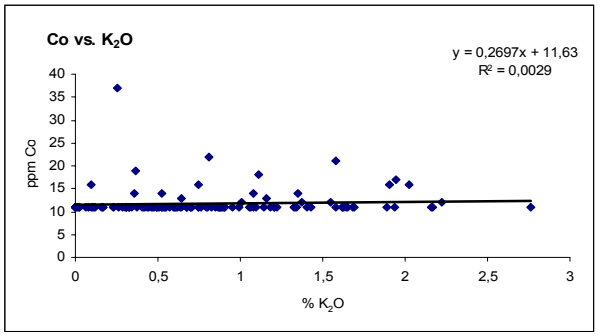


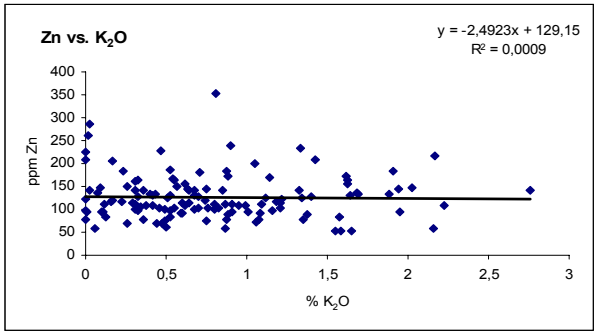


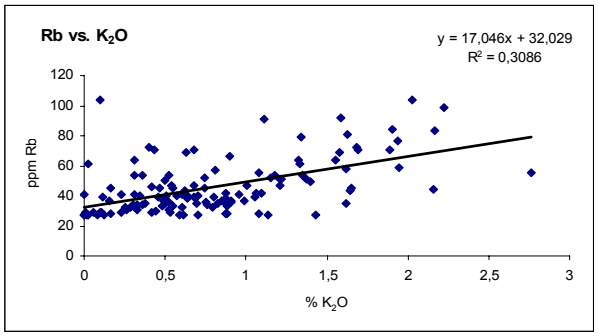


sección tipo



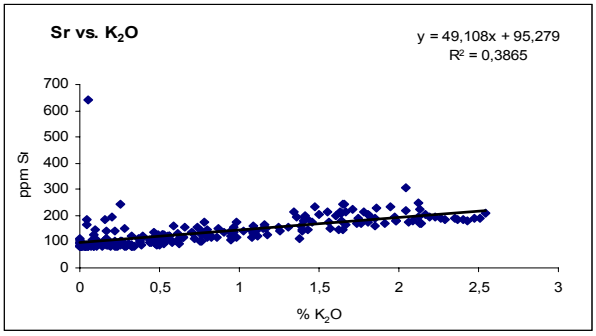


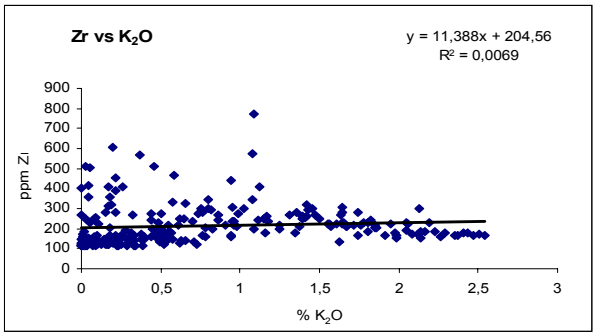


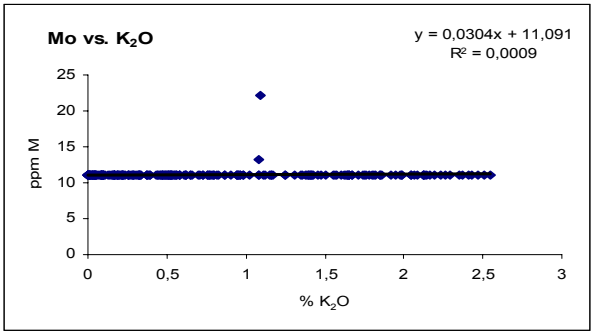


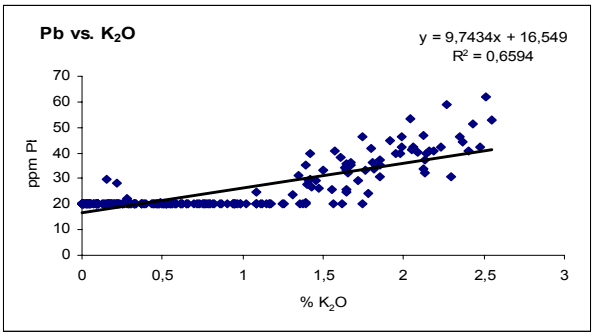
(Continuación)

sección río Orégano

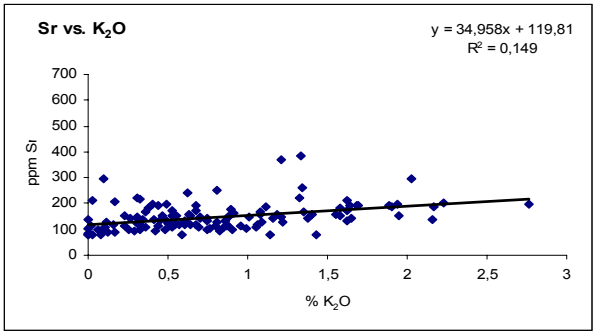


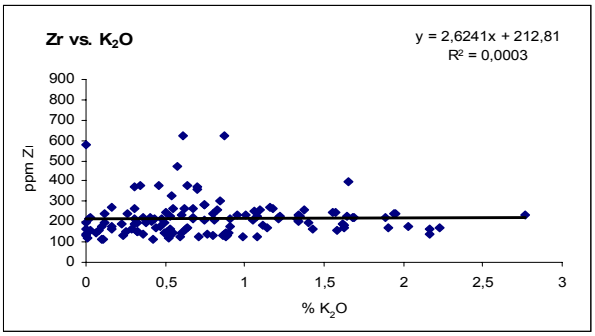


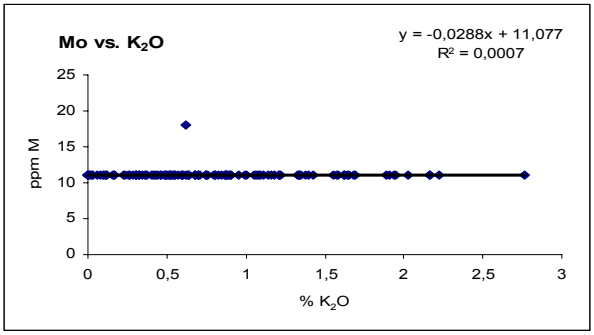


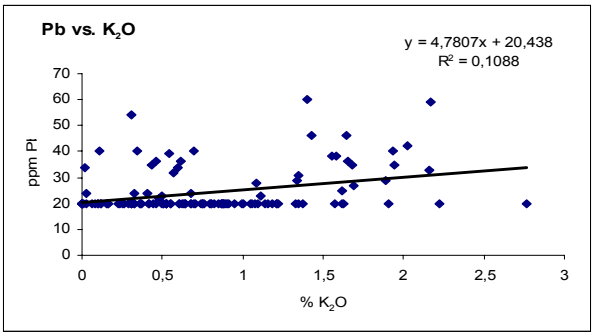


sección tipo



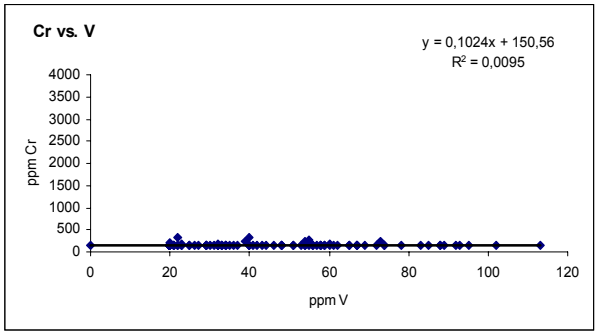


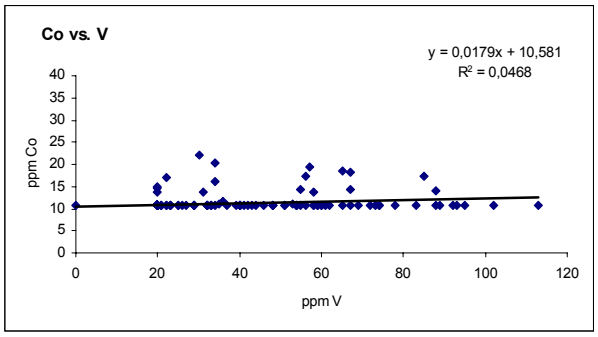


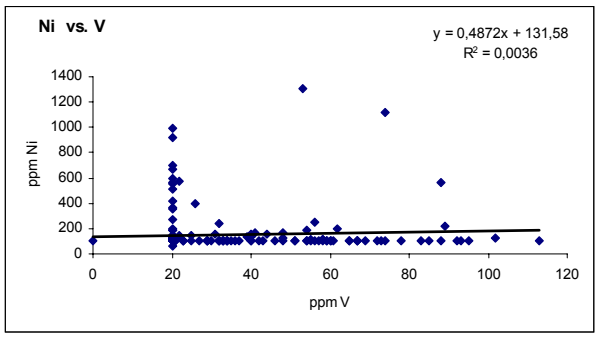


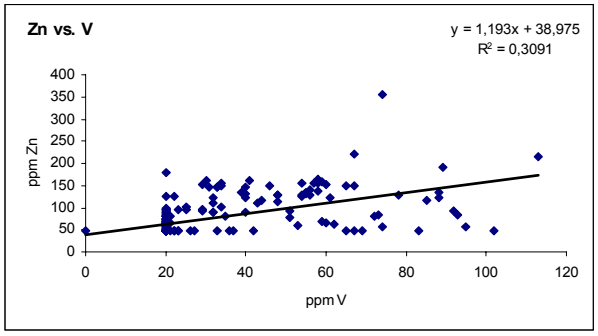
(Continuación)

sección río Orégano

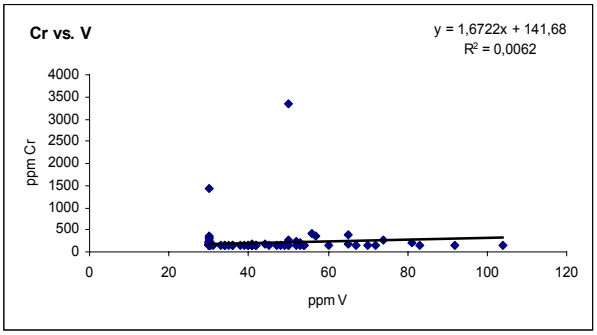


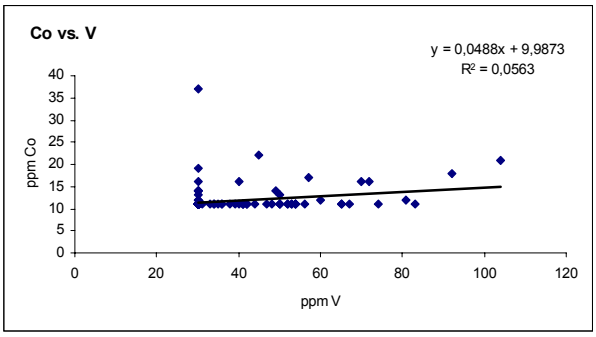


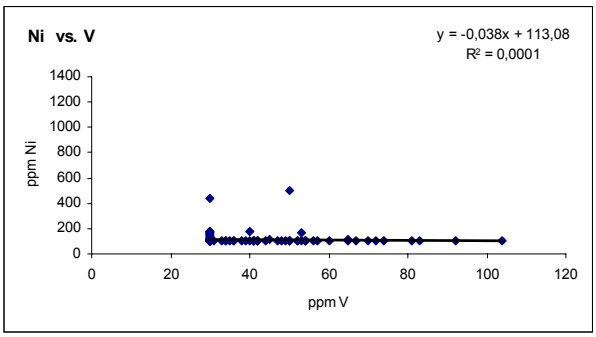


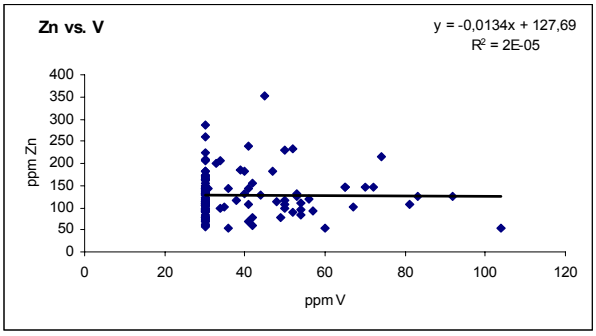


sección tipo



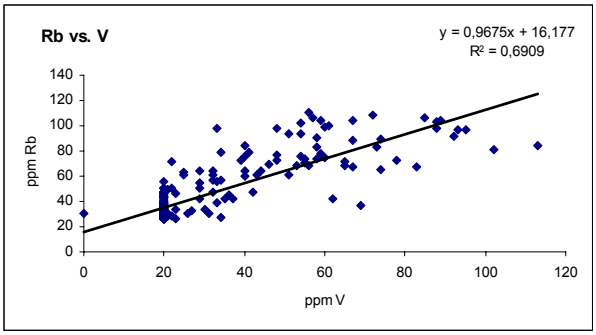


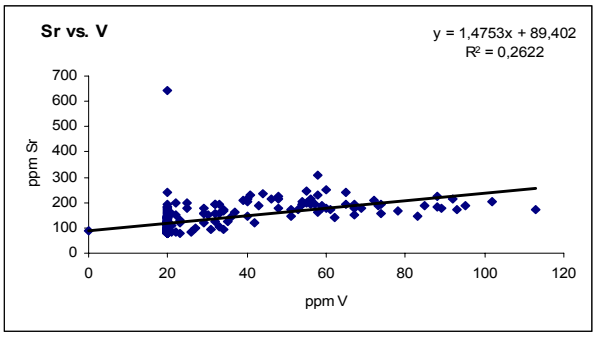


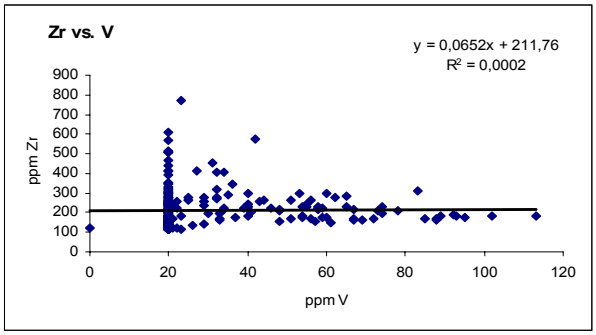


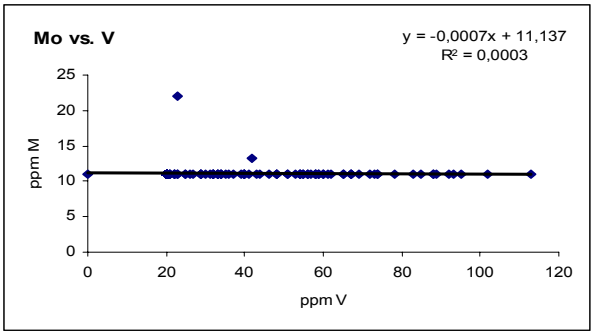
(Continuación)

sección río Orégano

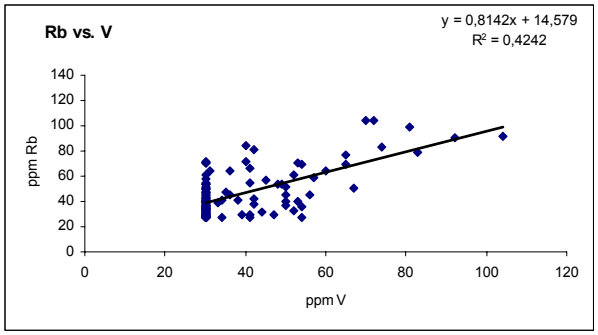


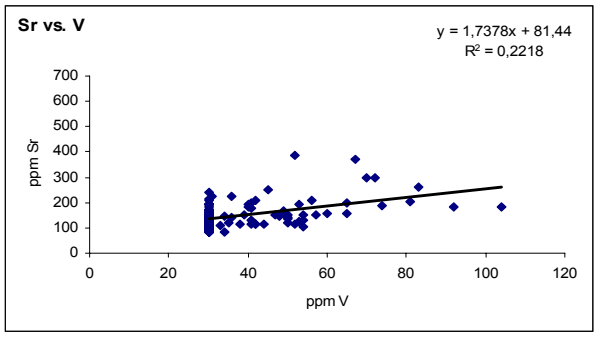


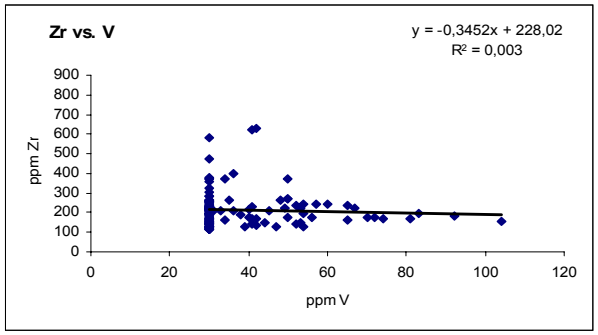


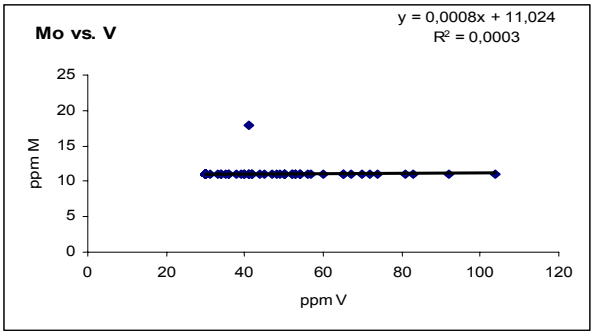


sección tipo



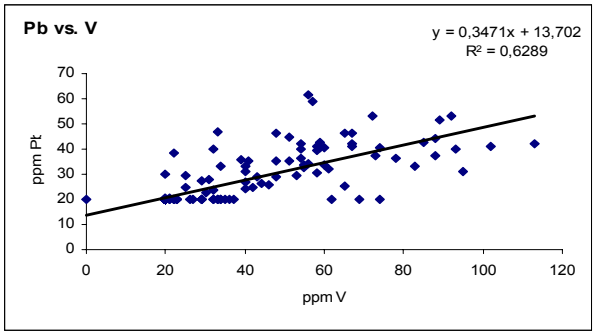


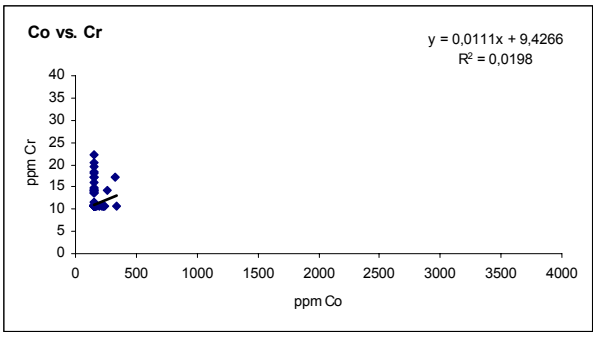


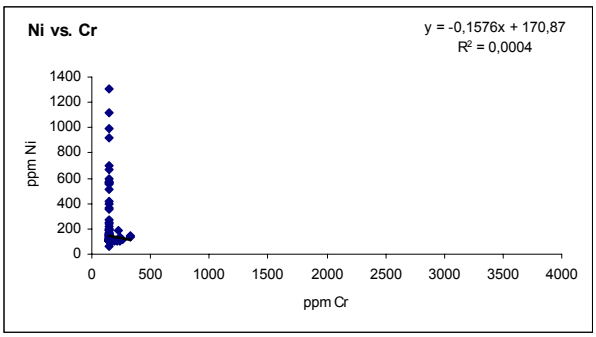


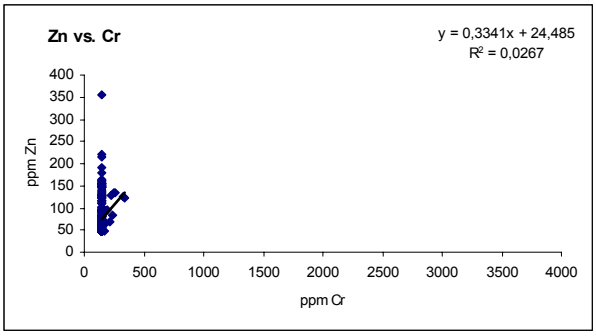
(Continuación)

sección río Orégano

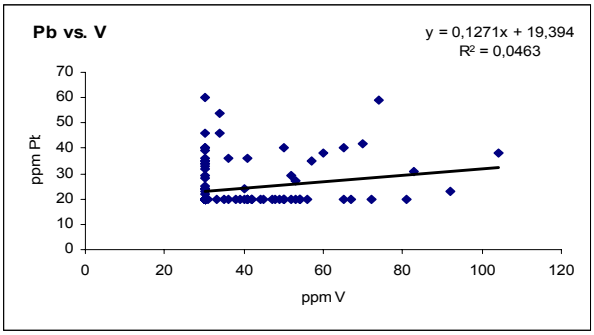


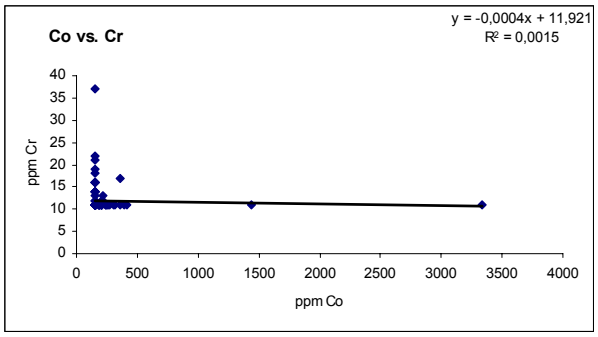


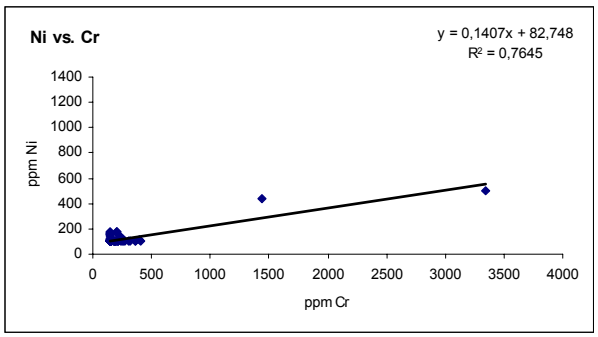


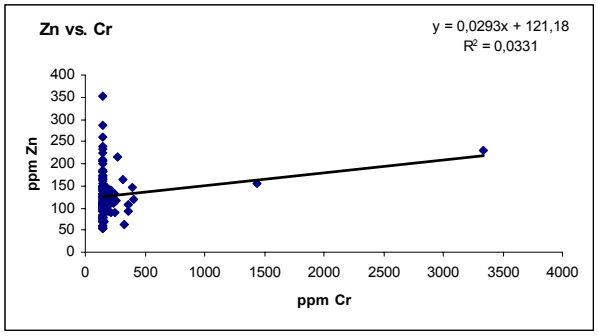


sección tipo



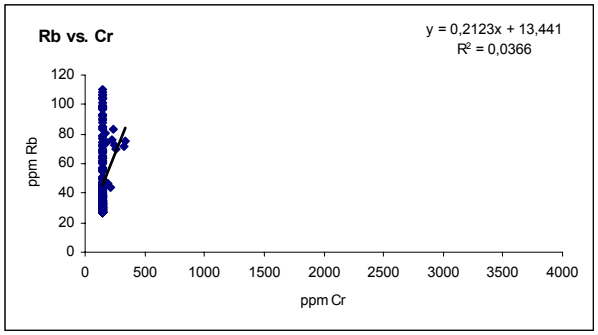


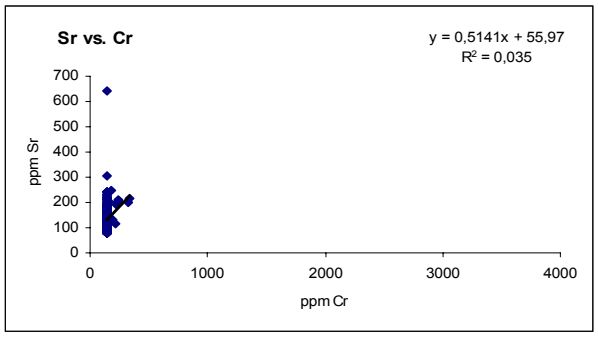


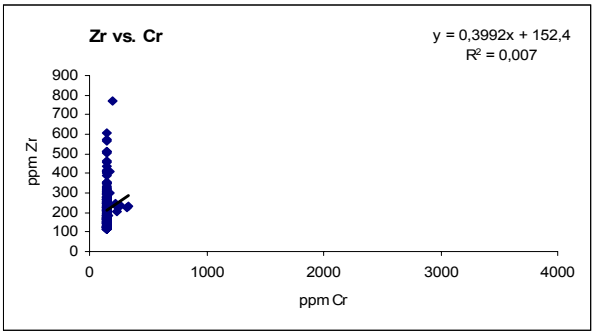


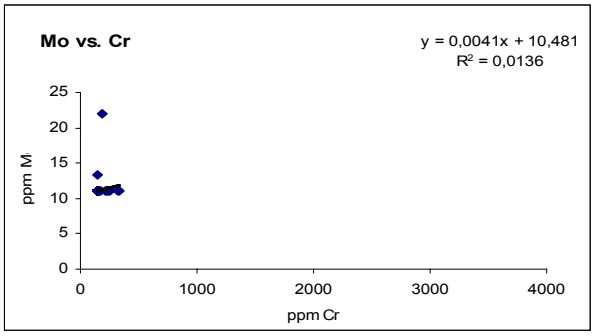
(Continuación)

sección río Orégano

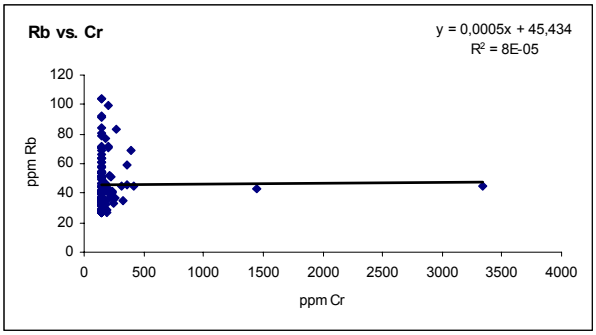


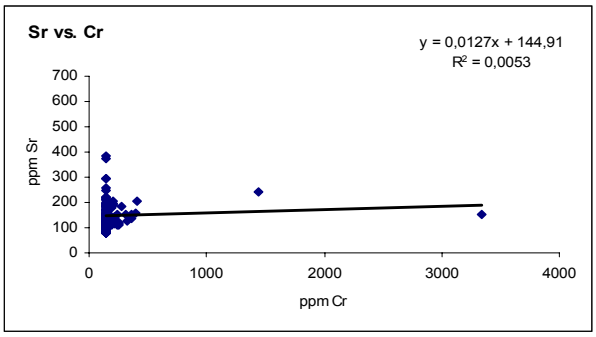


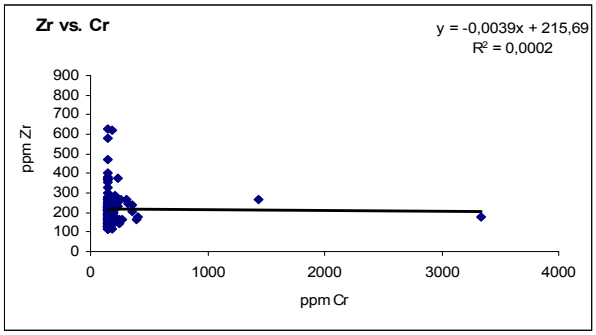


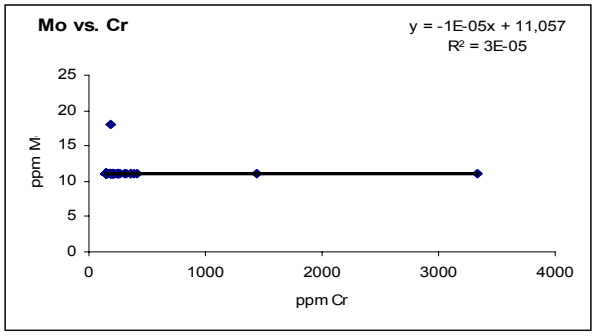


sección tipo



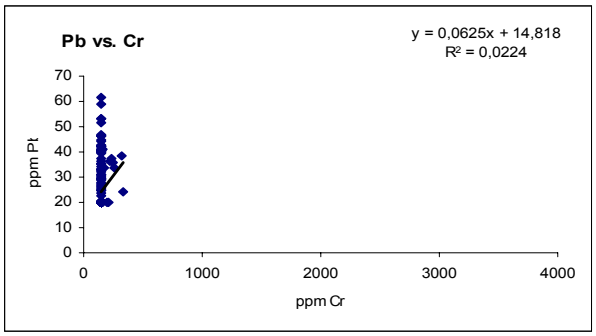


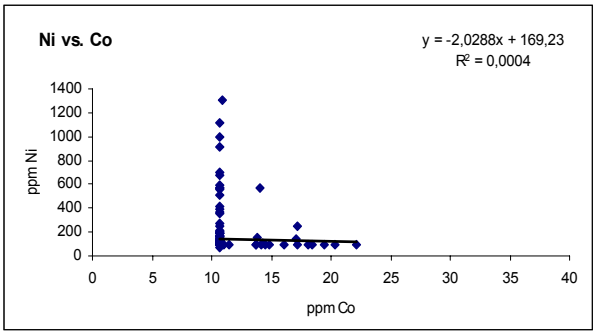


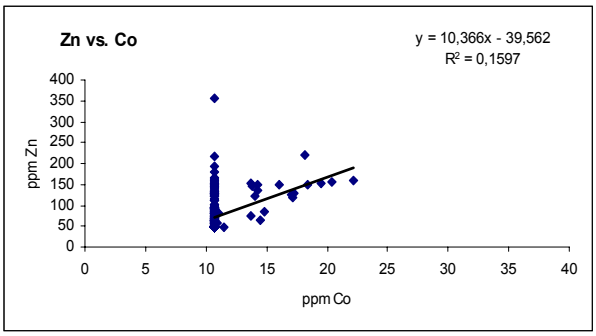


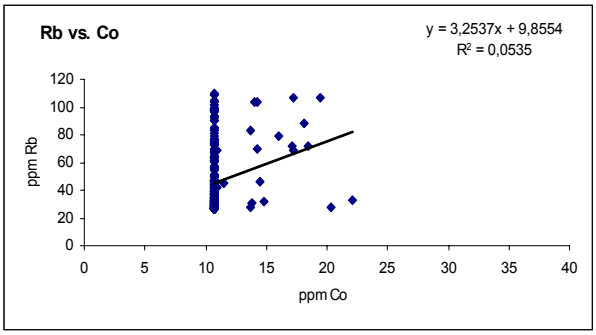
(Continuación)

sección río Orégano

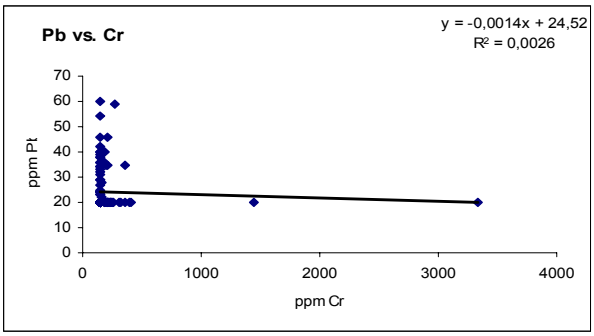


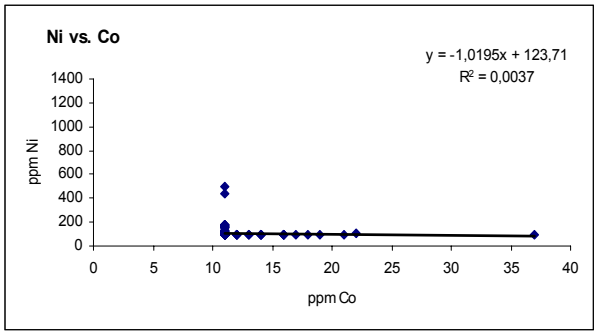


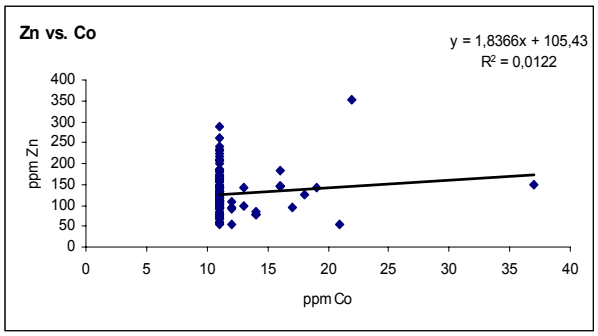


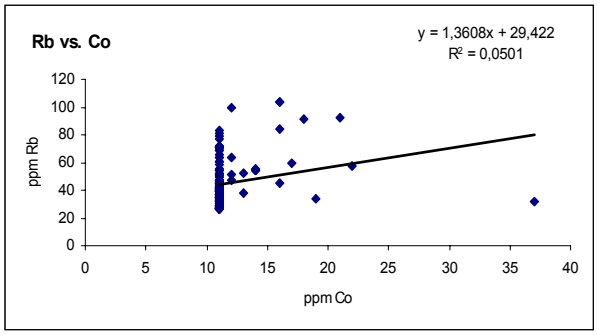


sección tipo



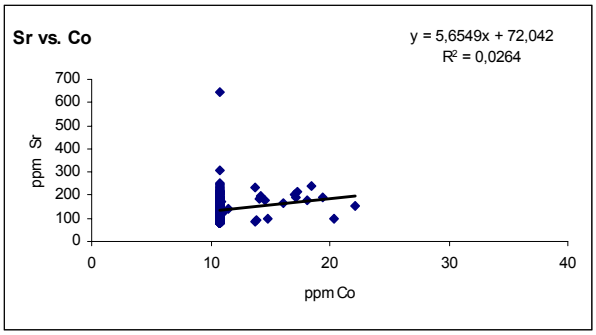


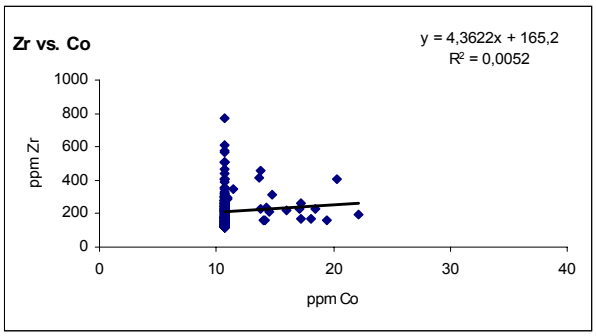


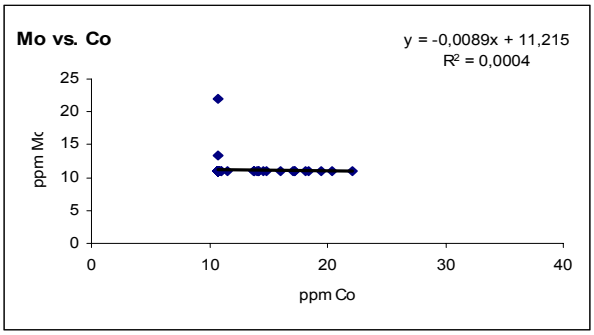


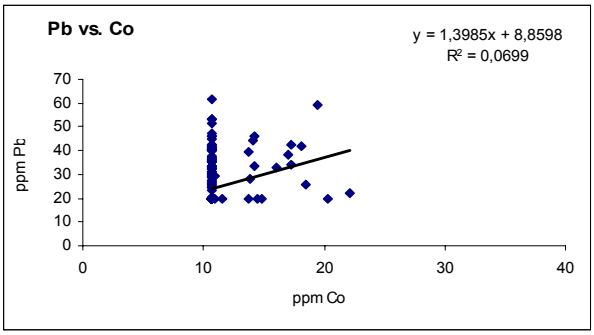
(Continuación)

sección río Orégano

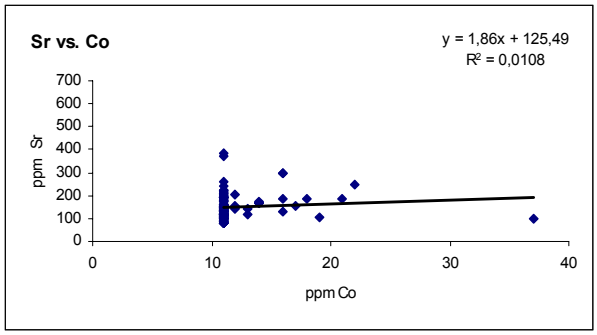


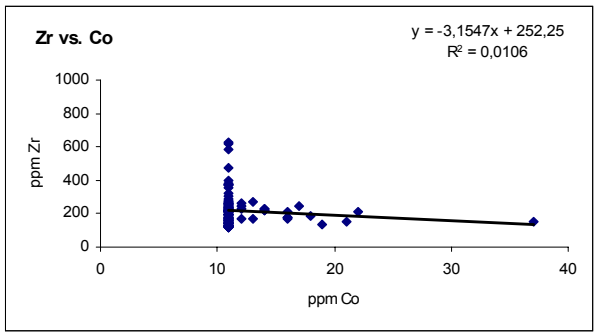


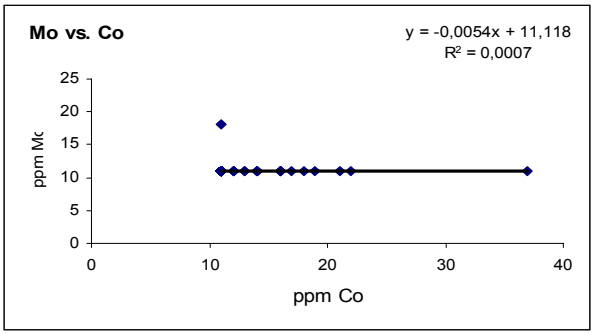


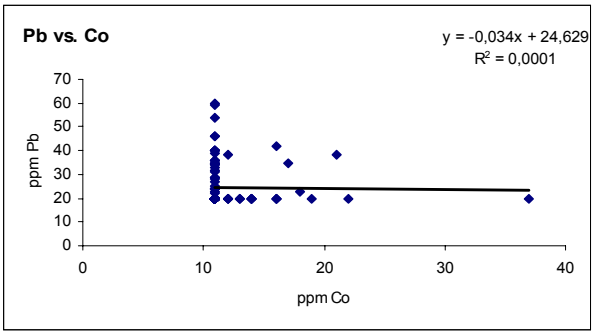


sección tipo



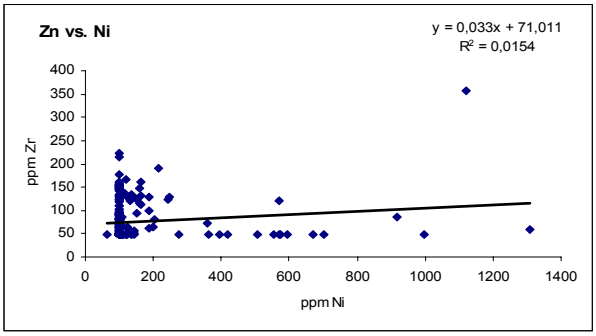


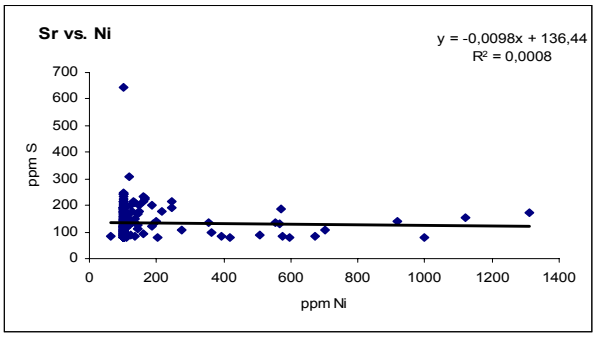


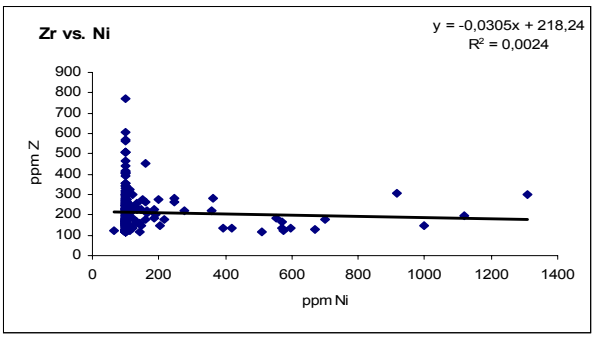


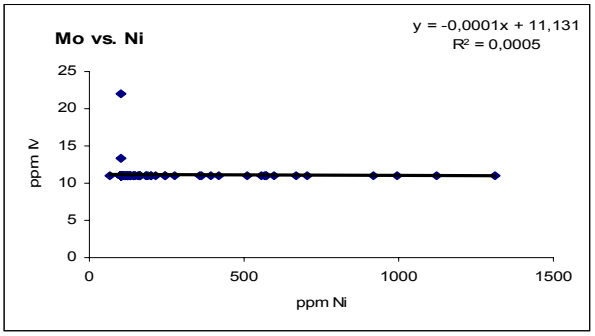
(Continuación)

sección río Orégano

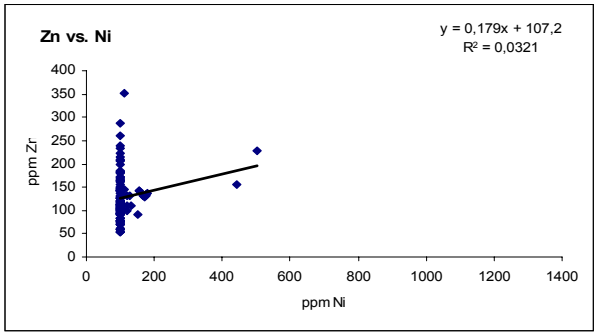


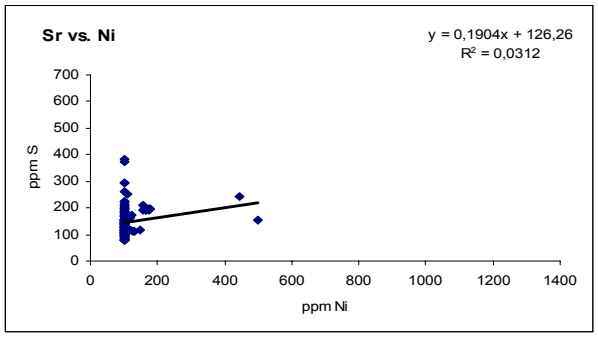


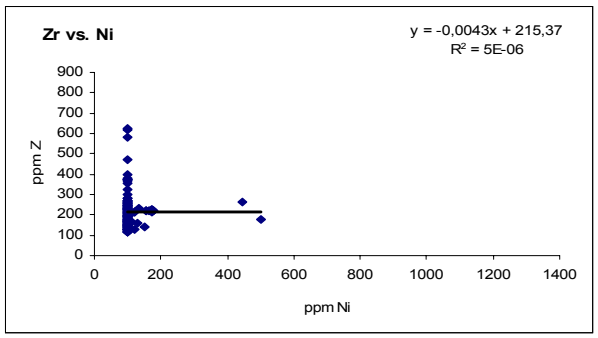


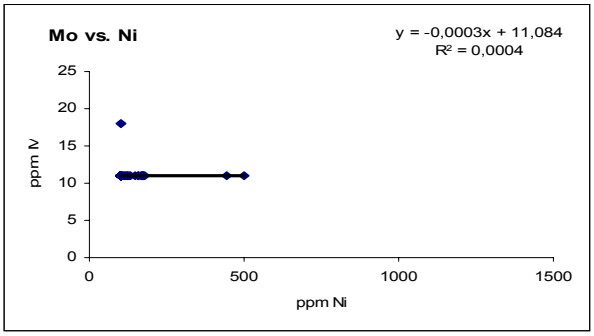


sección tipo



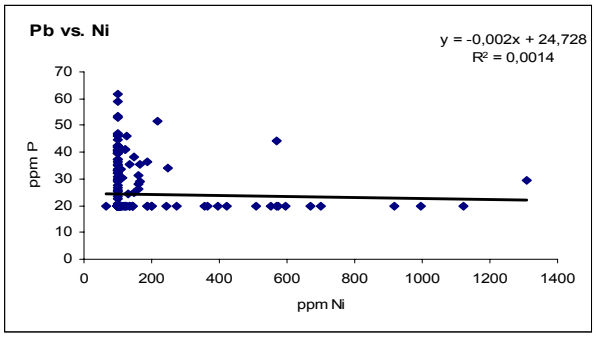


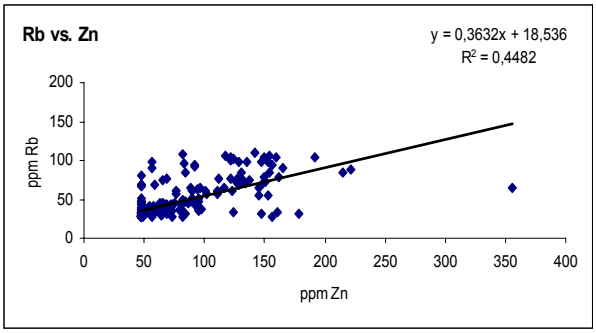


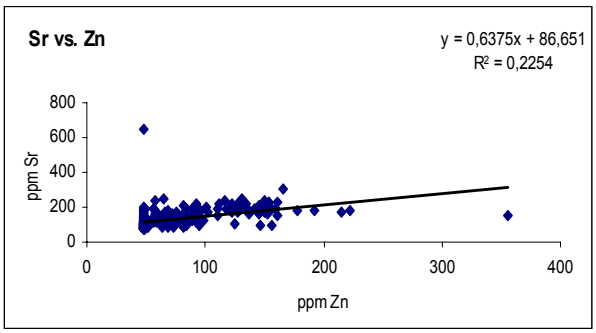


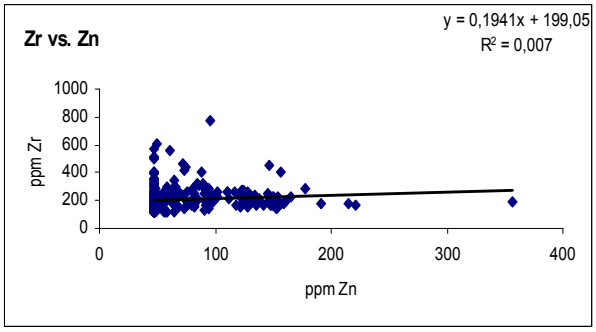
(Continuación)

sección río Orégano

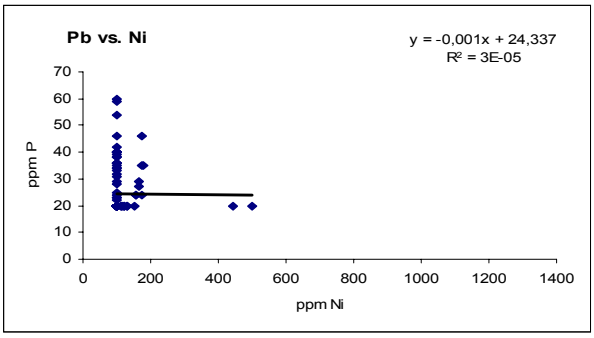


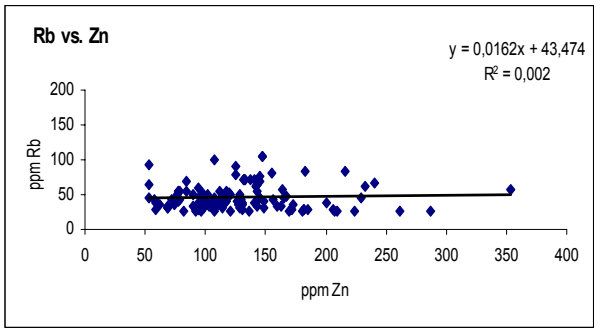


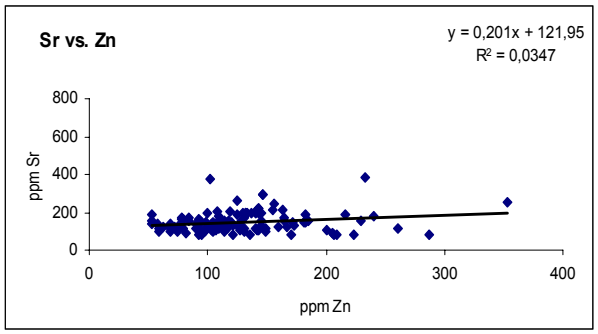


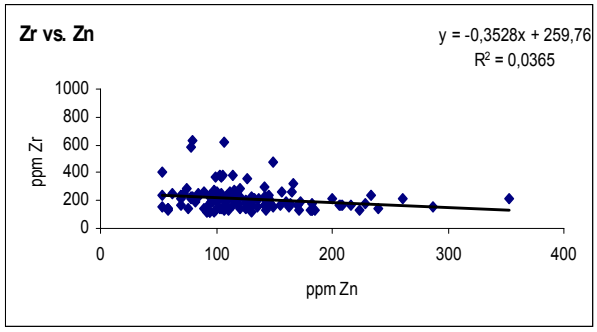


sección tipo



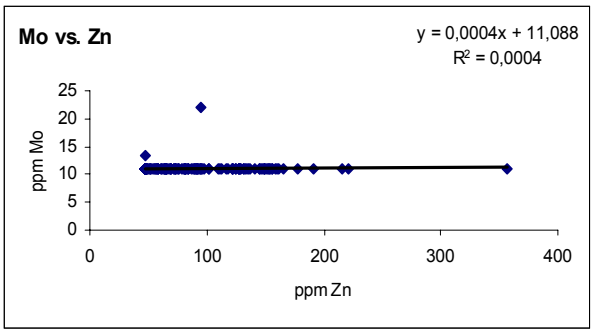


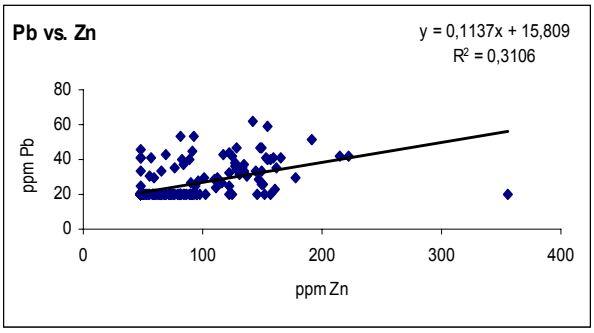


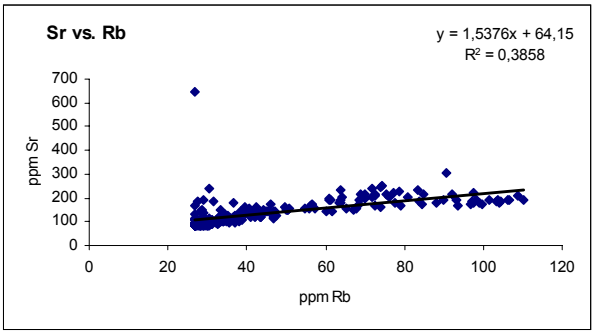


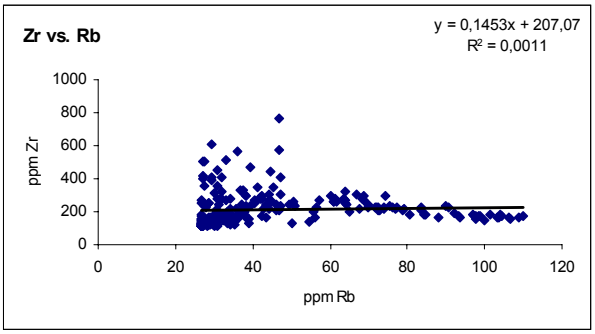
(Continuación)

sección río Orégano

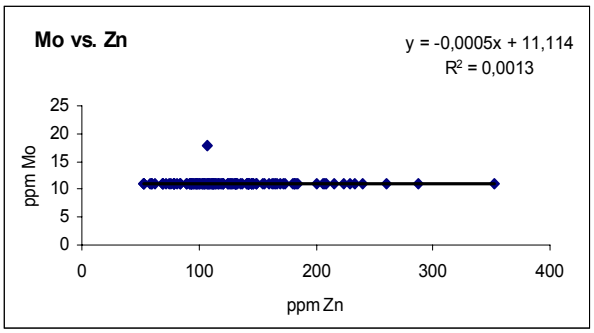


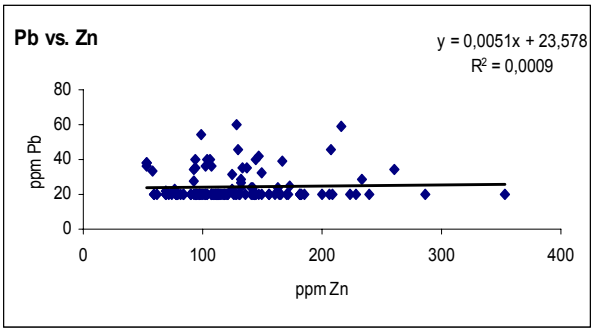


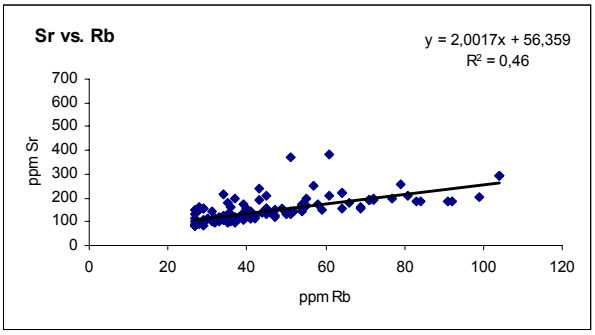


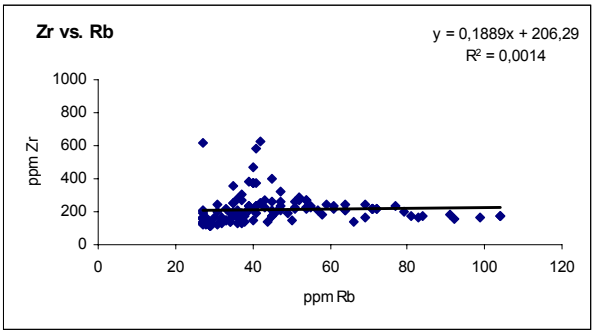


sección tipo



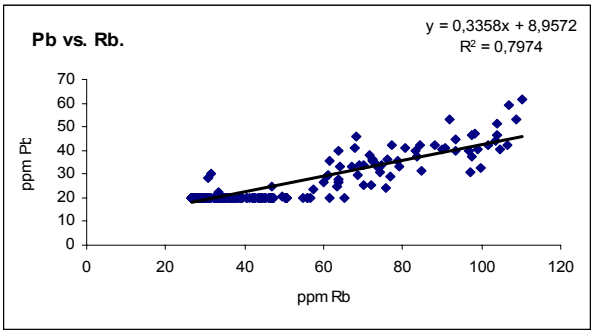


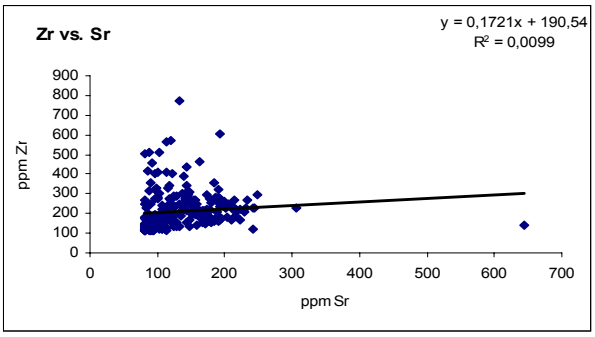


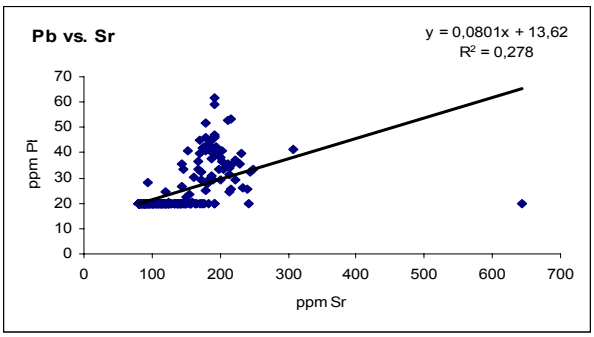


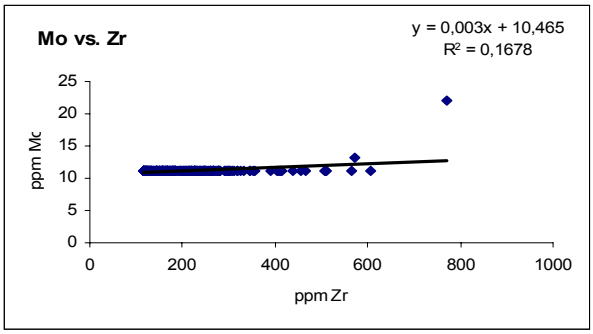
(Continuación)

sección río Orégano

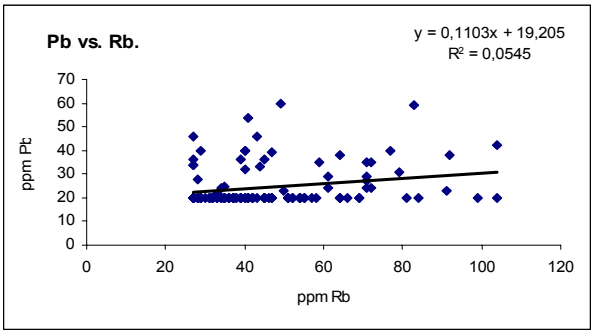


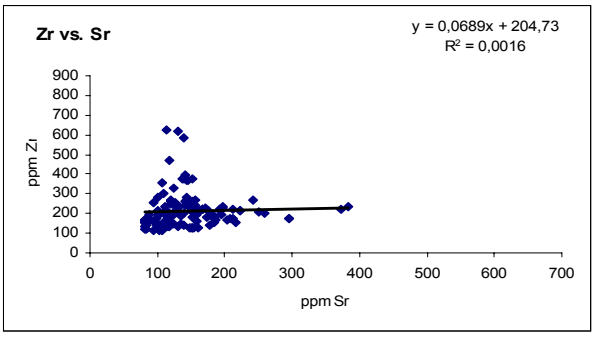


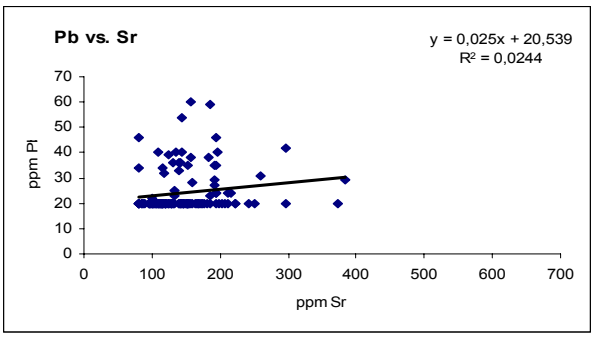


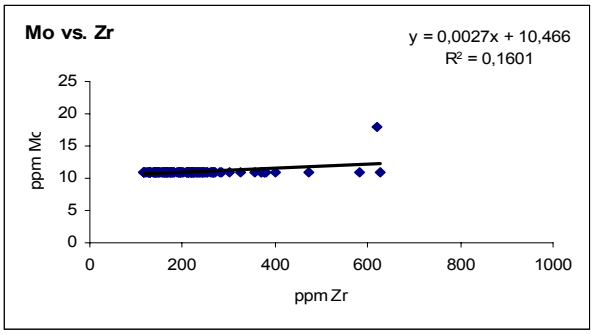


sección tipo



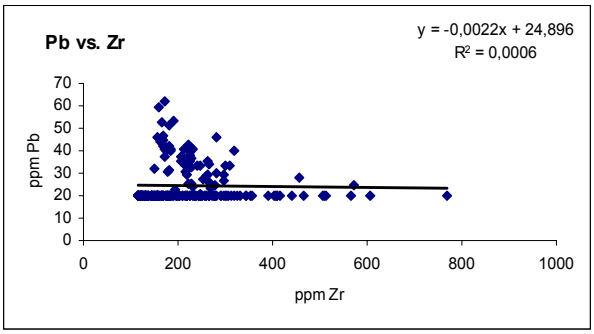


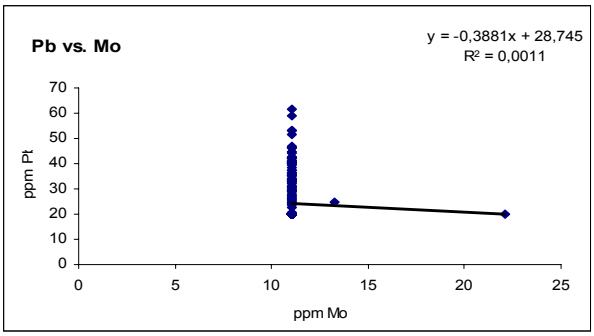




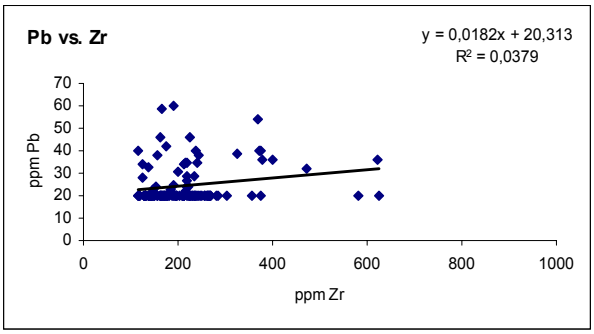
(Continuación)

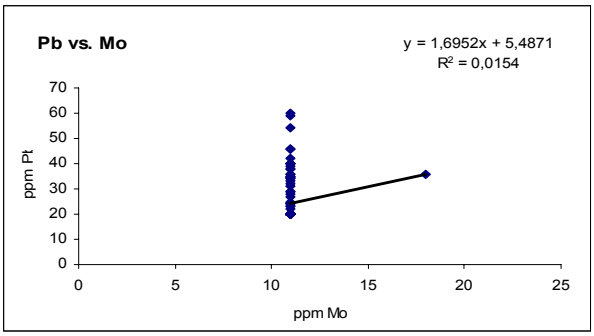
sección río Orégano





sección tipo





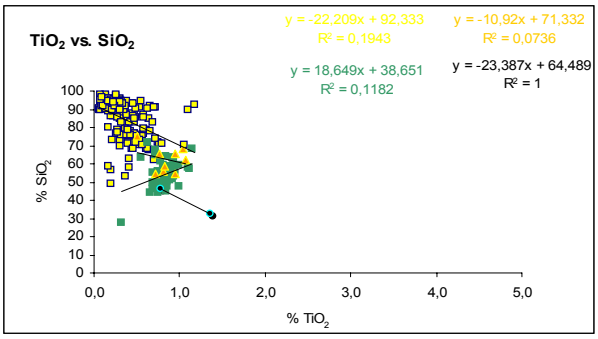
(Continuación)

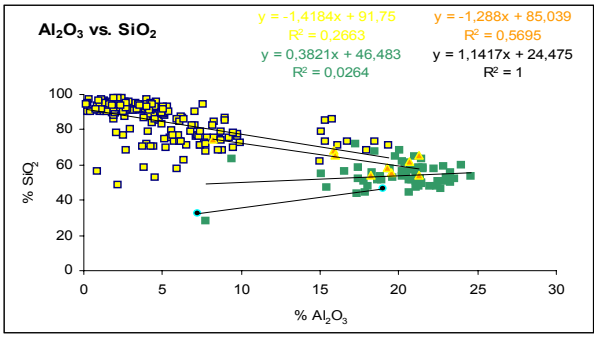
V.2.2. Diagramas de dispersión químicos por litología de la Formación Naricual

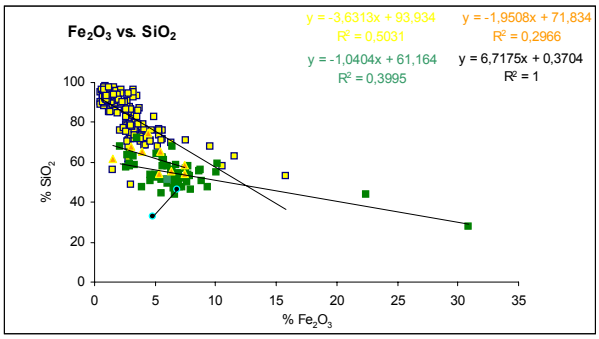
En estos diagramas de dispersión los datos están diferenciados por litologías y se ubican de la siguiente manera: del lado derecho le corresponde a la sección tipo (la cual incluye, cantera de Naricual, minas de Naricual, río Naricual y río Capiricual) y del lado izquierdo a la sección de río Orégano.

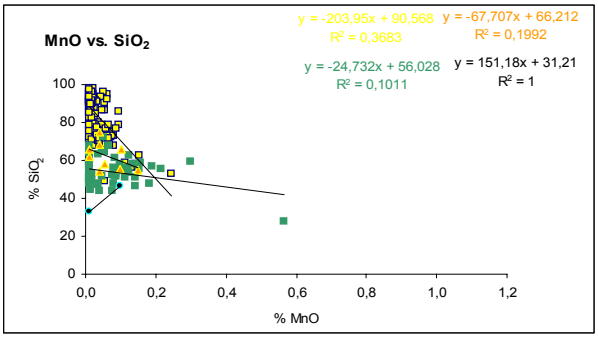
En los diagramas de dispersión de la sección río Orégano se puede observar la diferenciación de litologías de acuerdo a un color y está se hace de la siguiente manera: las areniscas se reconocen por el color amarillo, las lutitas por el color verde, las limolitas por el color anaranjado y carbones por los colores azul y negro. Para el caso de la sección tipo sólo hay dos tipos que se obtuvieron de acuerdo a la descripción de campo; la primera, una mezcla de areniscas con algunas limolitas representada por el color amarillo y una segunda caracterizada por lutitas representada por el color verde.

sección río Orégano

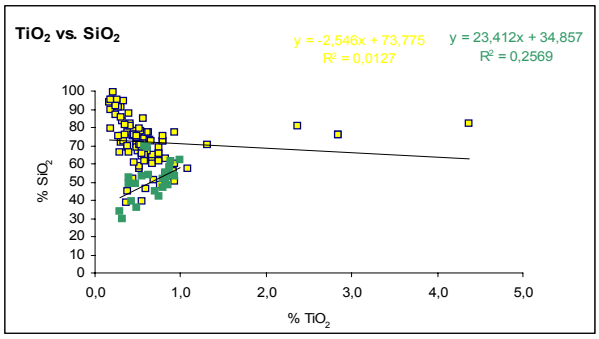


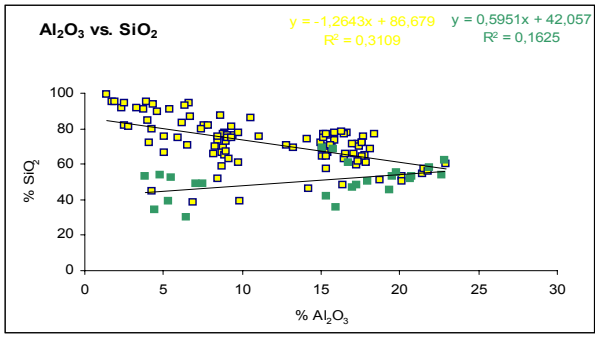


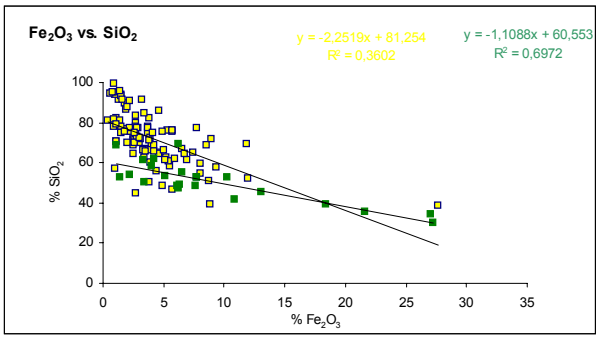


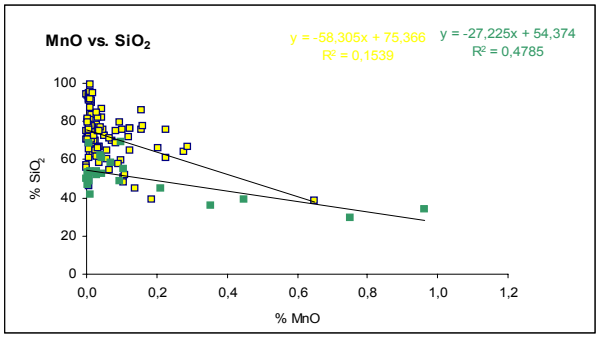


sección tipo

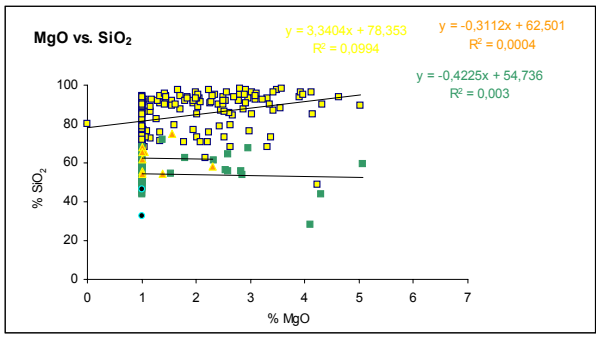


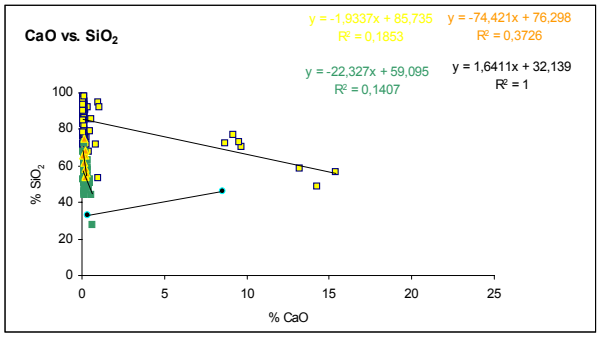


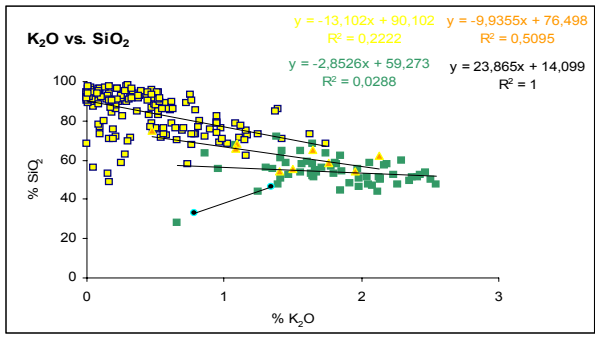


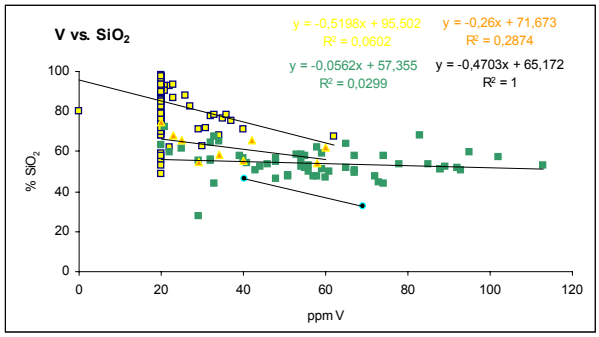


sección río Orégano

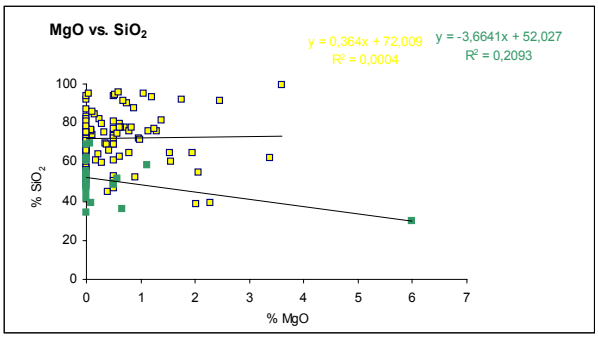


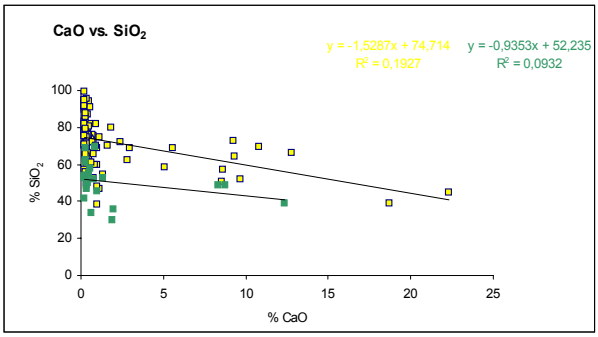


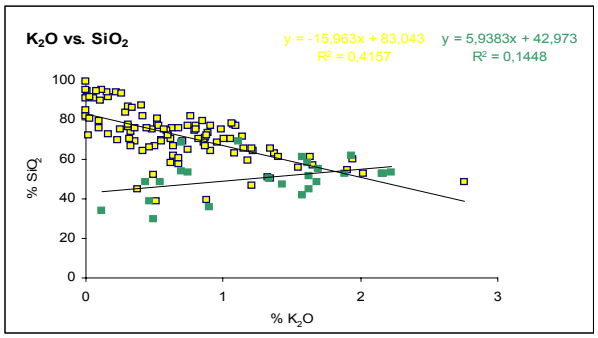


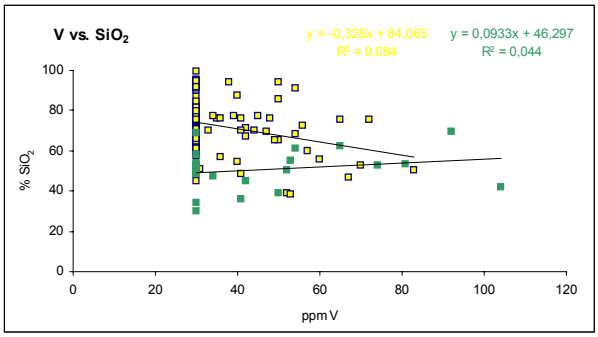


sección tipo



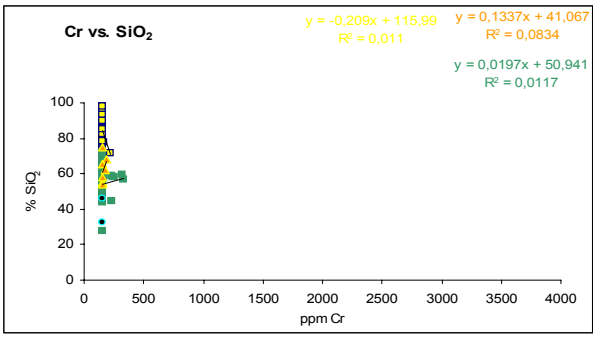


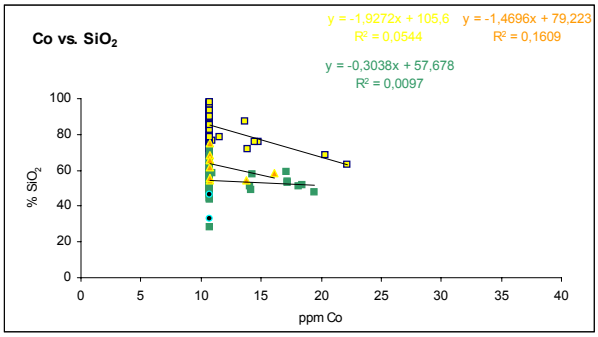


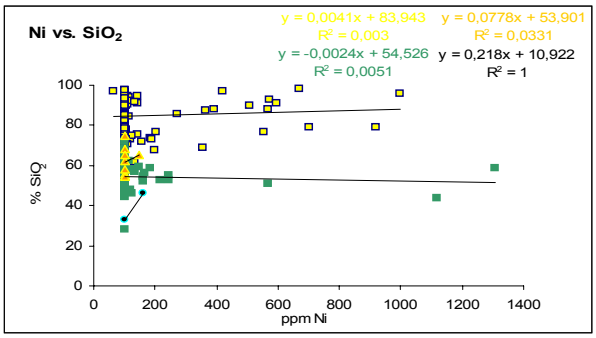


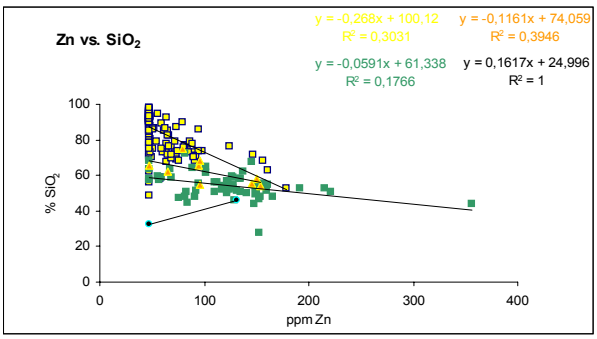
(Continuación)

sección río Orégano

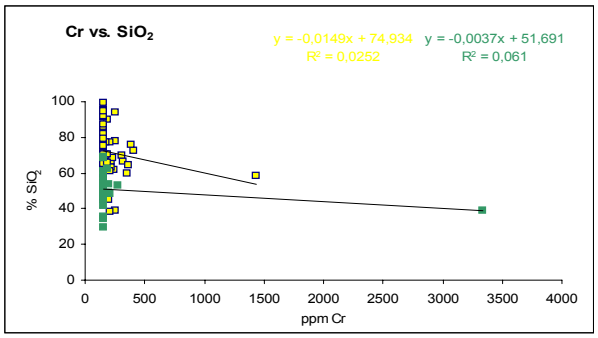


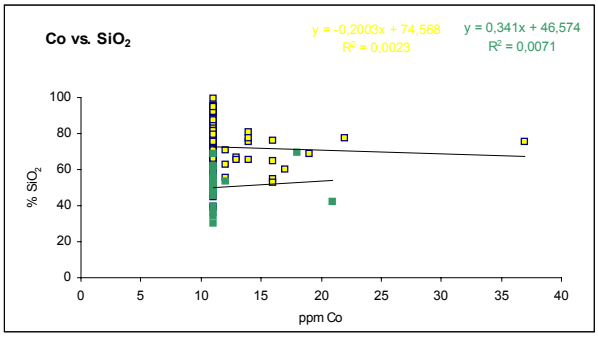


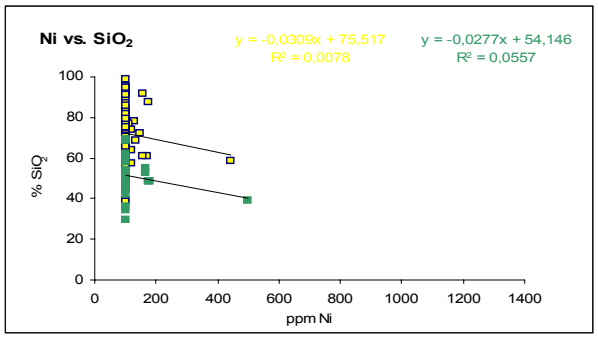


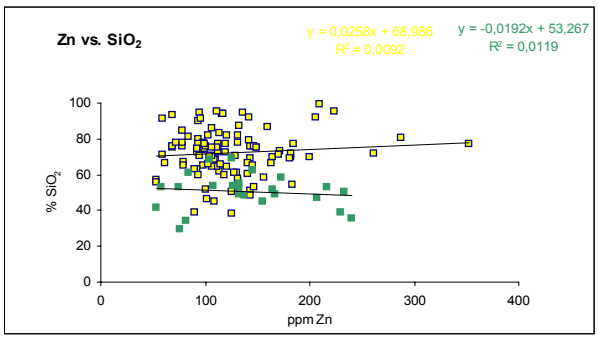


sección tipo



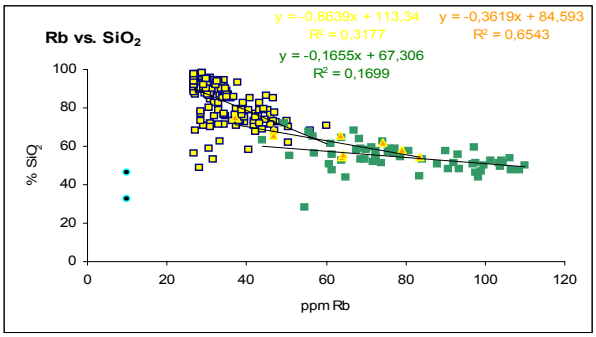


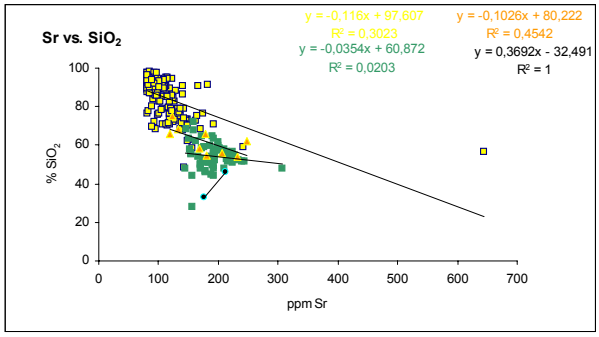


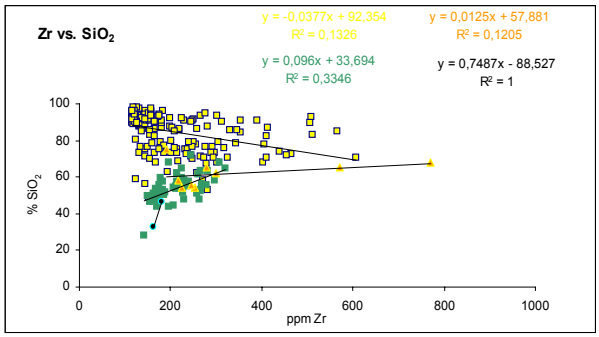


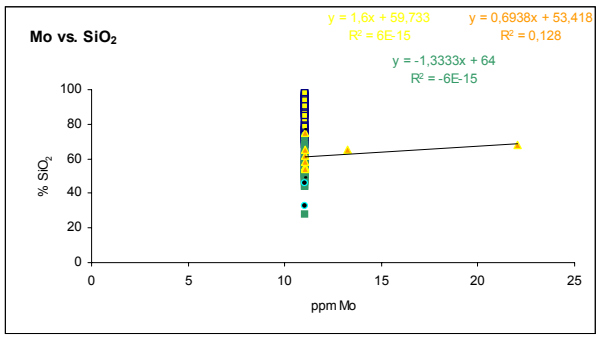
(Continuación)

sección río Orégano

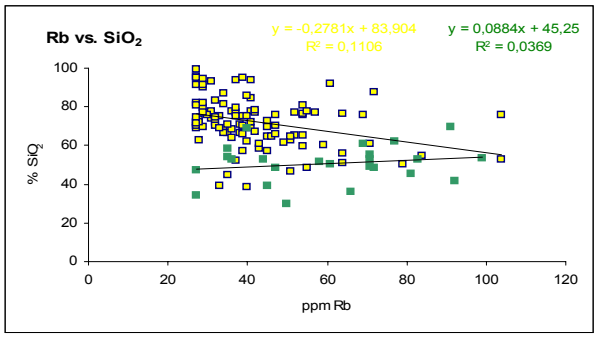


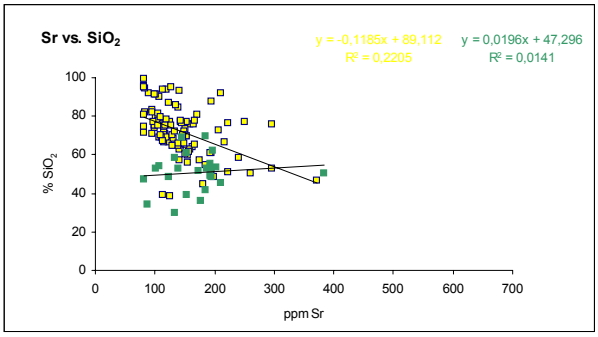


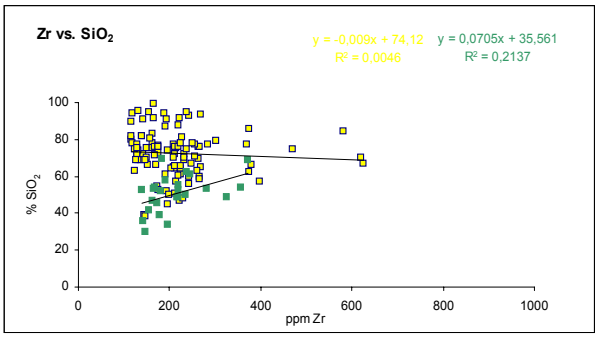


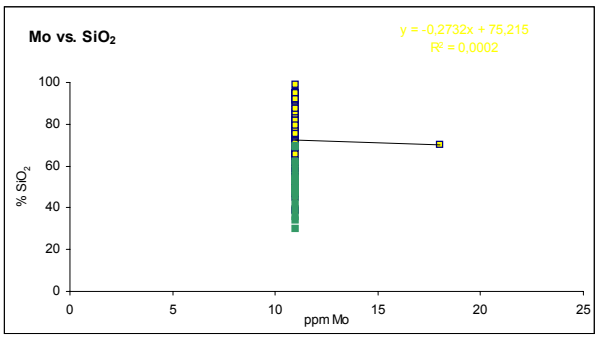


sección tipo



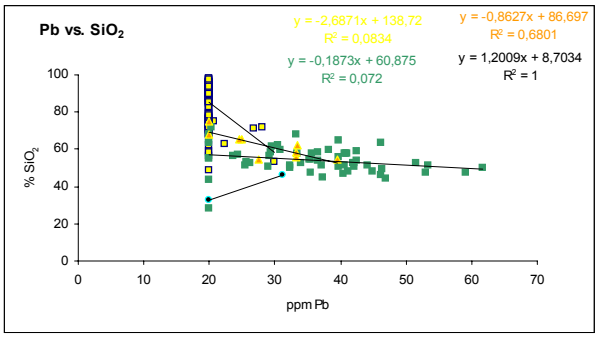


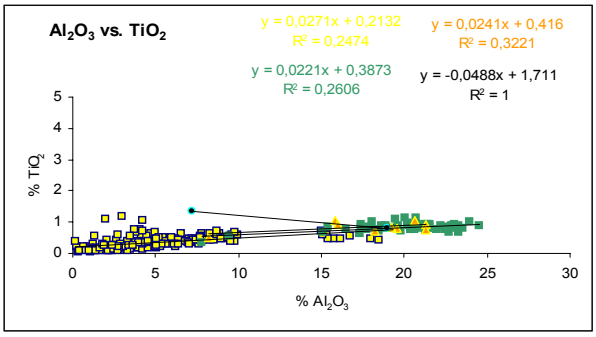


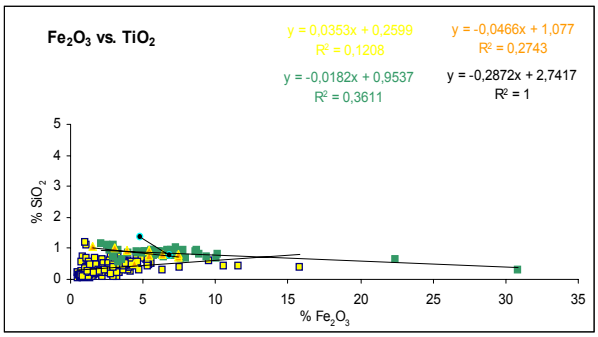


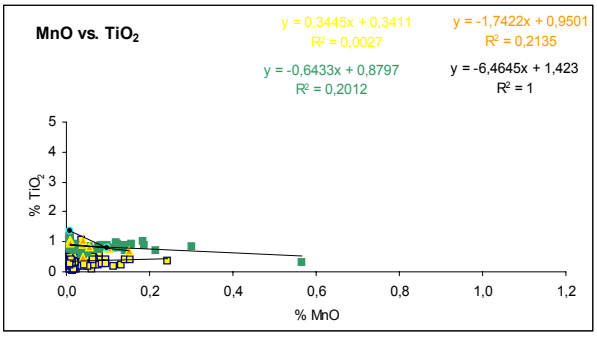
(Continuación)

sección río Orégano

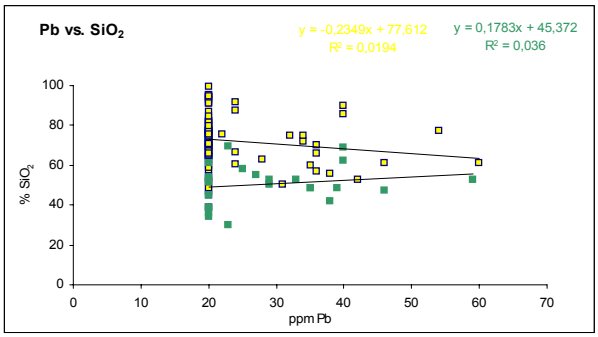


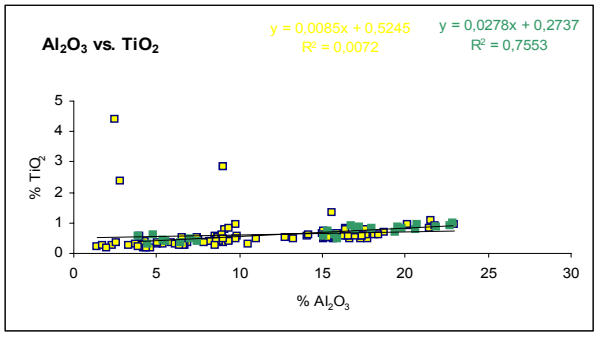


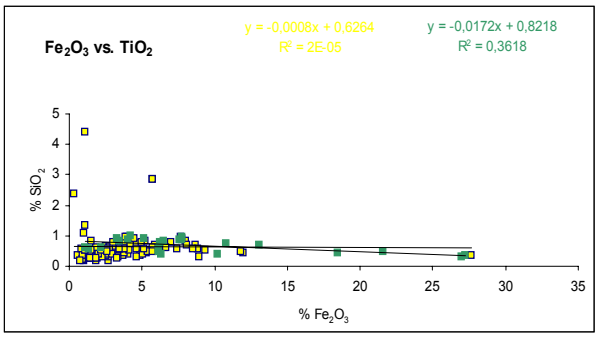


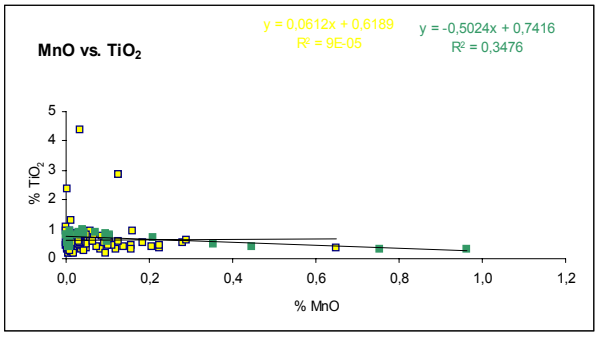


sección tipo



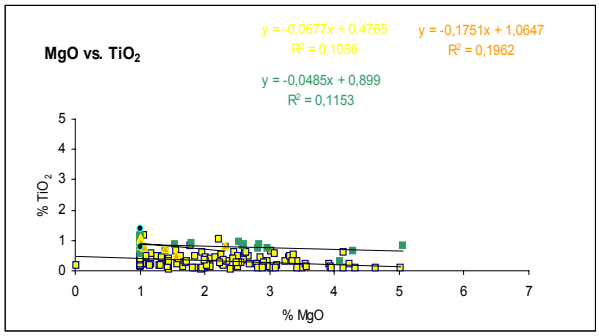


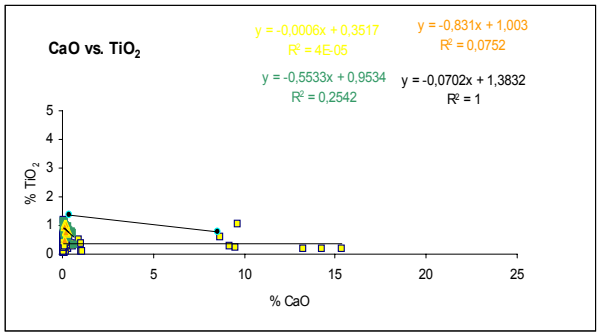


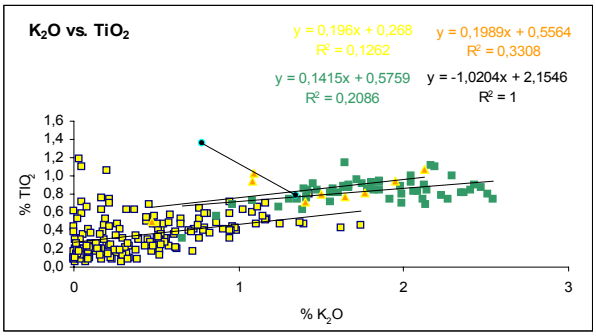


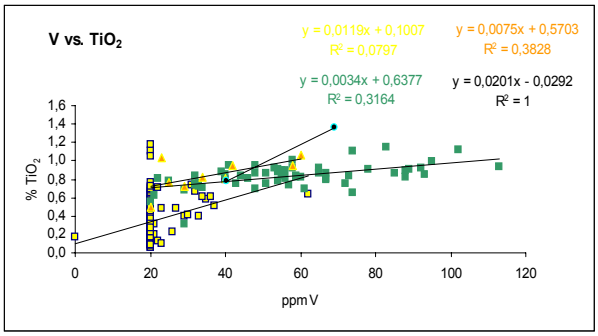
(Continuación)

sección río Orégano

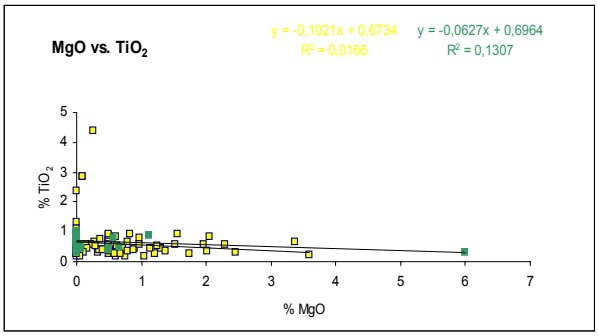


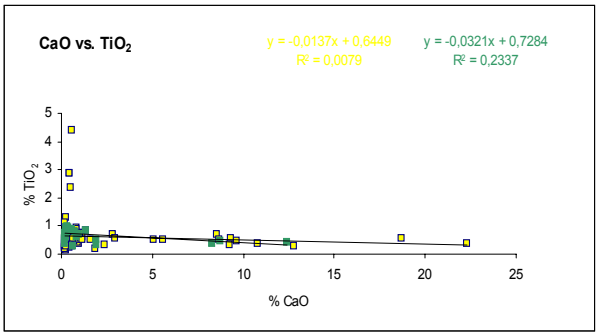


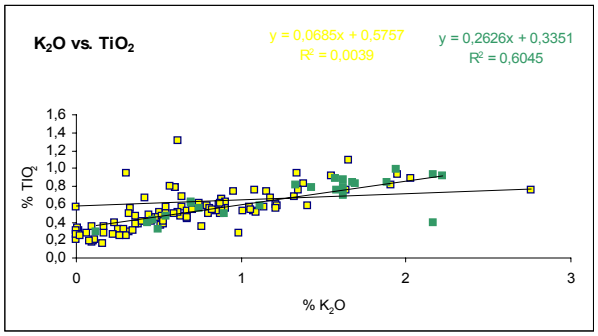


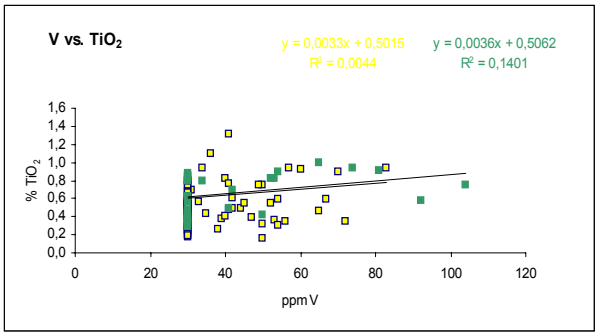


sección tipo



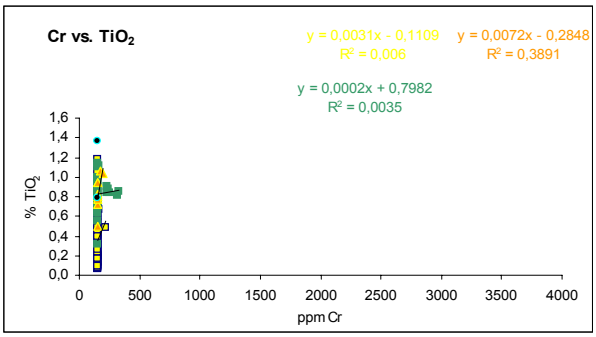


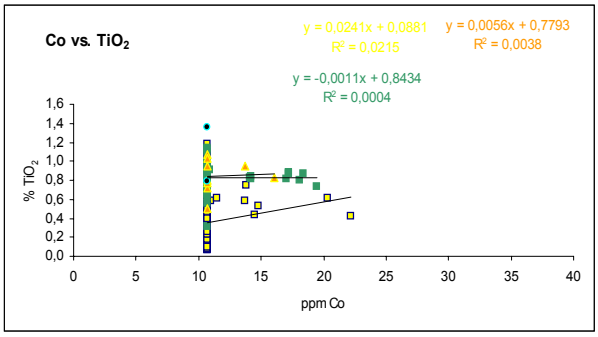


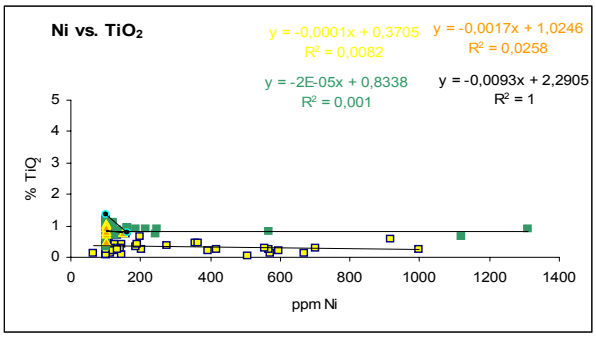


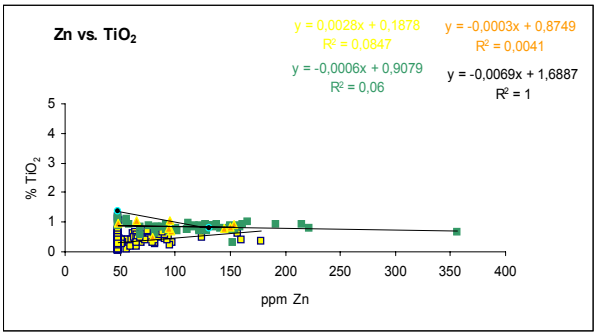
(Continuación)

sección río Orégano

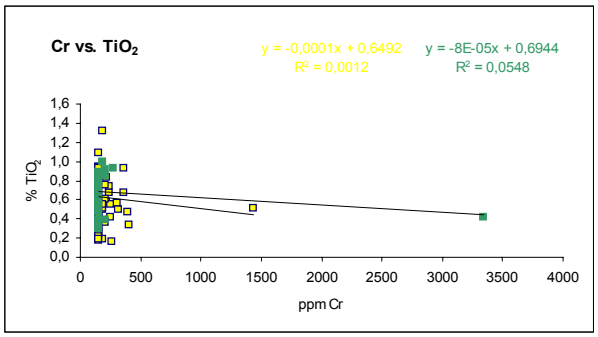


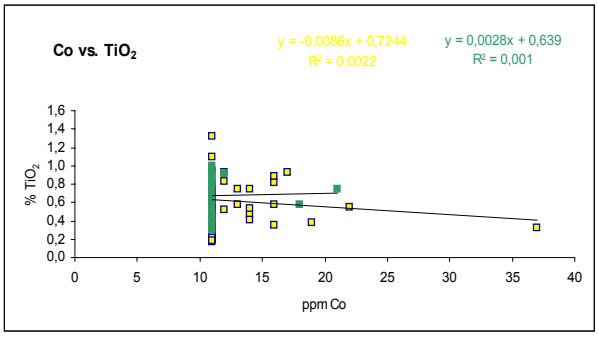


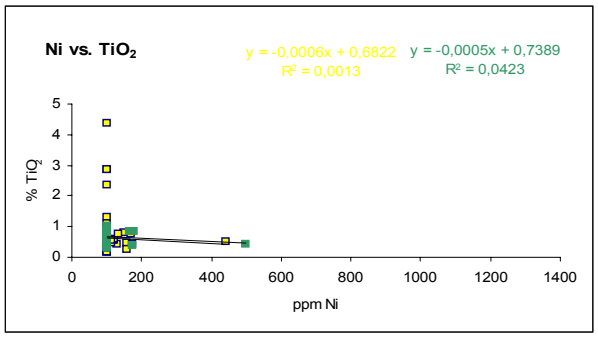


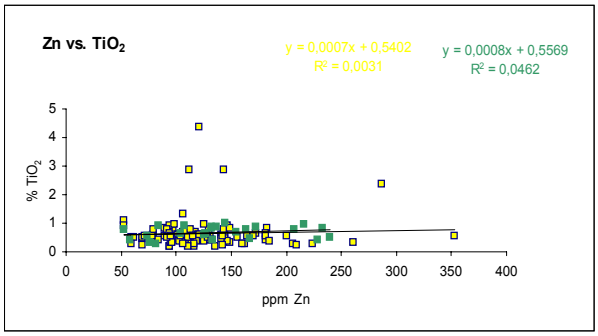


sección tipo



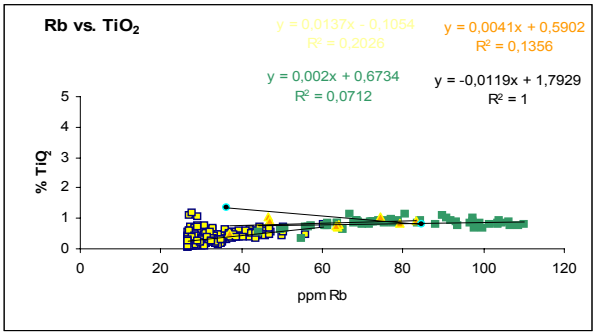


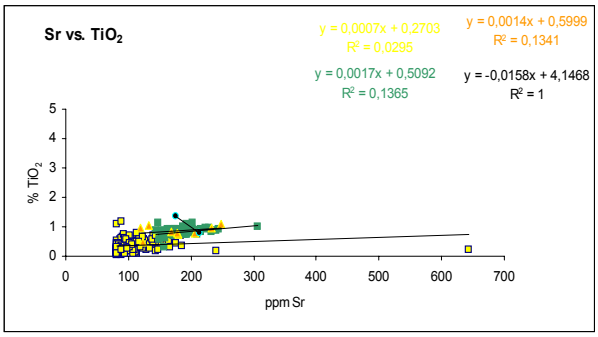


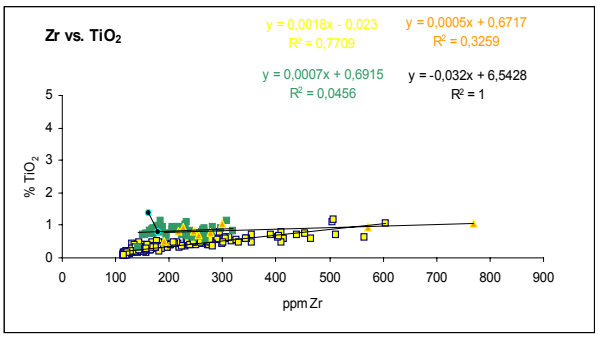


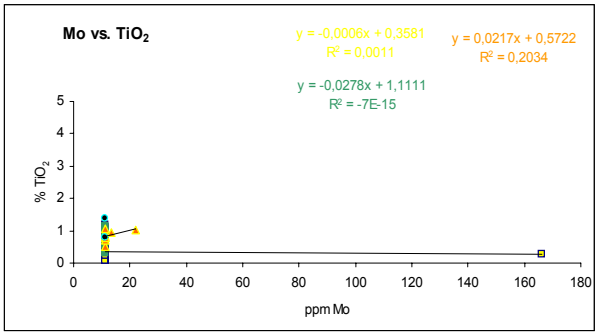
(Continuación)

sección río Orégano

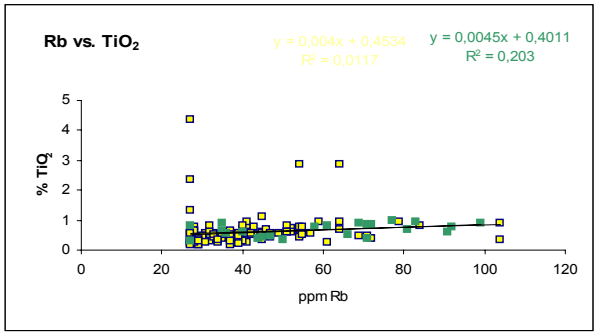


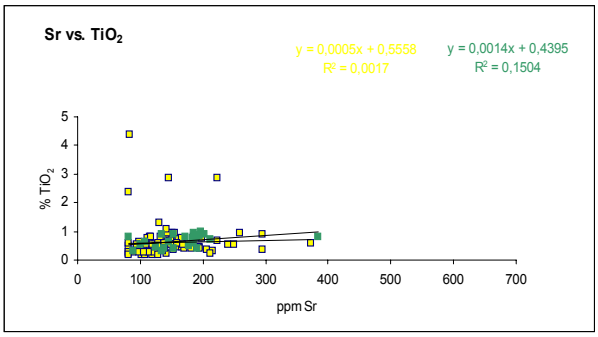


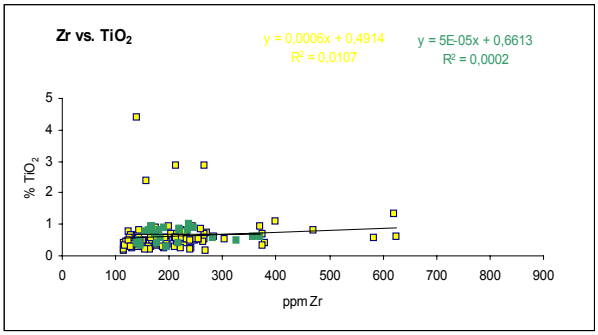


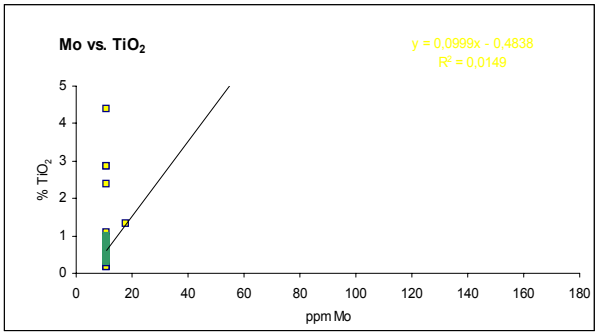


sección tipo



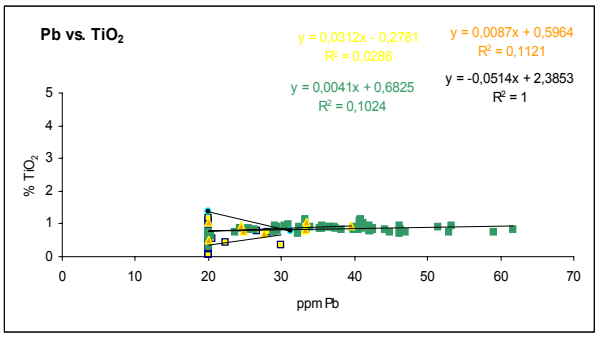


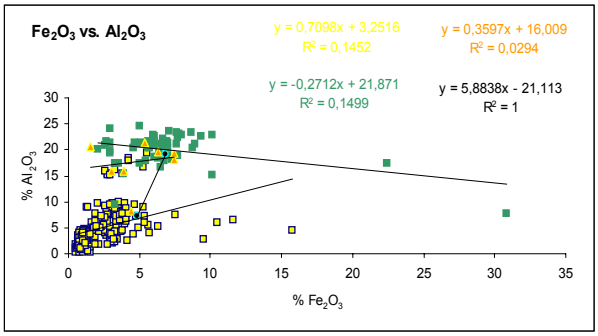


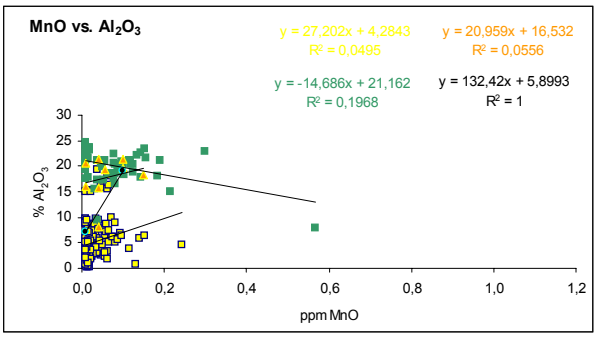


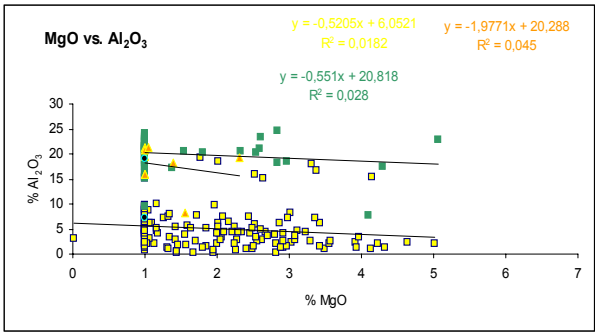
(Continuación)

sección río Orégano

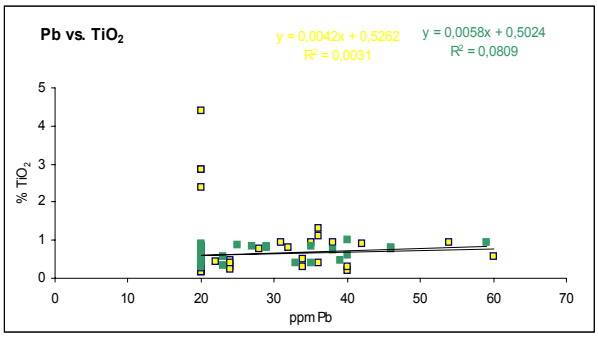


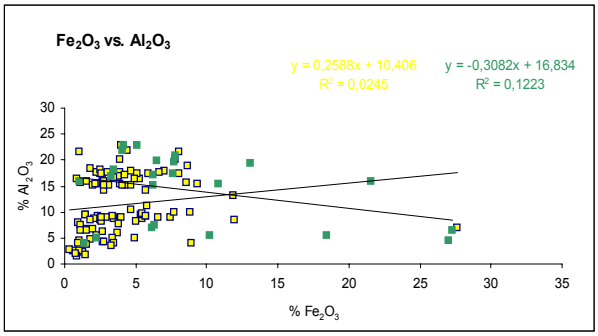


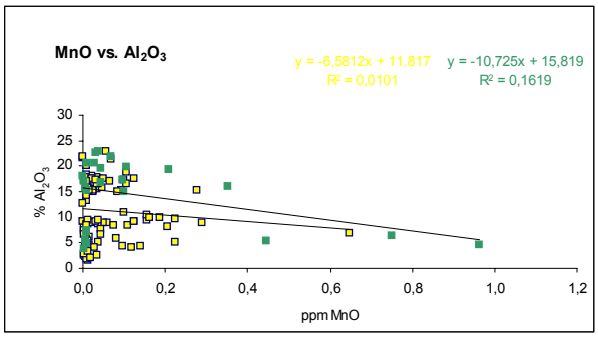


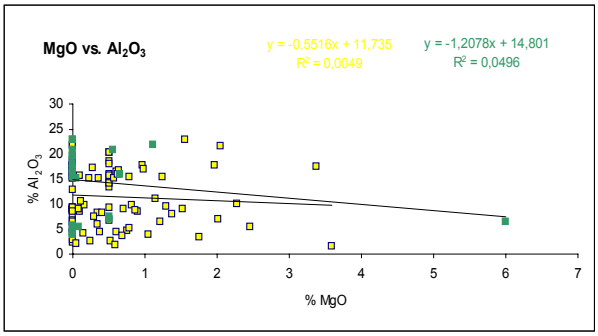


sección tipo



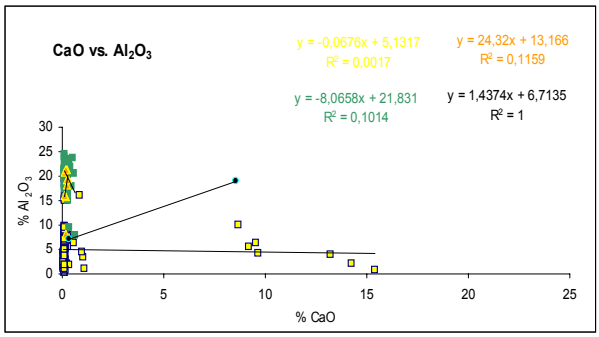


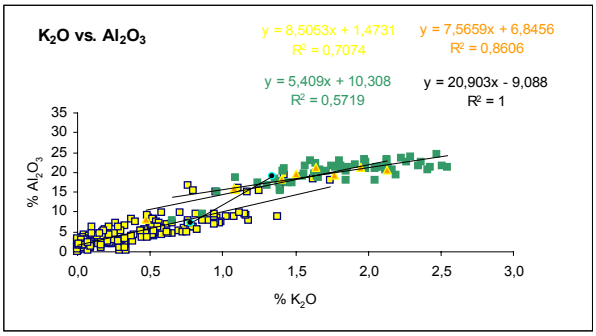


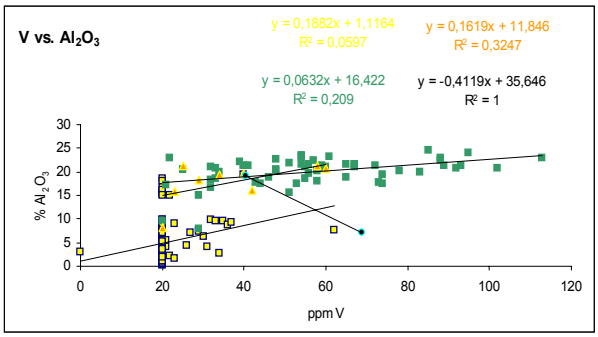


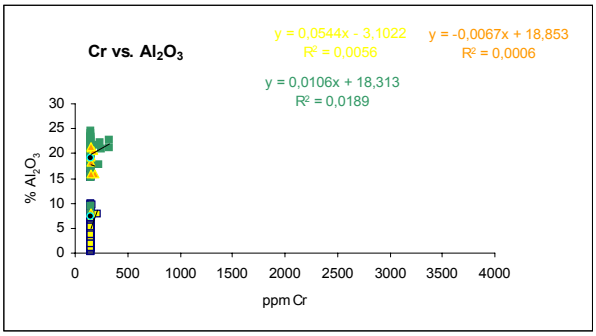
(Continuación)

sección río Orégano

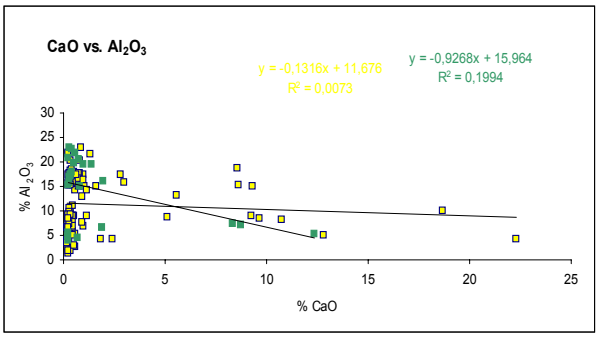


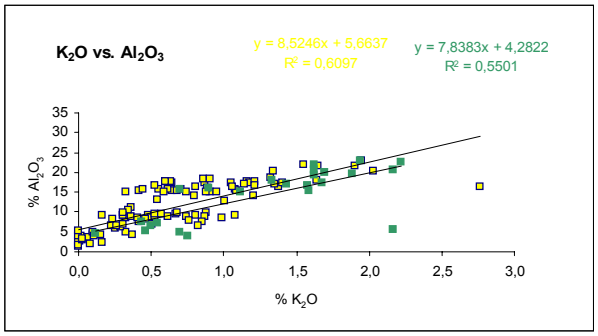


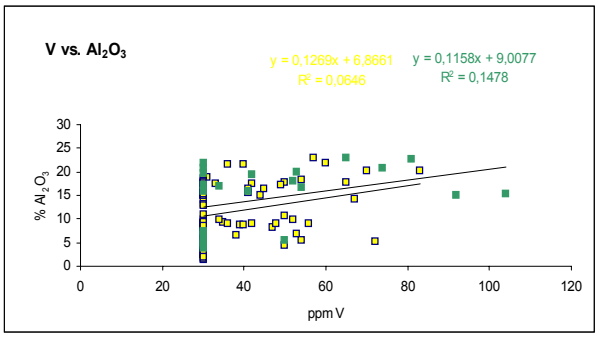


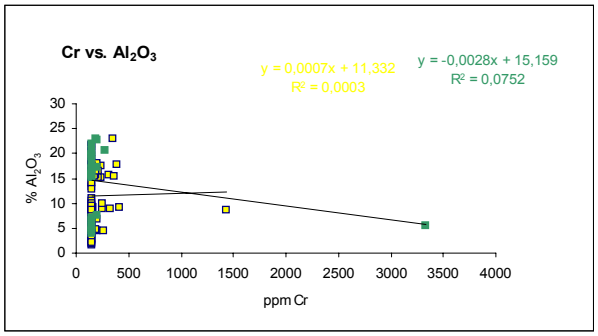


sección tipo



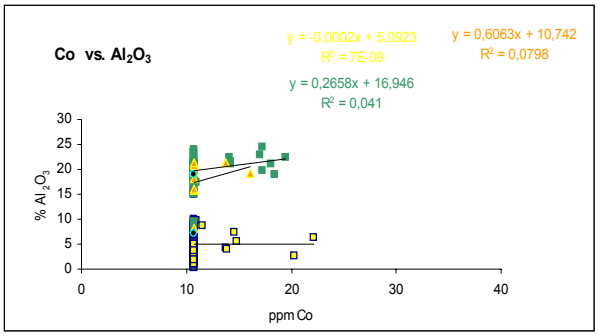


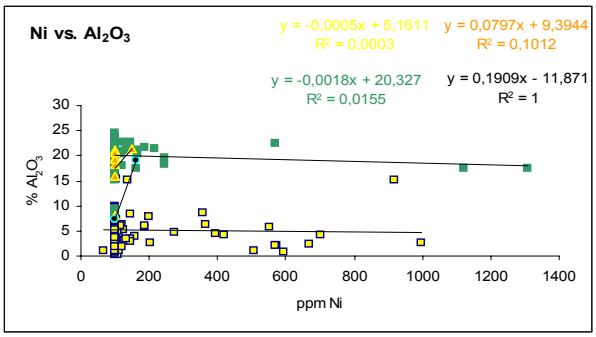


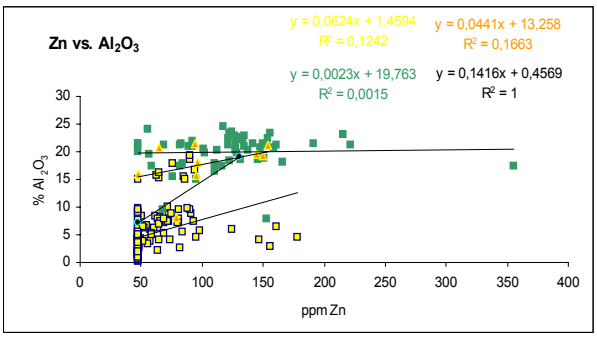


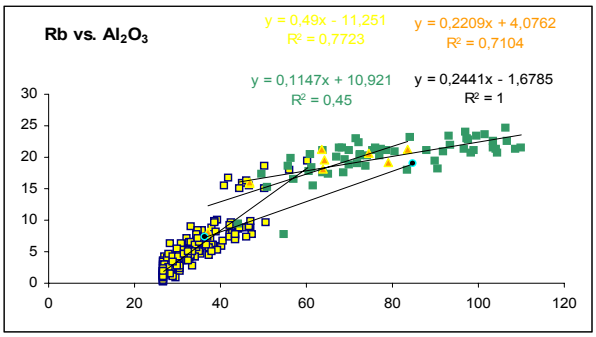
(Continuación)

sección río Orégano

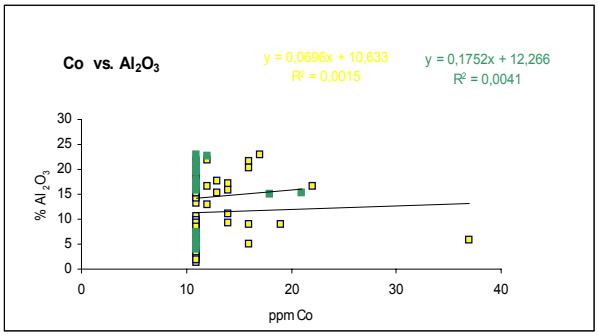


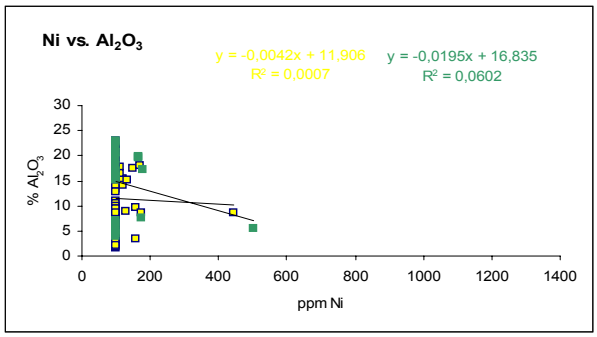


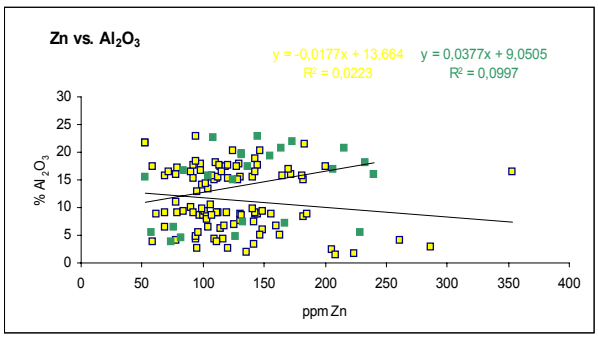


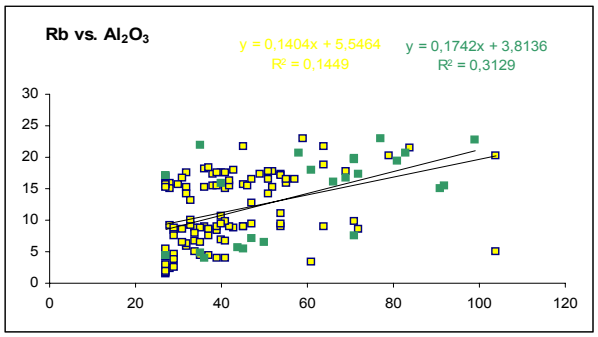


sección tipo



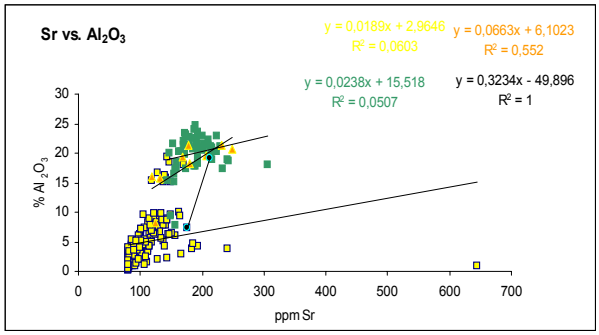


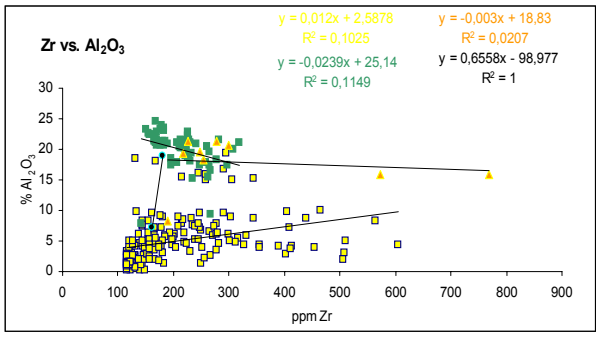


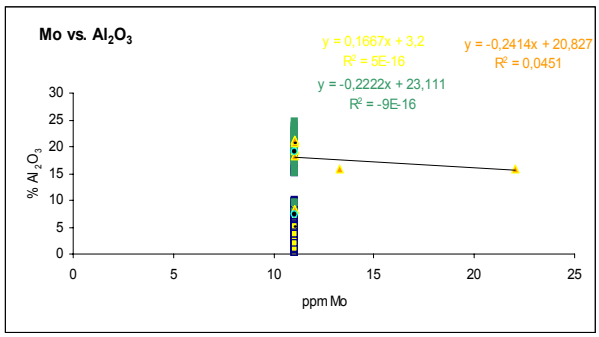


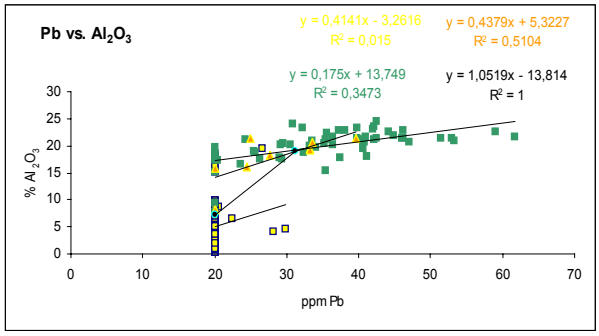
(Continuación)

sección río Orégano

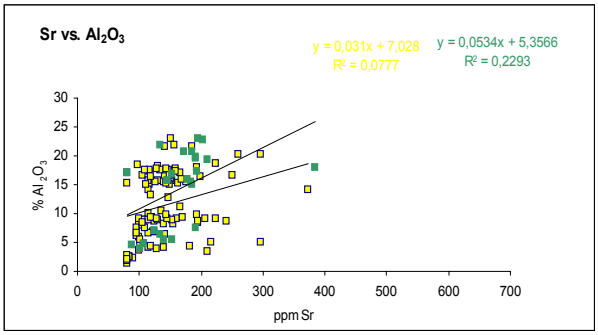


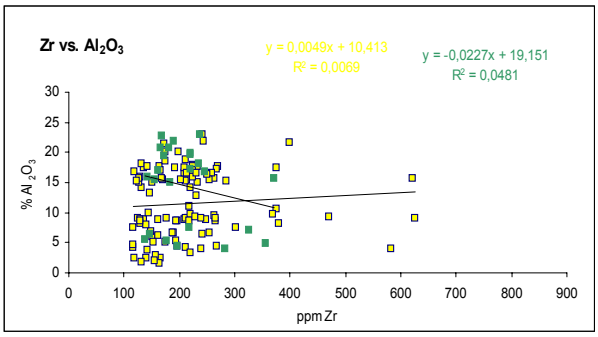


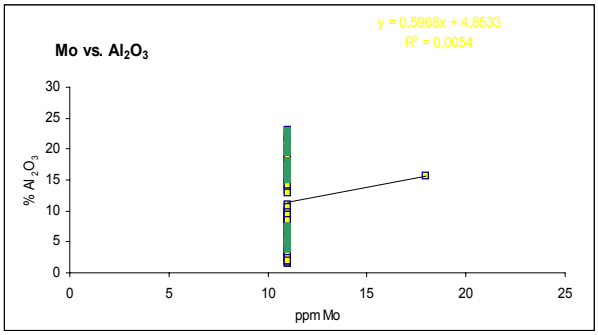


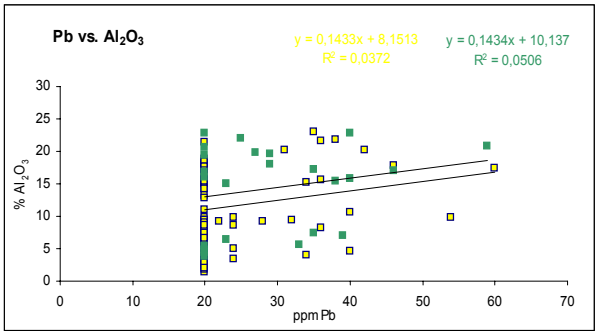


sección tipo



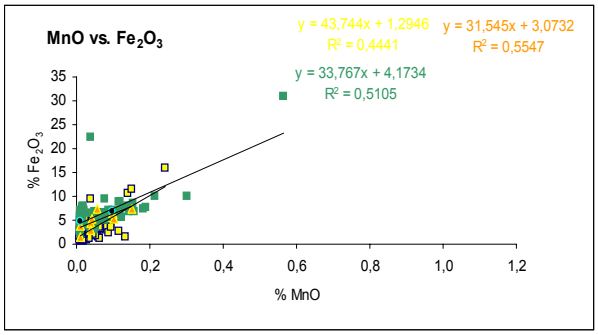


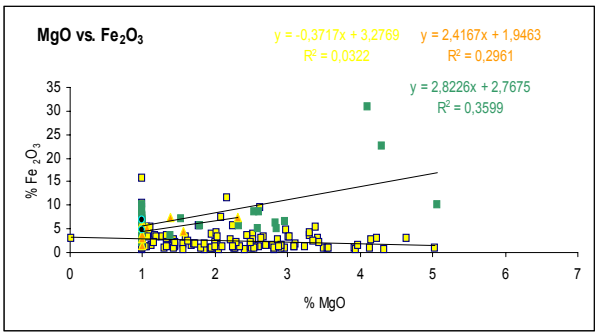


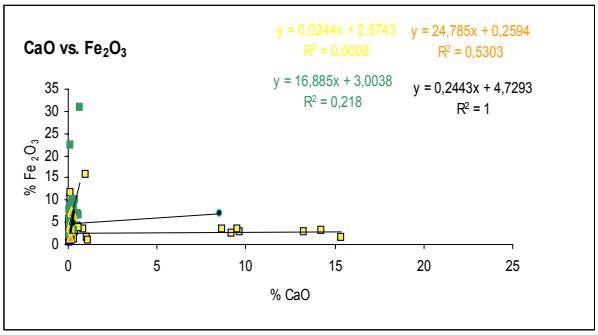


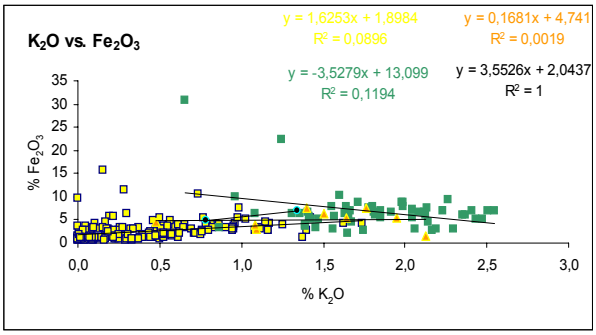
(Continuación)

sección río Orégano

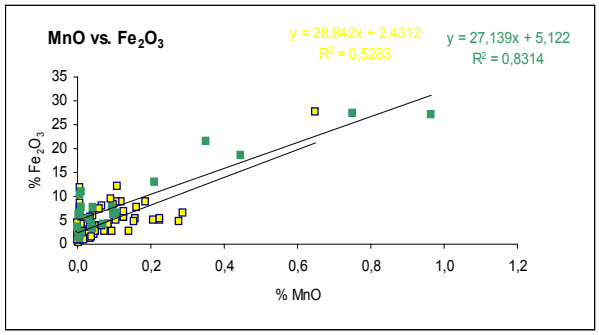


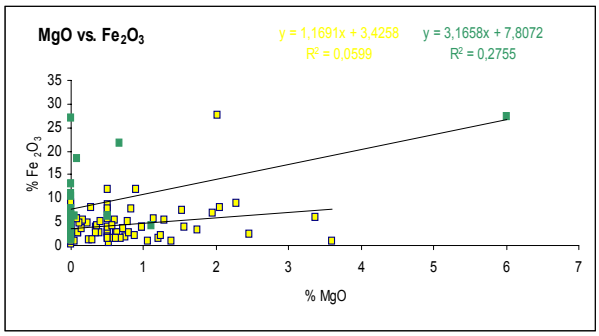


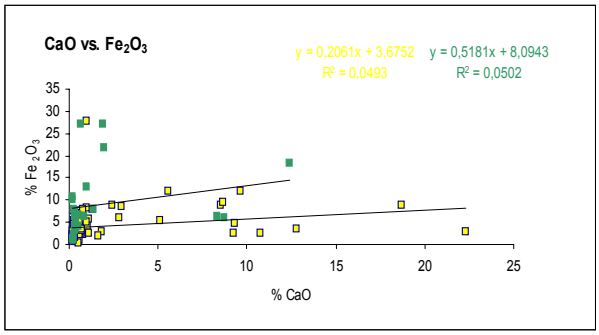


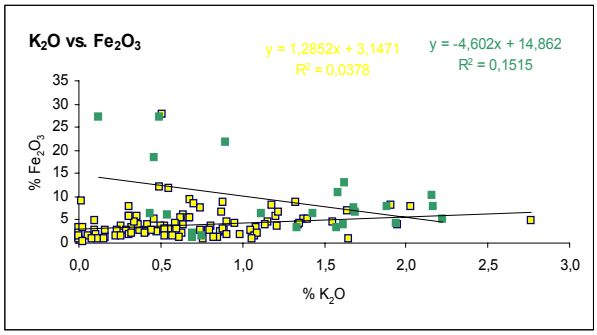


sección tipo



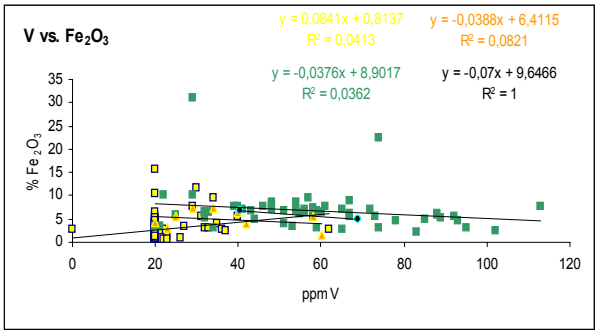


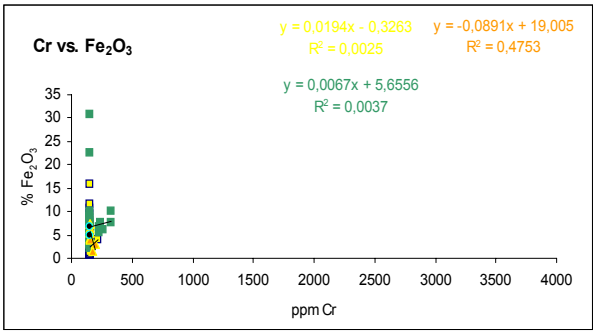


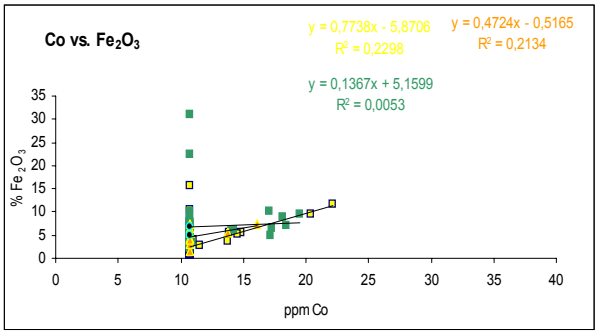


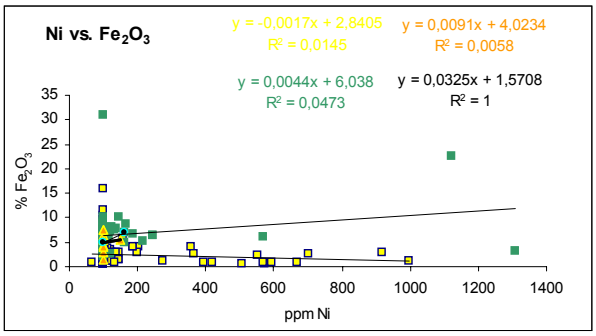
(Continuación)

sección río Orégano

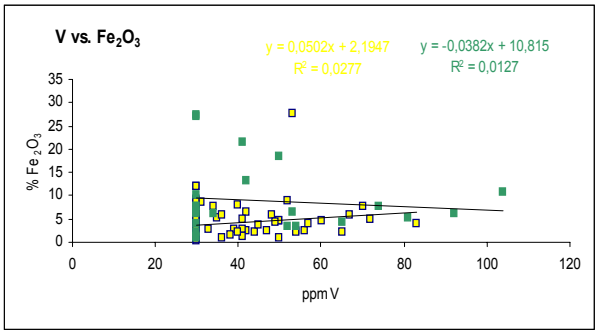


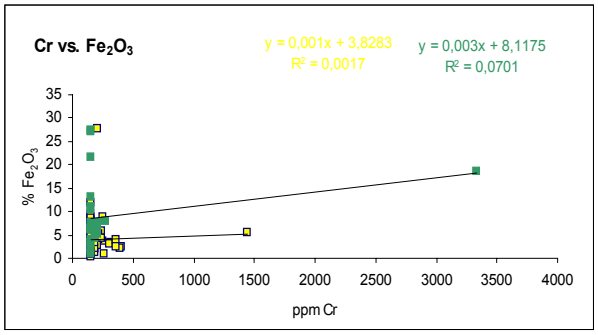


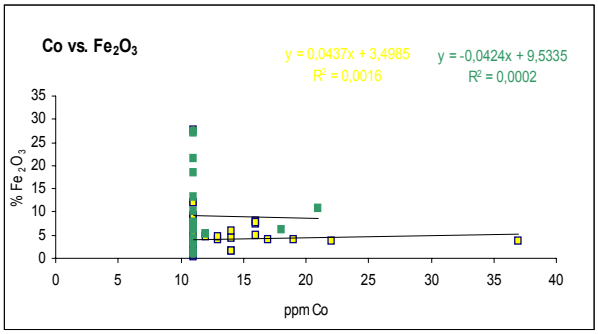


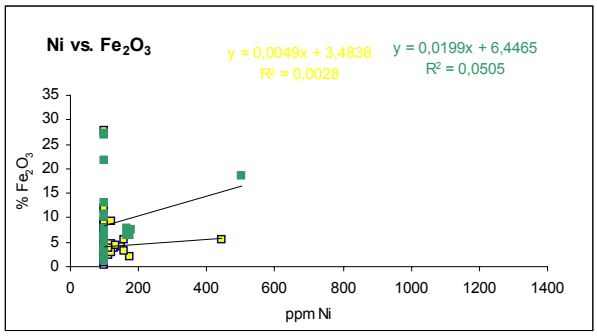


sección tipo



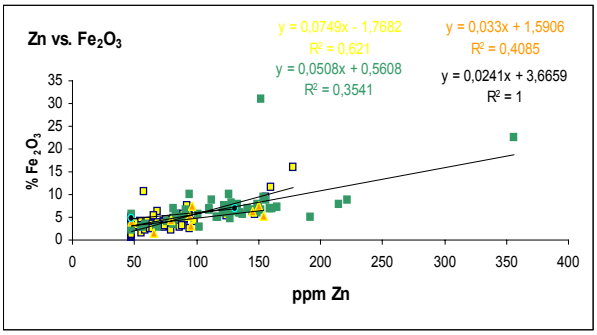


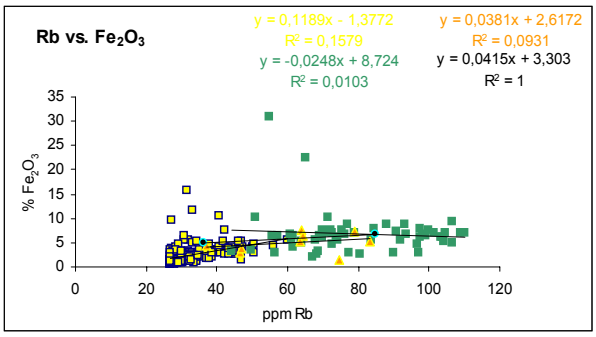


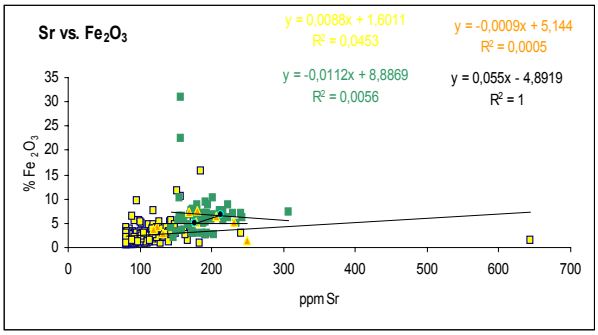


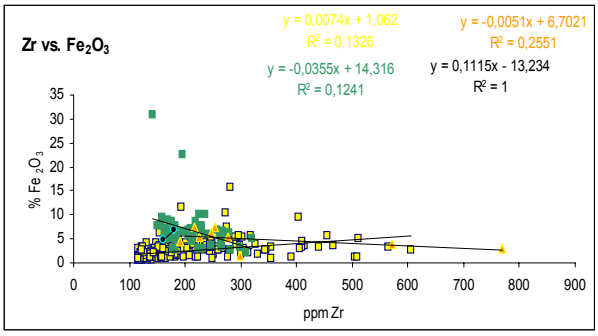
(Continuación)

sección río Orégano

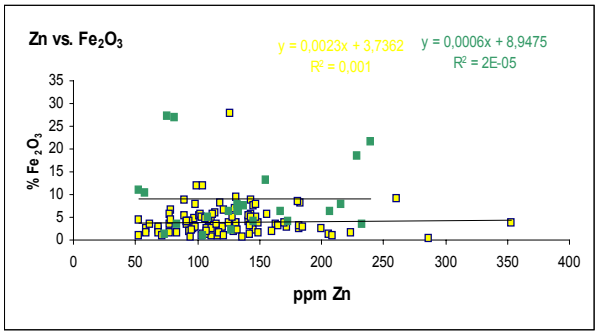


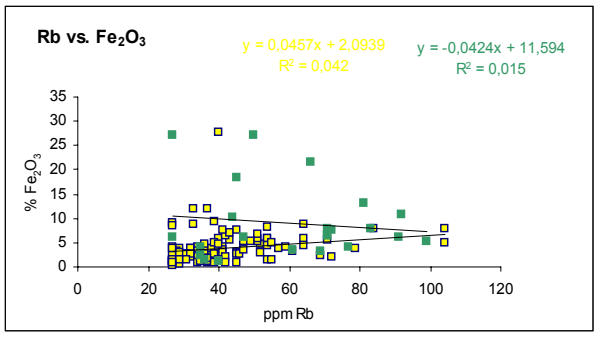


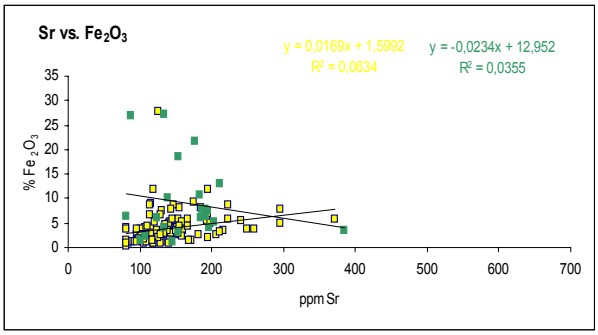


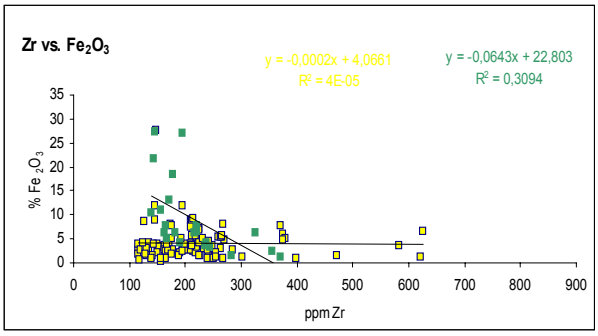


sección tipo



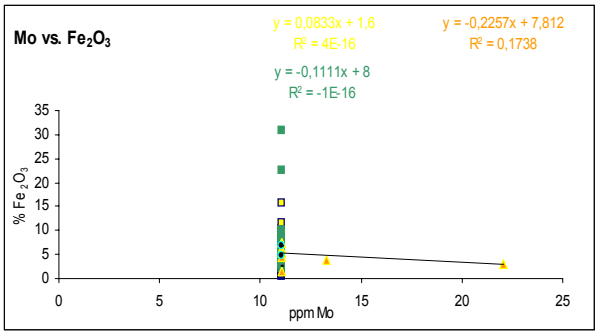


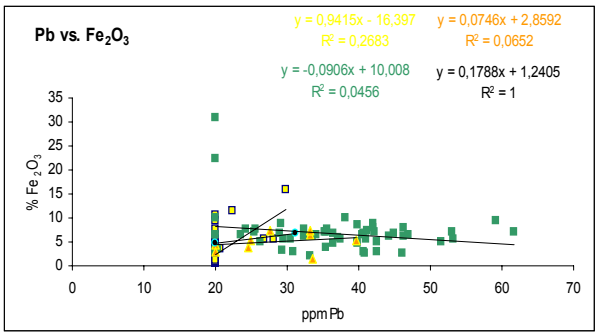


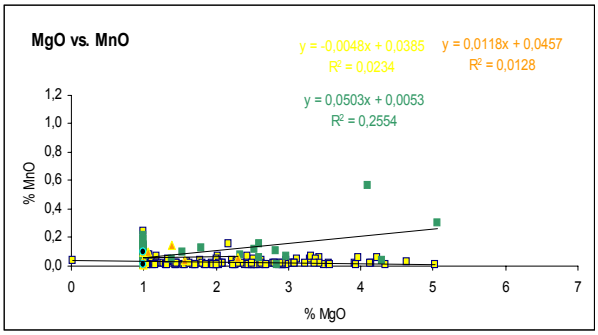


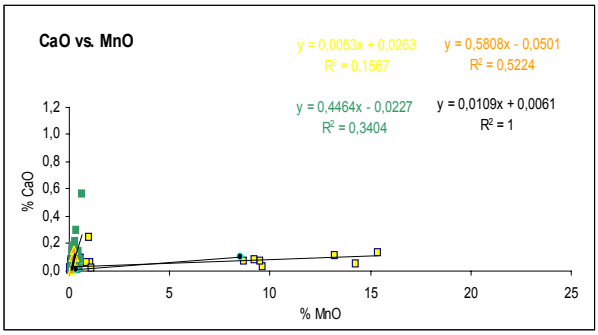
(Continuación)

sección río Orégano

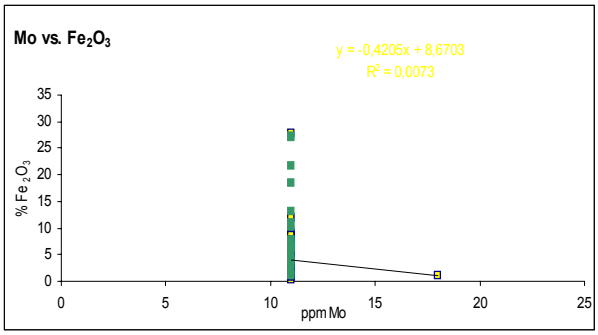


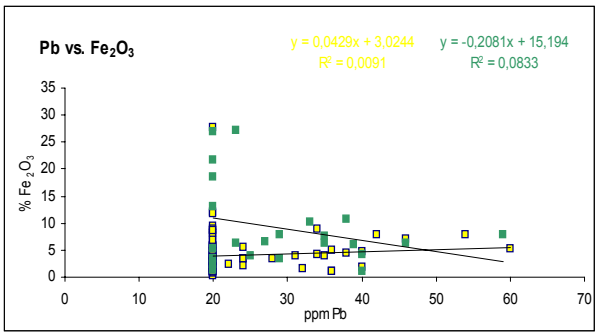


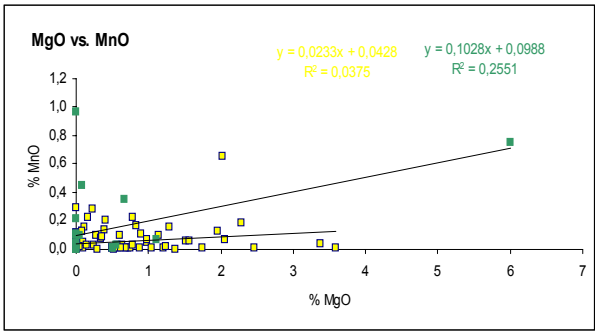


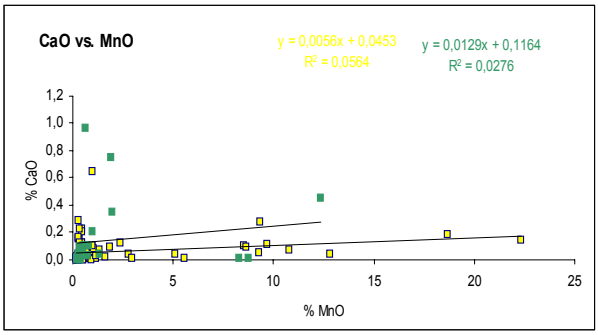


sección tipo



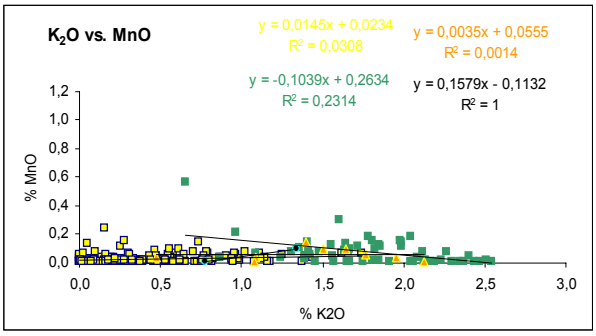


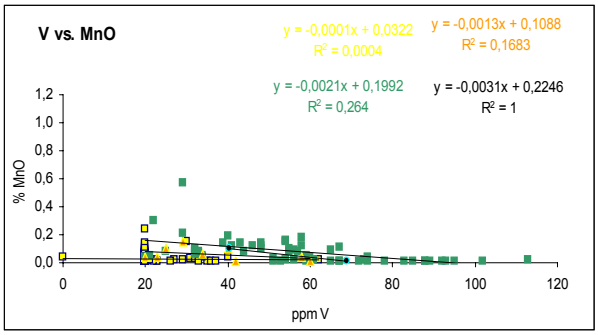


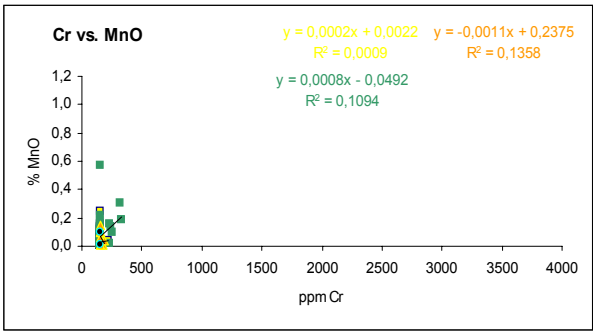


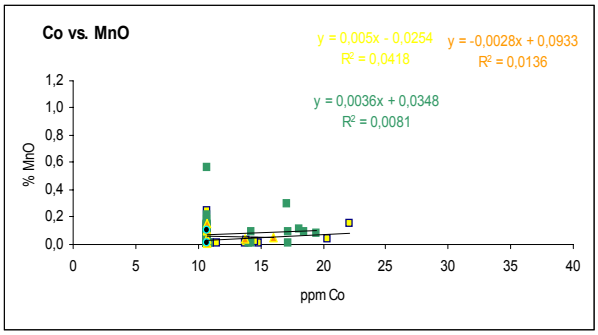
(Continuación)

sección río Orégano

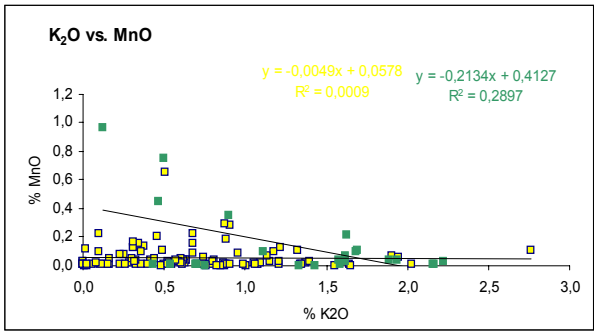


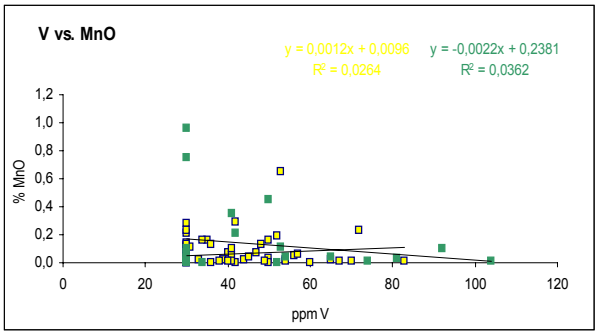


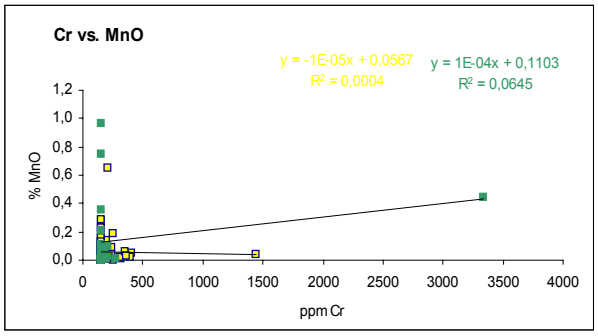


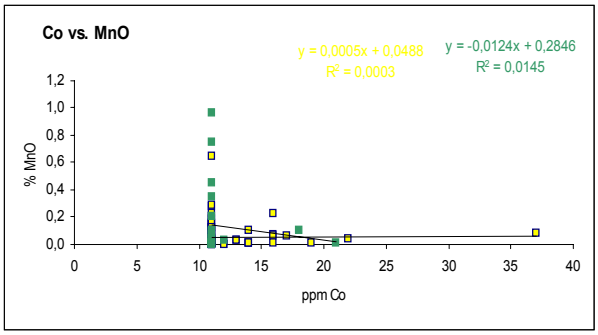


sección tipo



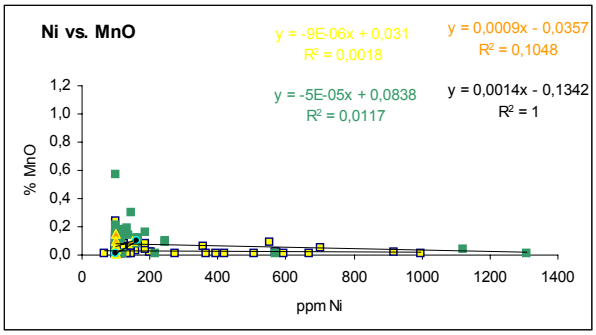


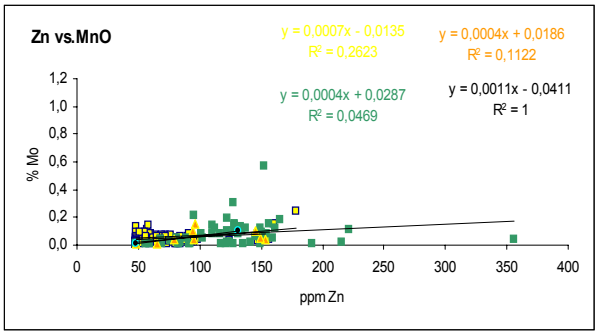


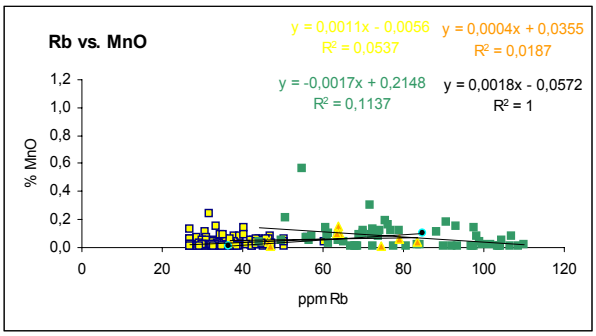


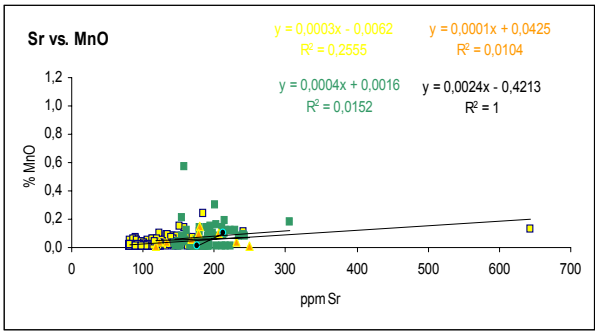
(Continuación)

sección río Orégano

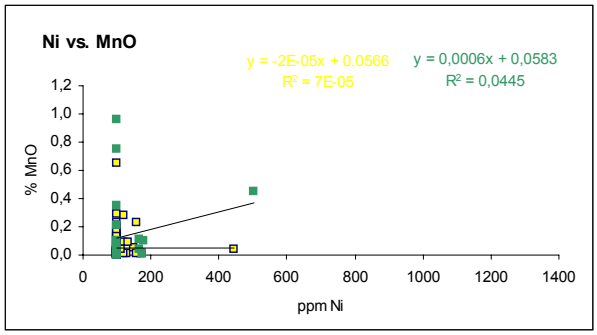


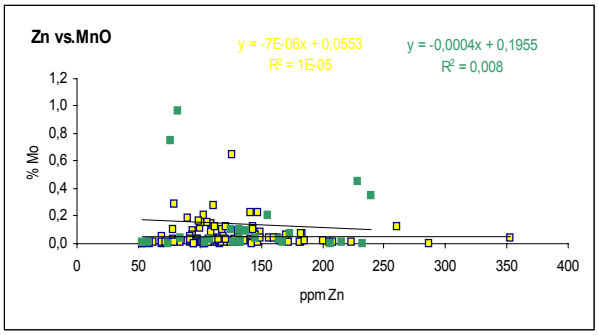


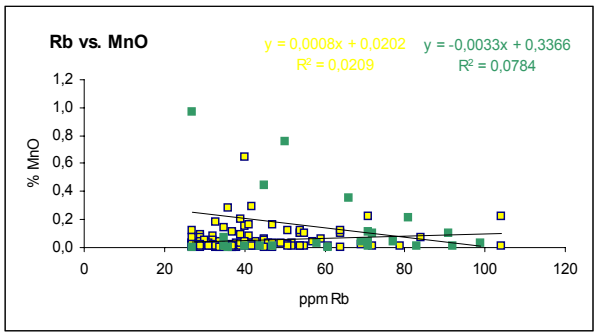


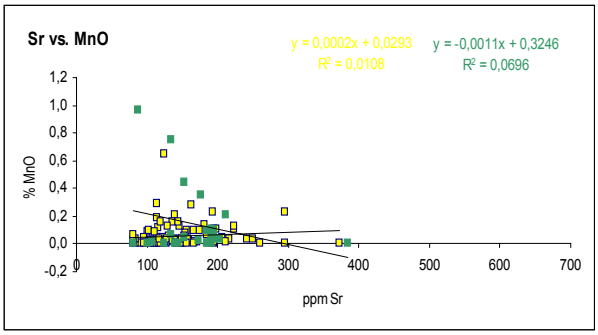


sección tipo



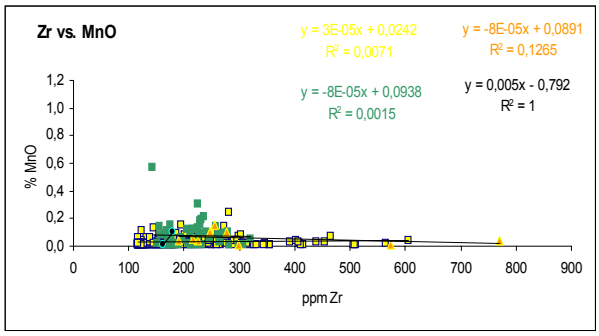


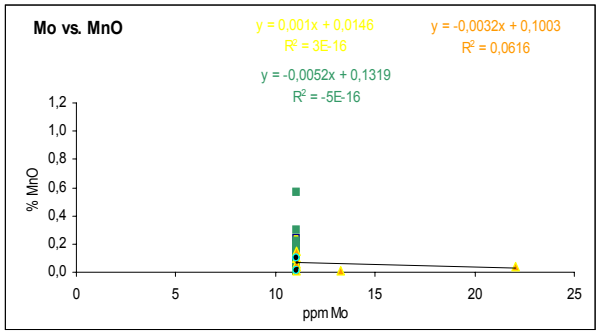


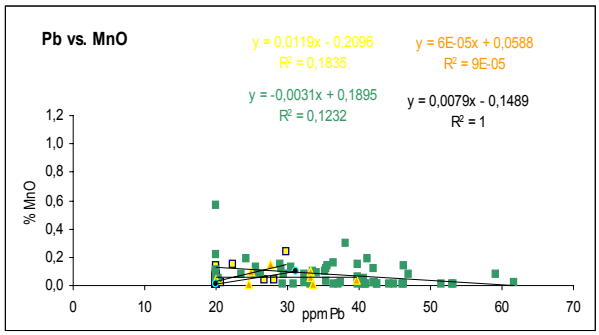


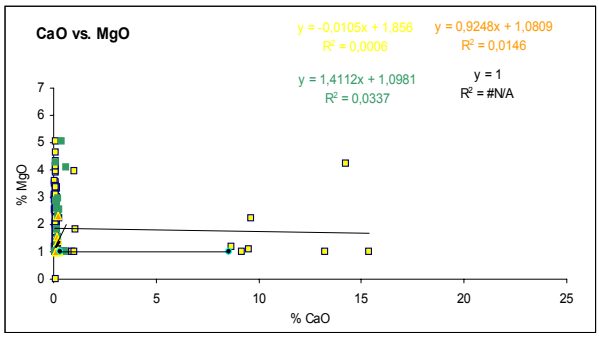
(Continuación)

sección río Orégano

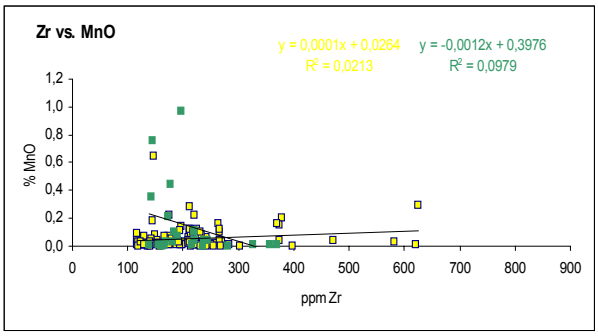


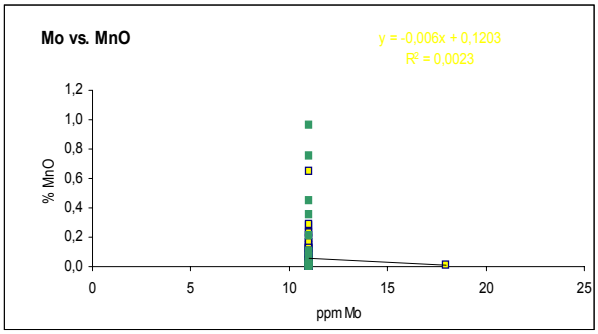


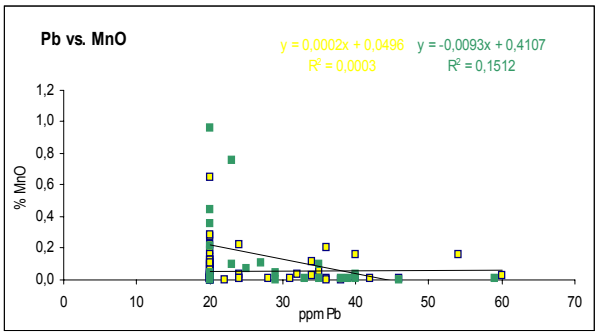


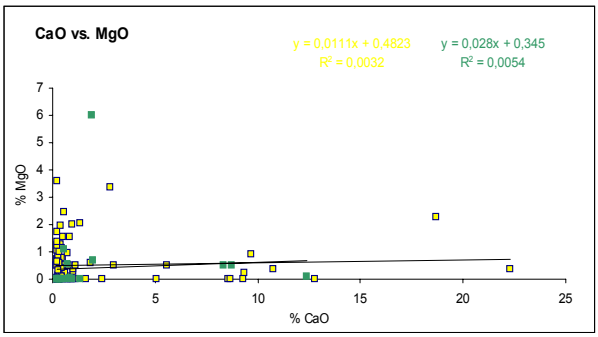


sección tipo



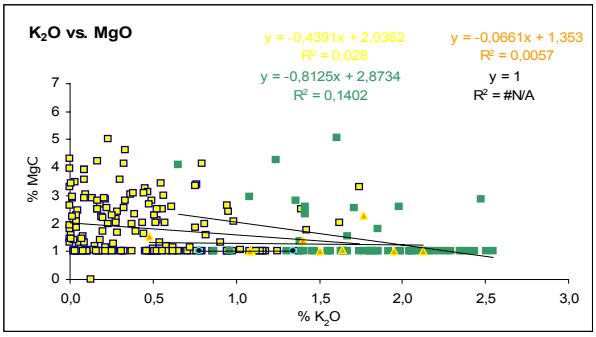


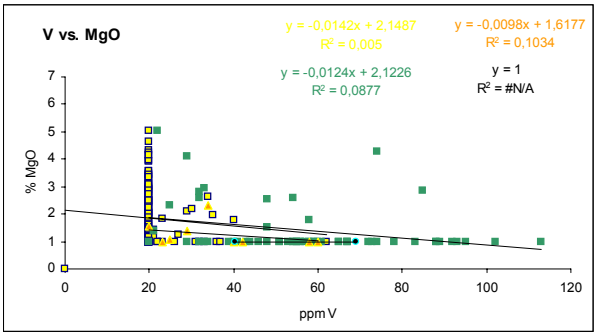


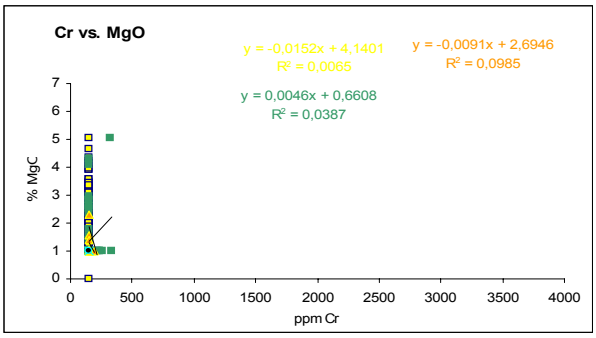


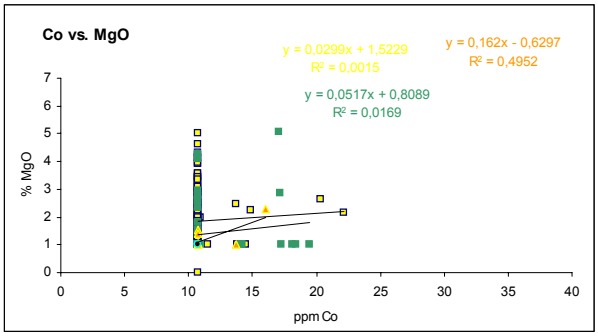
(Continuación)

sección río Orégano

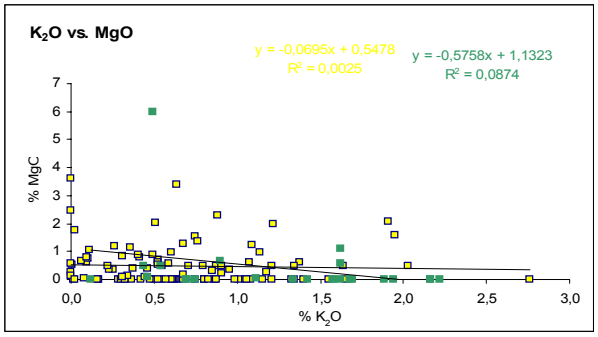


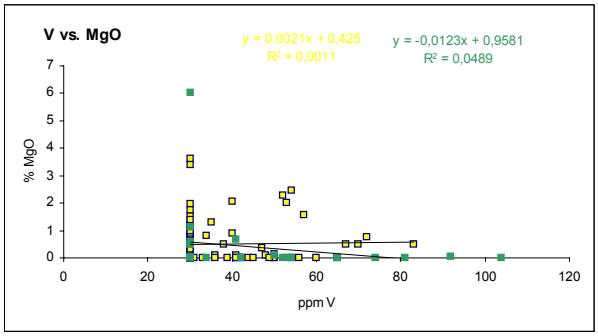


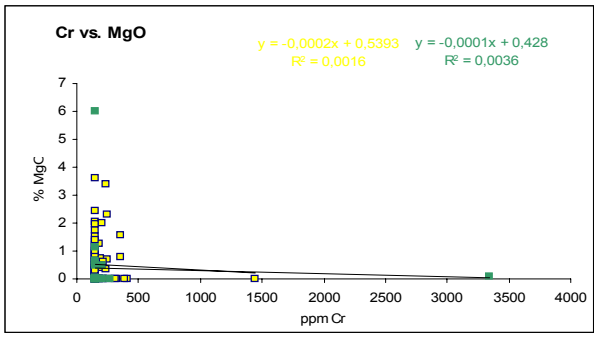


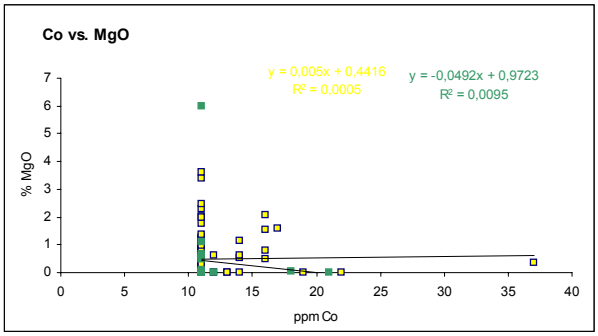


sección tipo



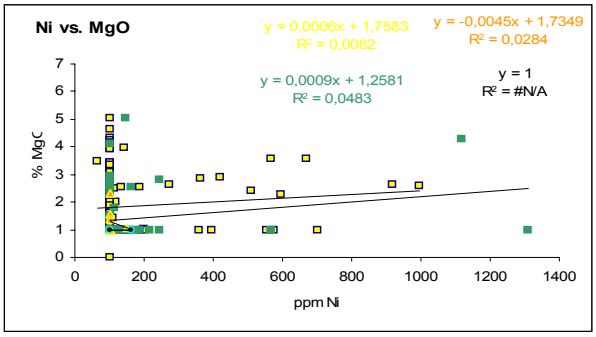


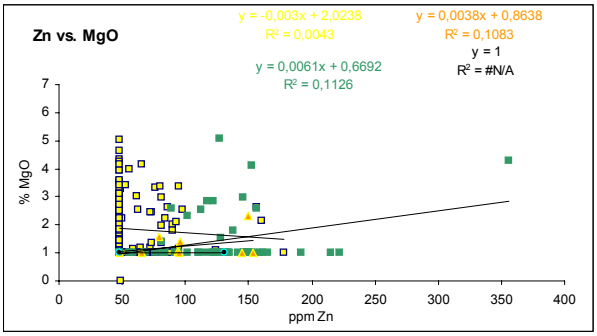


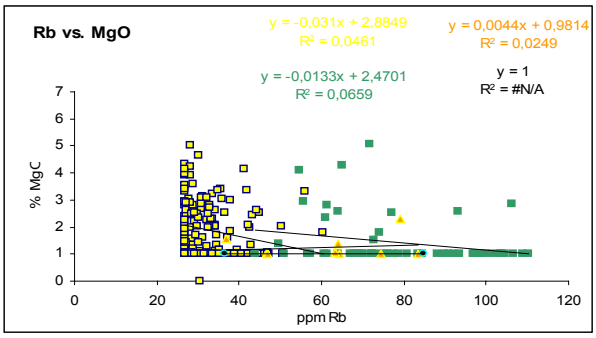


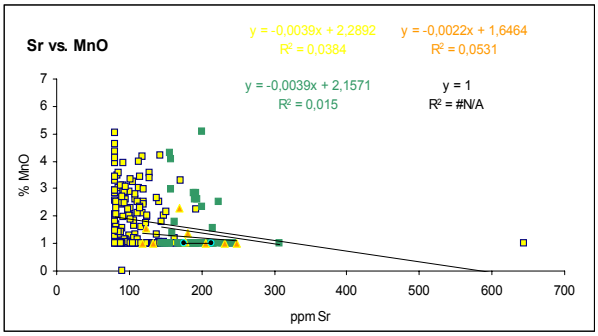
(Continuación)

sección río Orégano

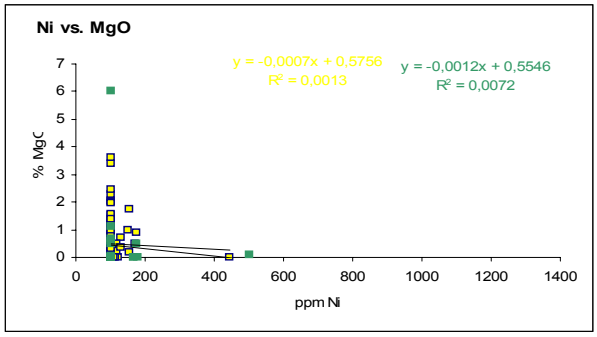


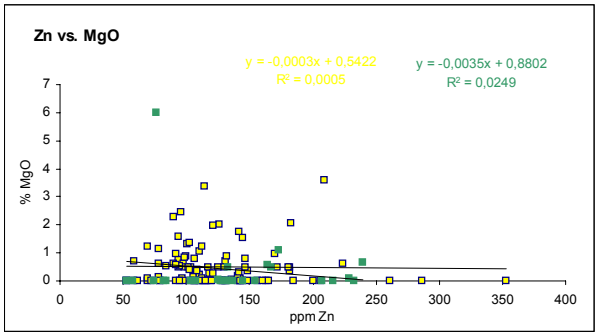


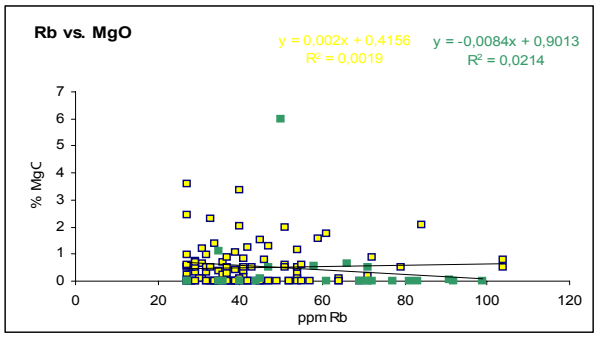


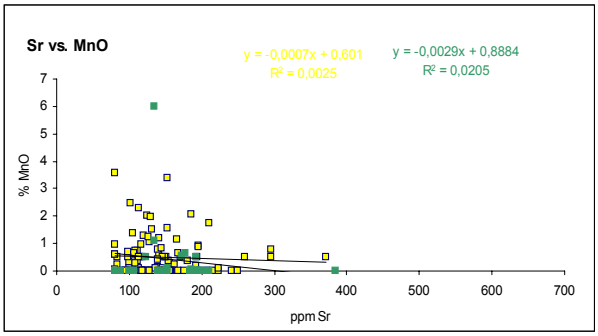


sección tipo



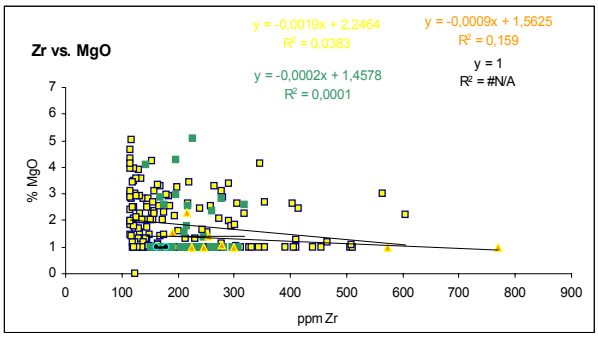


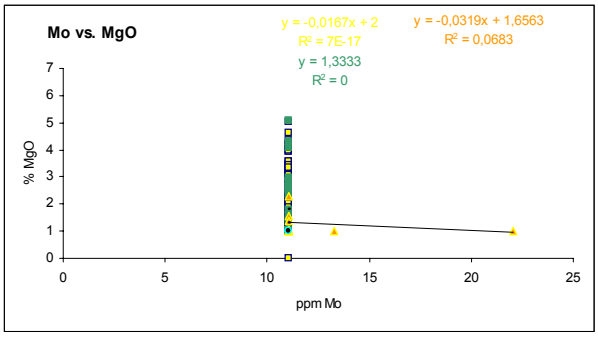


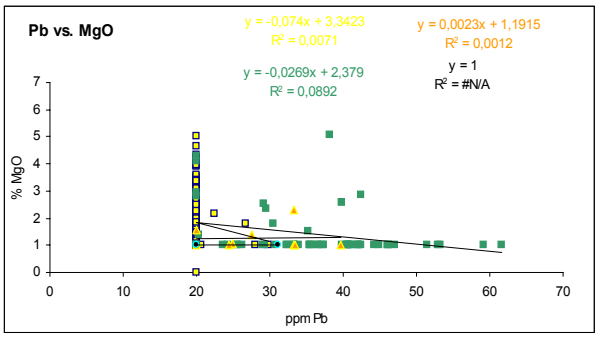


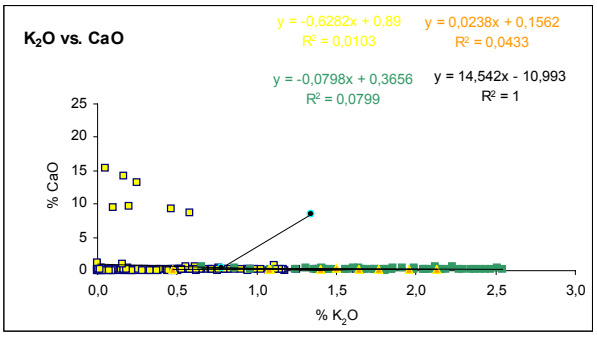
(Continuación)

sección río Orégano

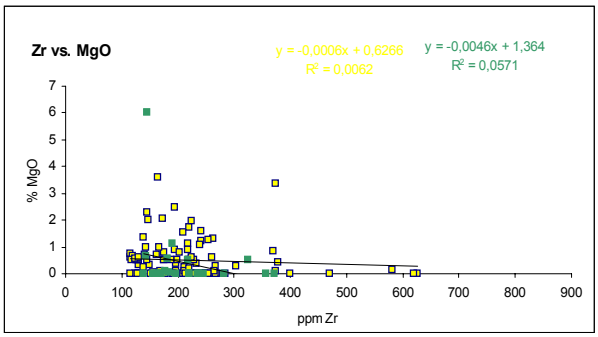


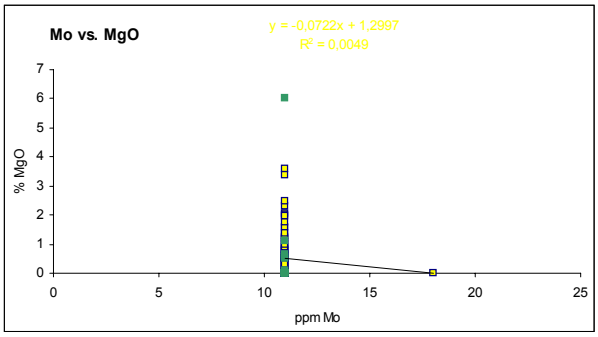


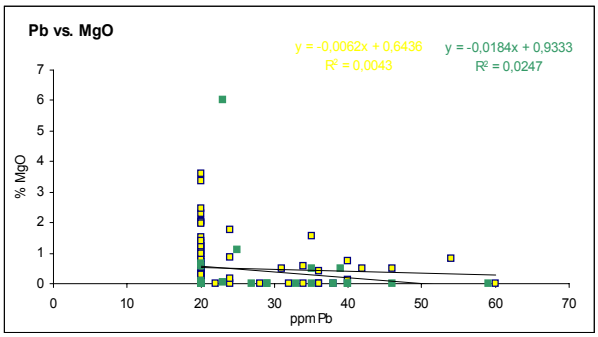


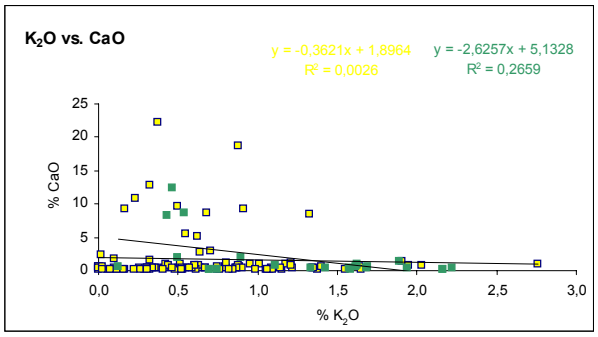


sección tipo



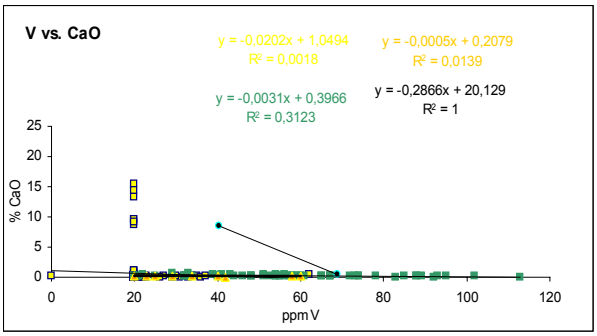


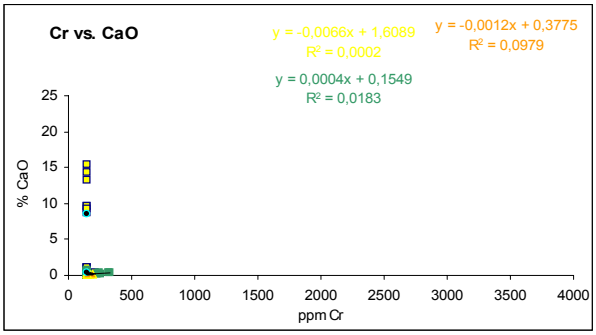


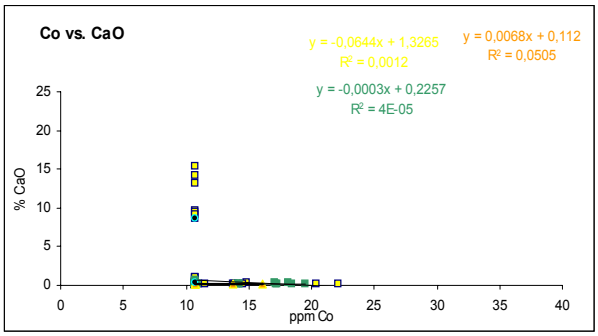


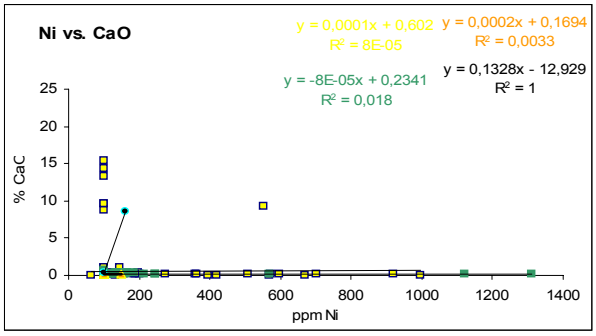
(Continuación)

sección río Orégano

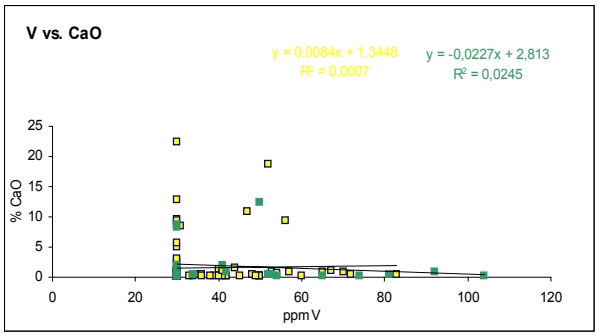


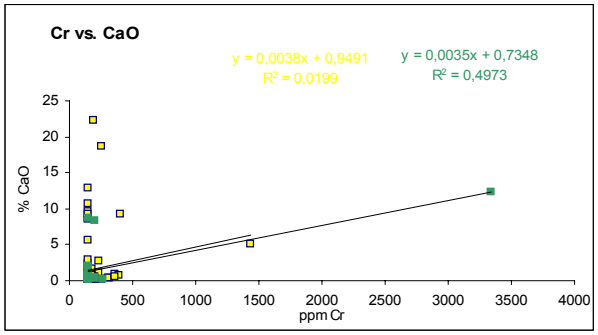


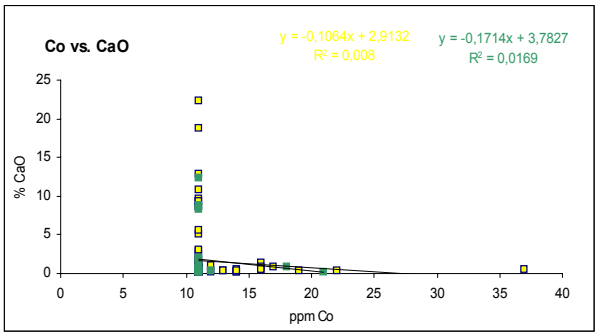


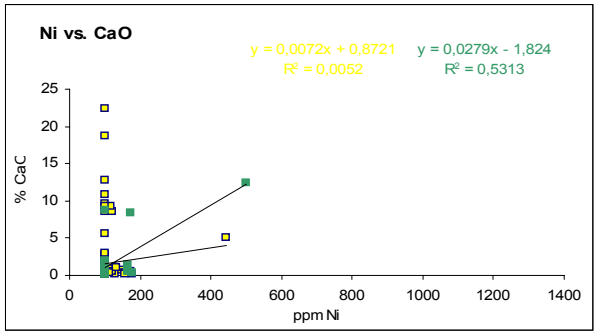


sección tipo



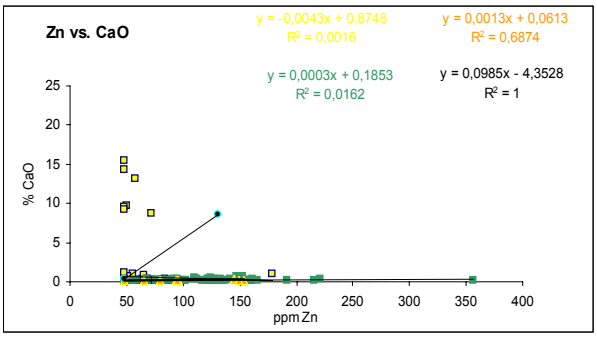


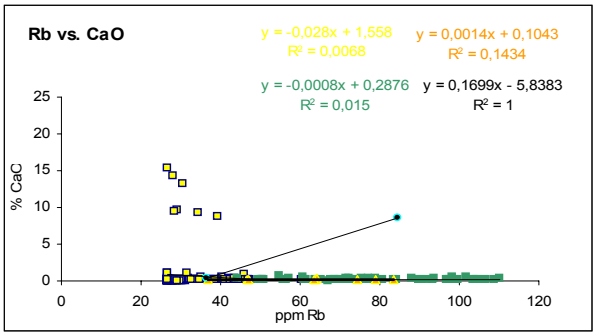


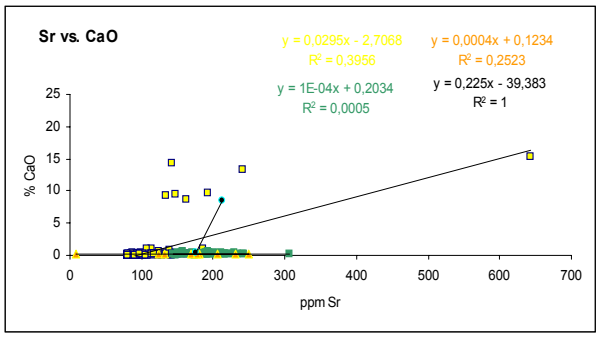


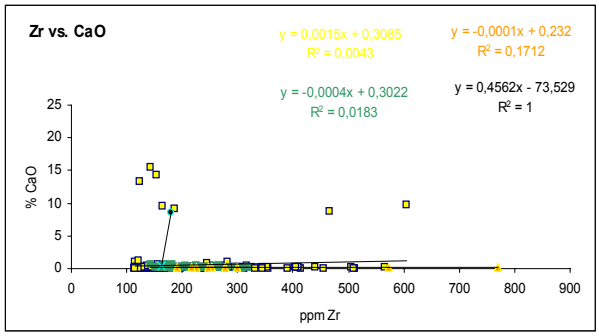
(Continuación)

sección río Orégano

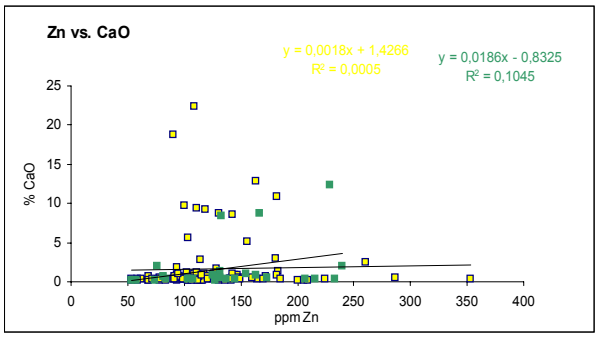


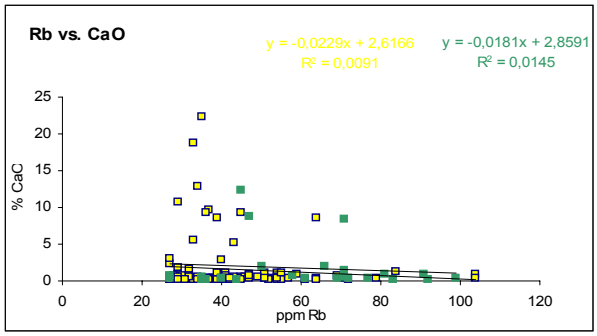


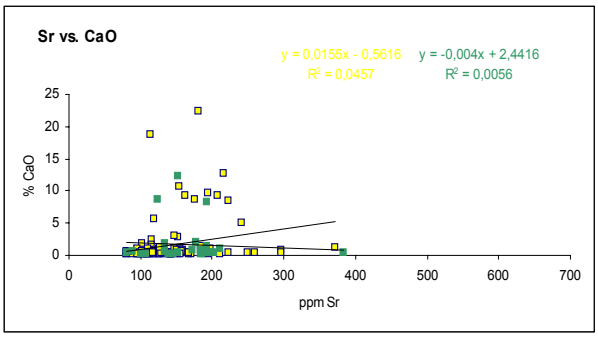


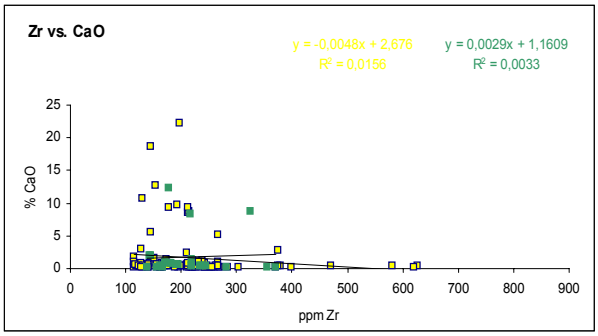


sección tipo



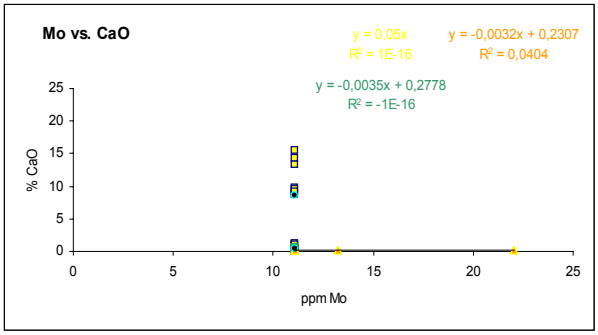


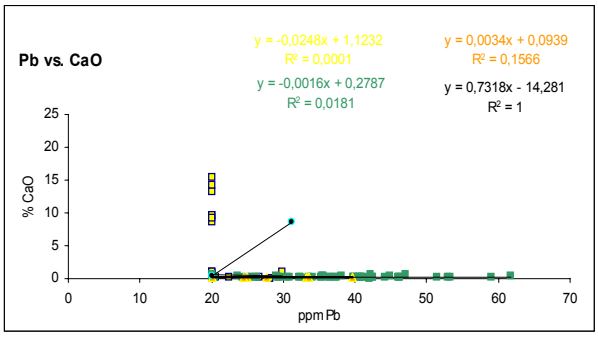


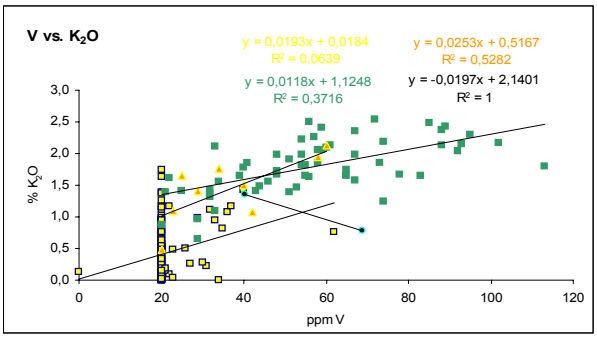


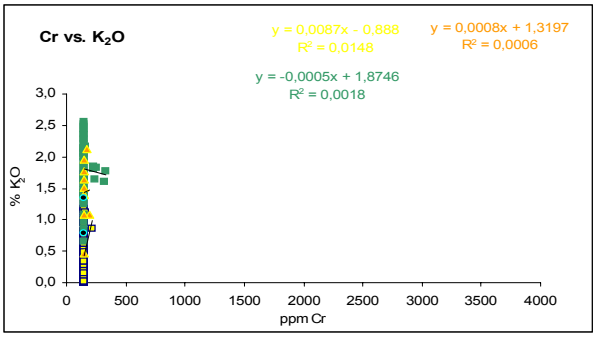
(Continuación)

sección río Orégano

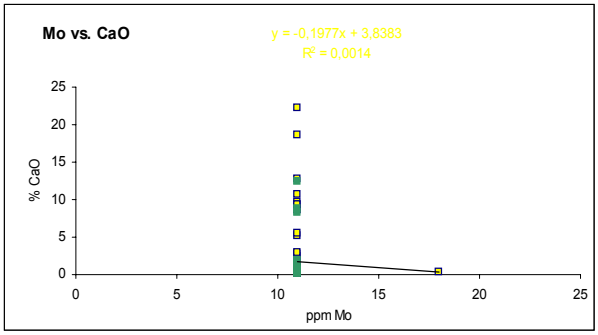


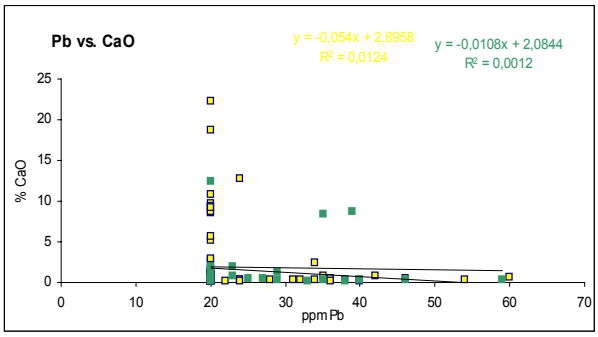


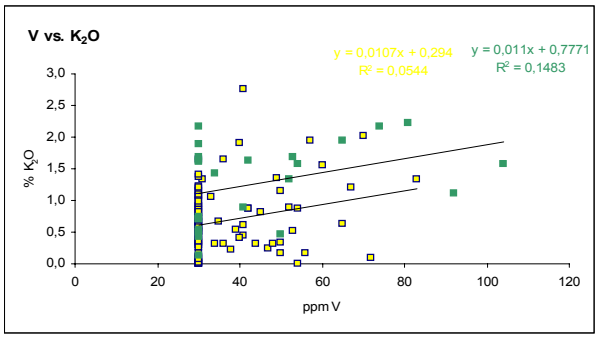


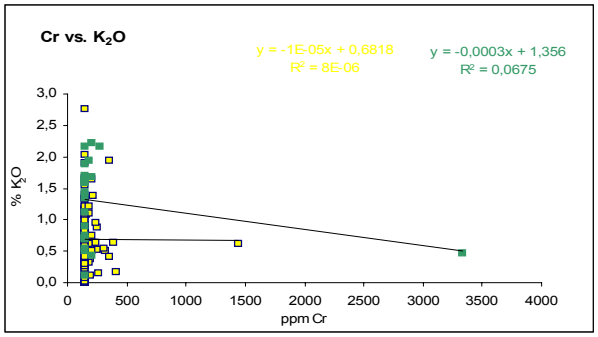


sección tipo



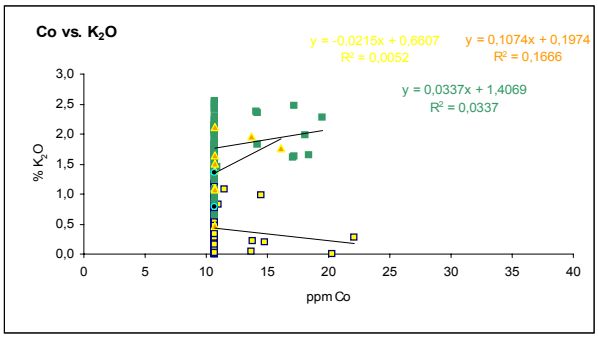


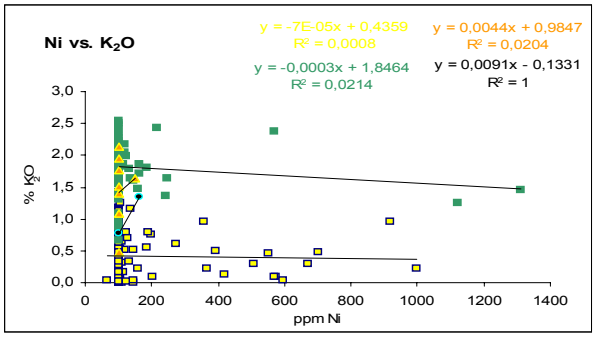


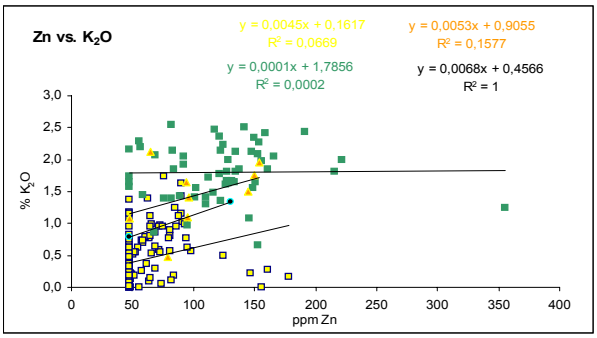


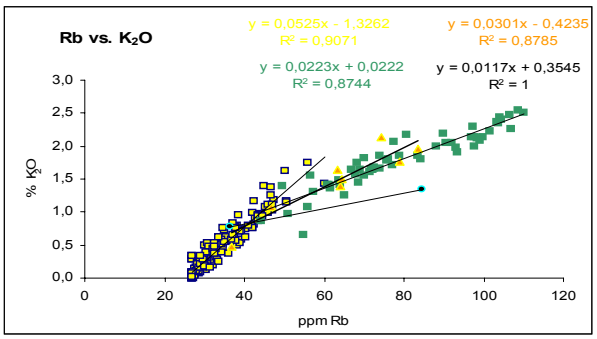
(Continuación)

sección río Orégano

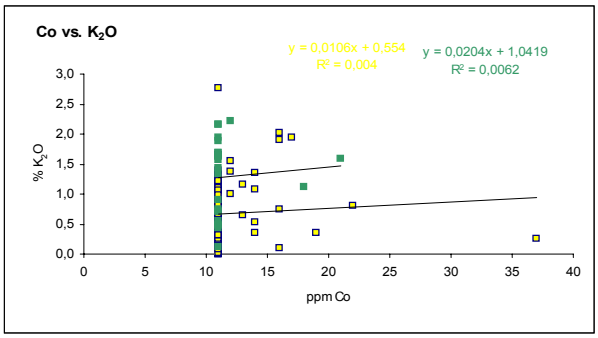


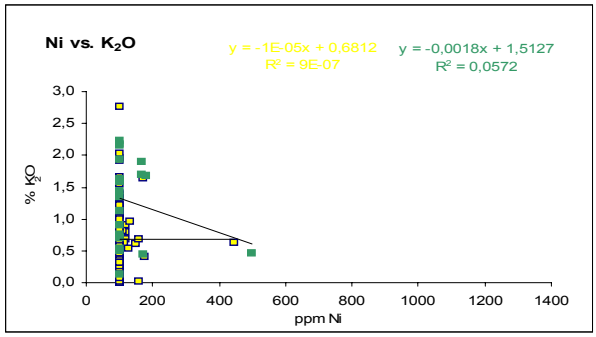


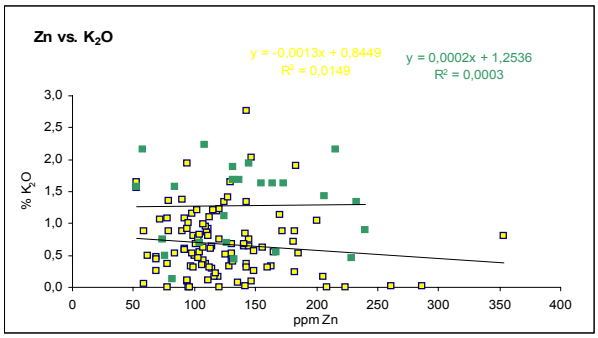


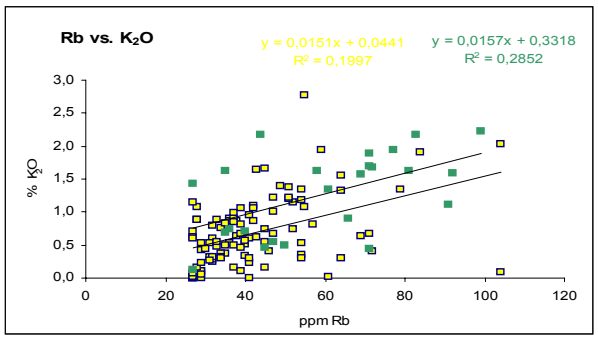


sección tipo



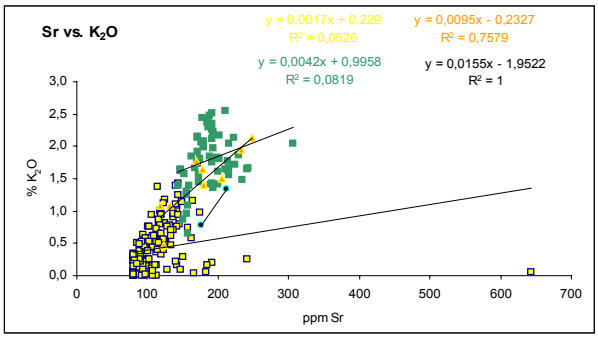


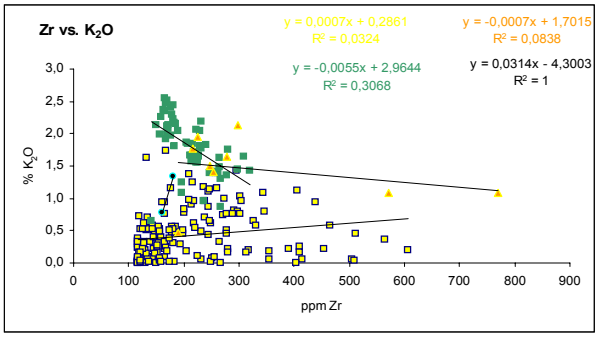


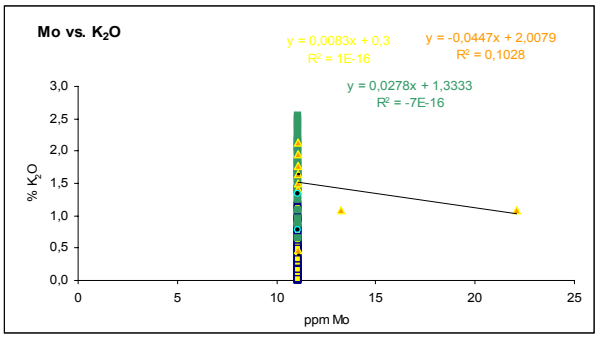


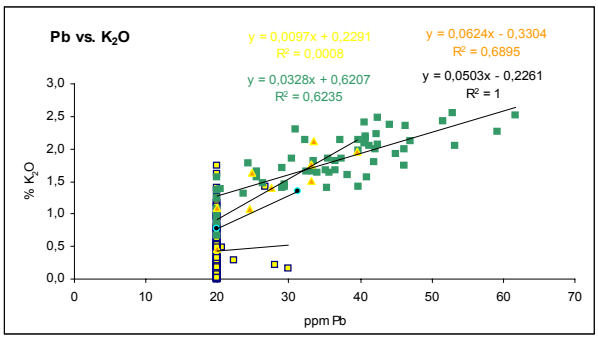
(Continuación)

sección río Orégano

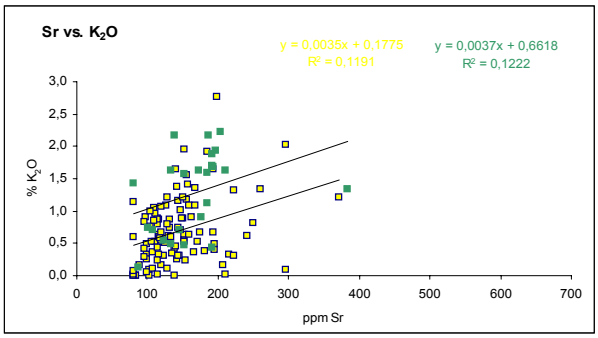


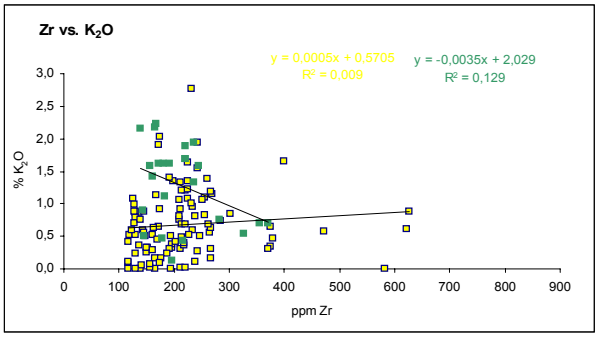


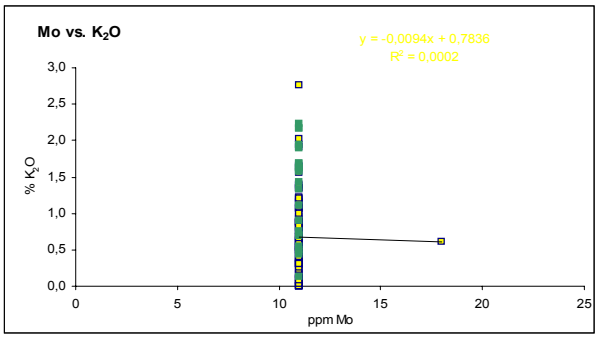


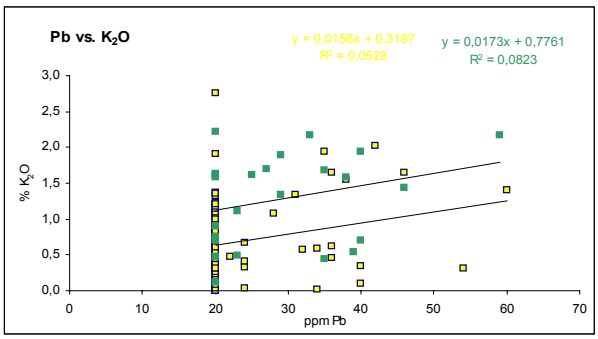


sección tipo



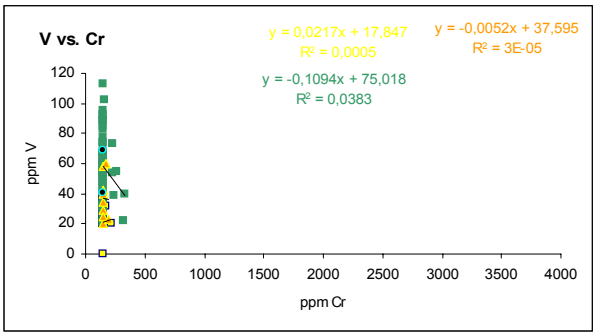


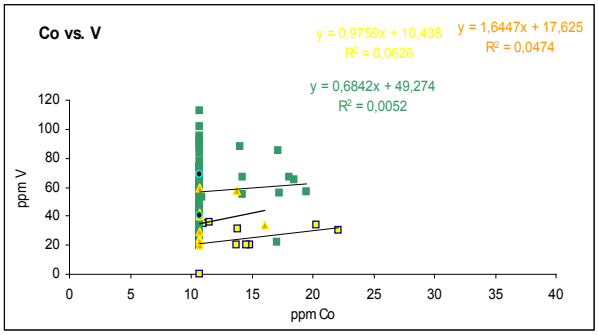


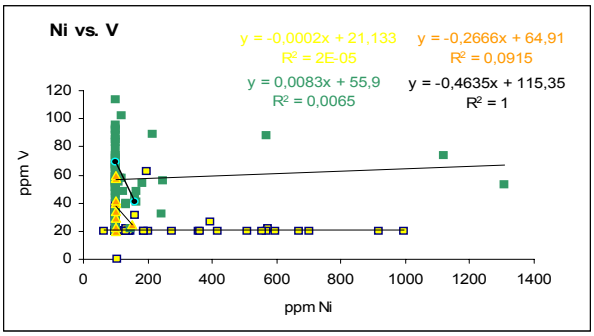


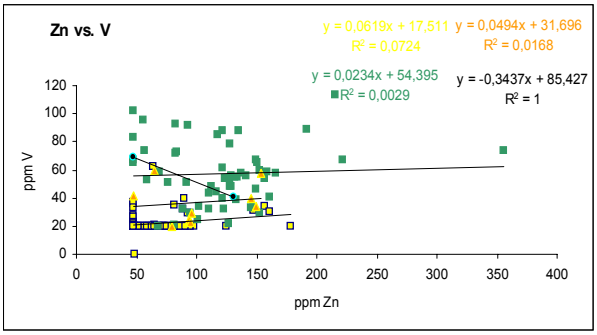
(Continuación)

sección río Orégano

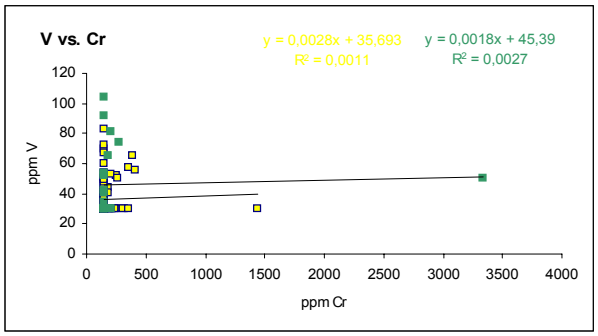


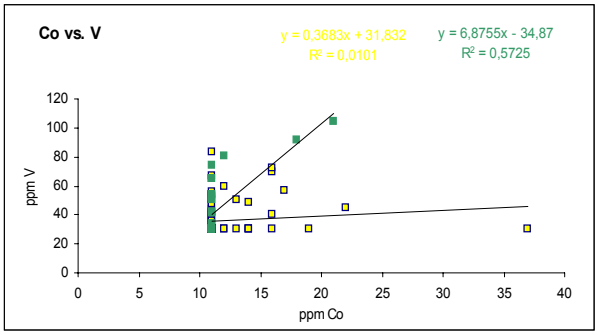


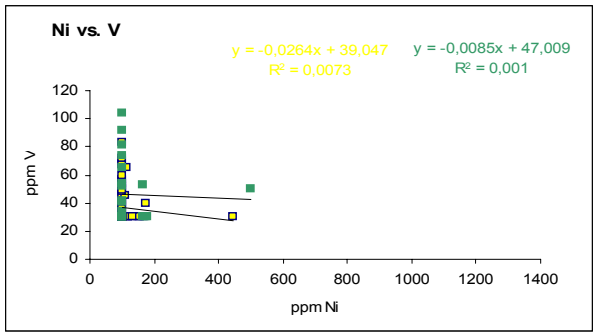


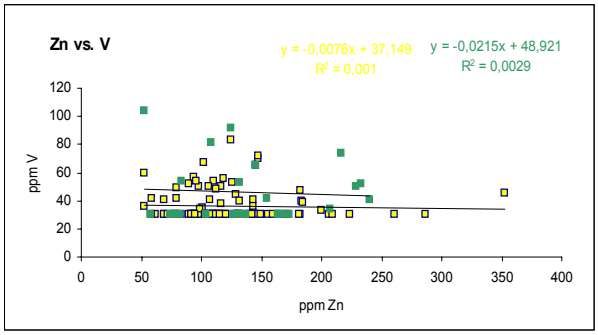


sección tipo



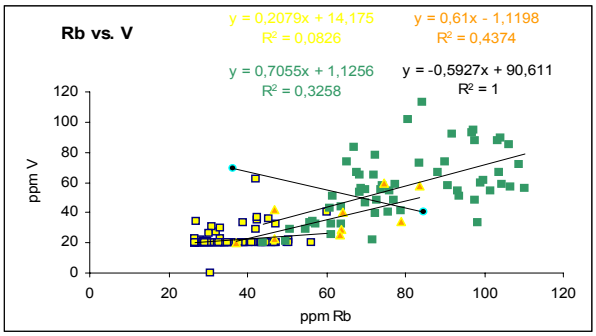


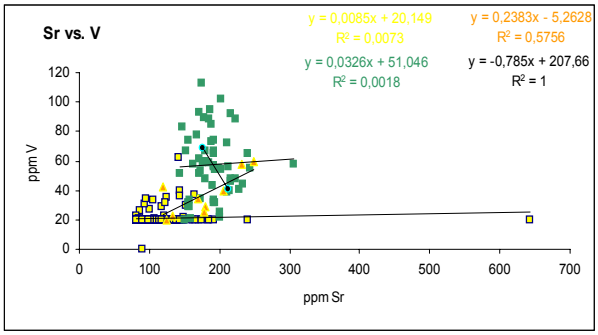


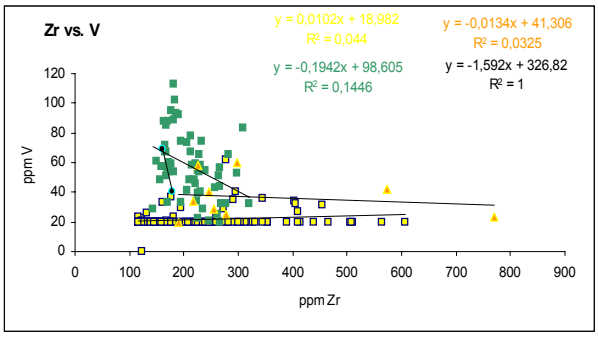


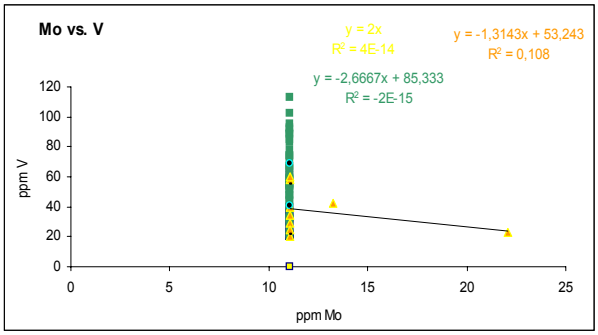
(Continuación)

sección río Orégano

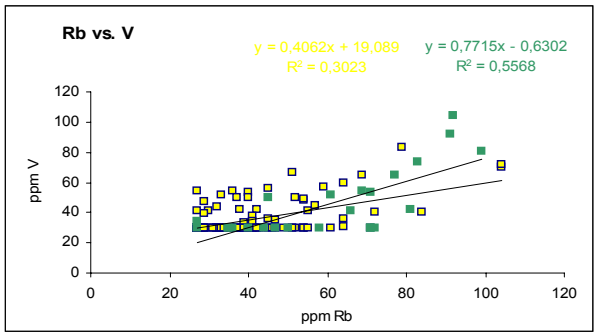


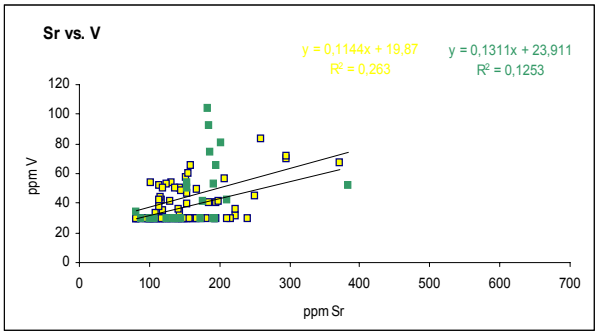


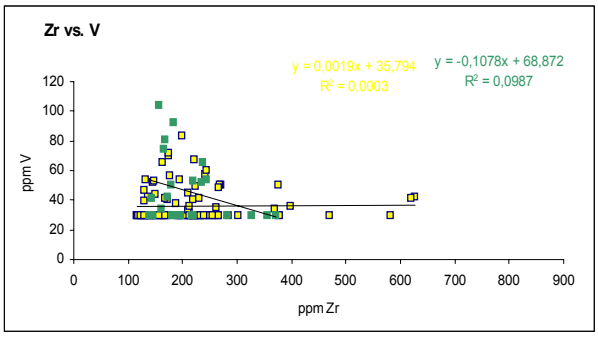


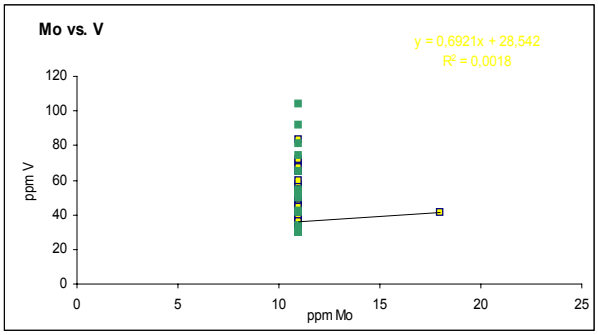


sección tipo



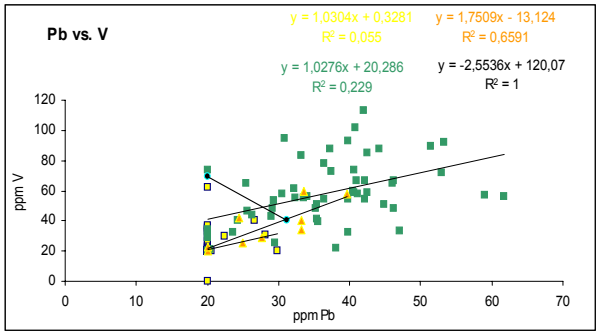


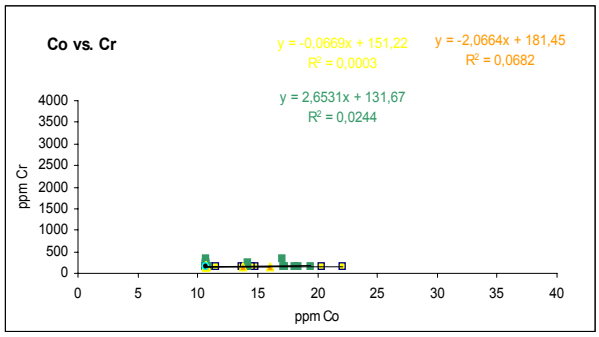


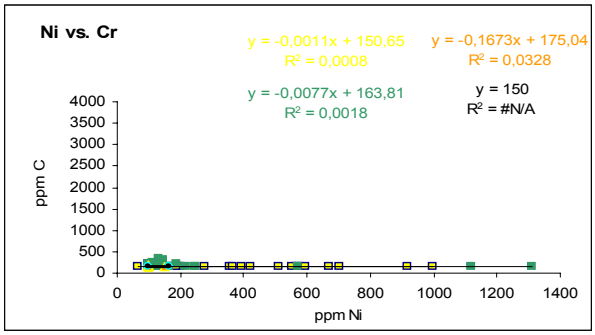


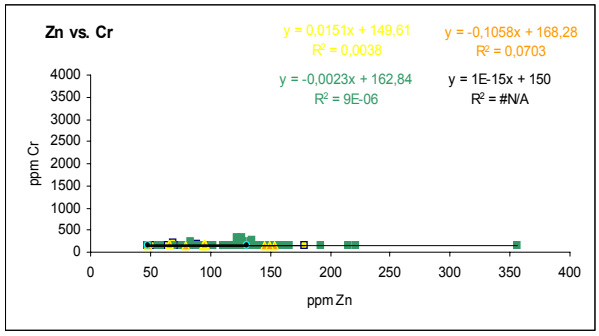
(Continuación)

sección río Orégano

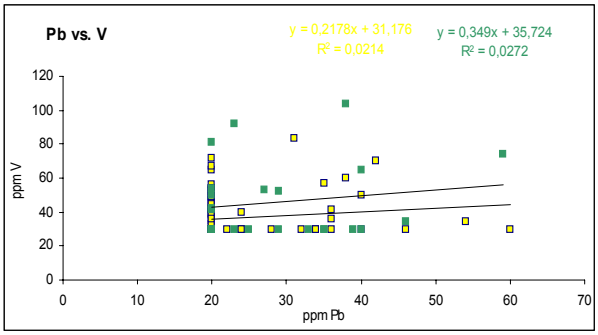


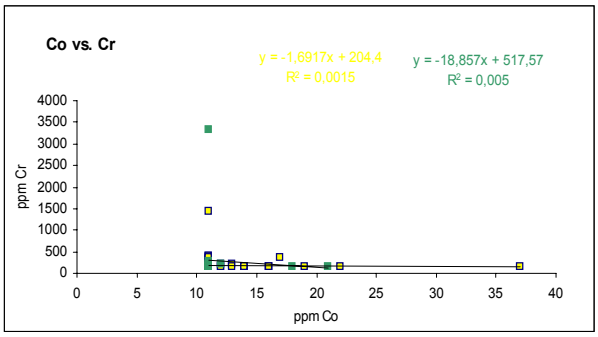


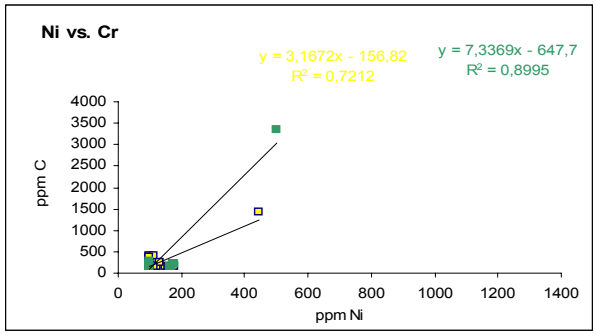


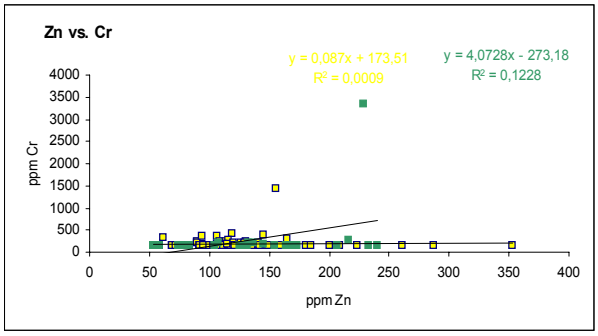


sección tipo



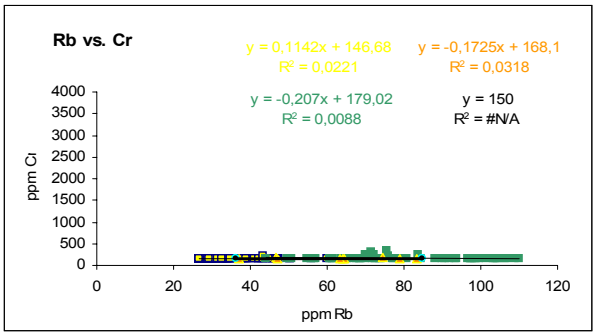


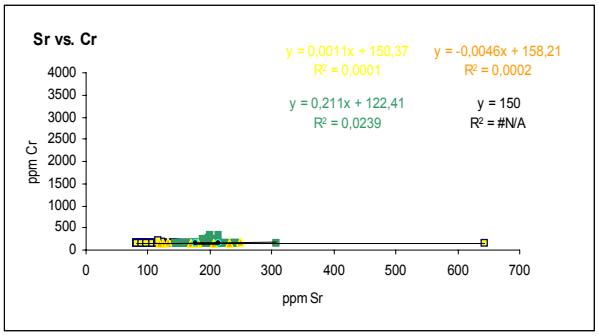


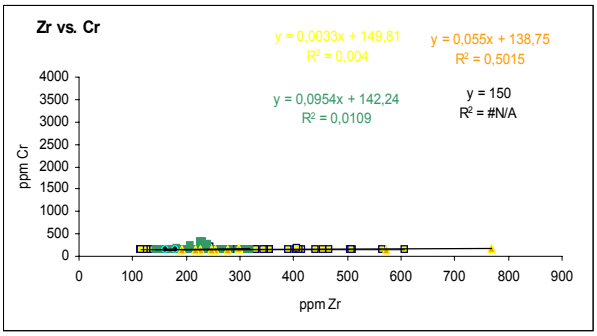


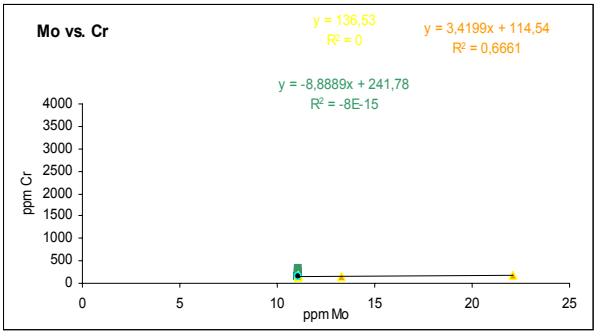
(Continuación)

sección río Orégano

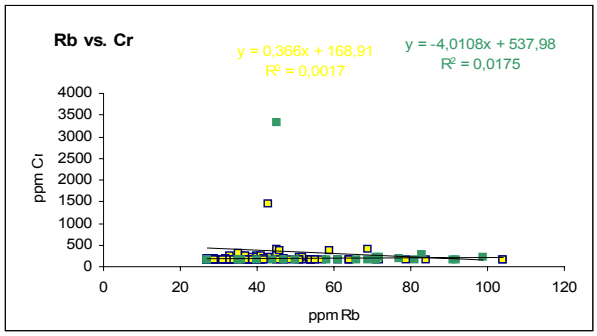


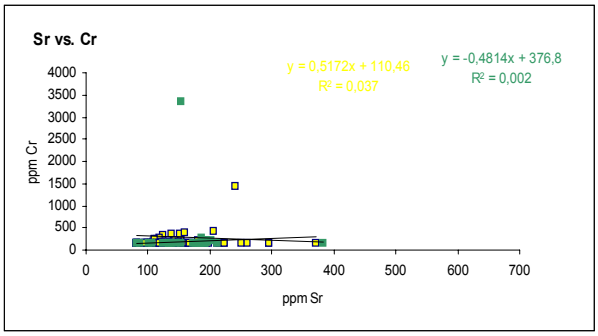


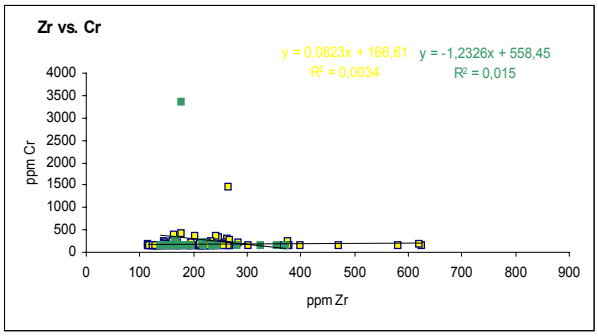


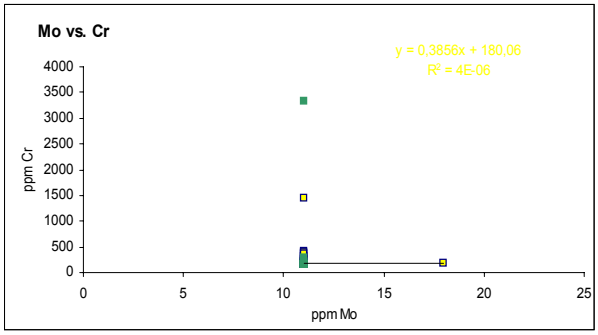


sección tipo



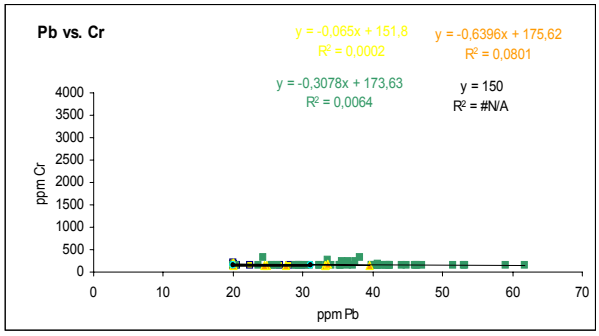


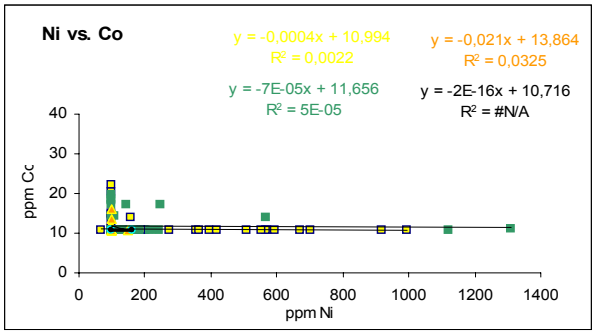


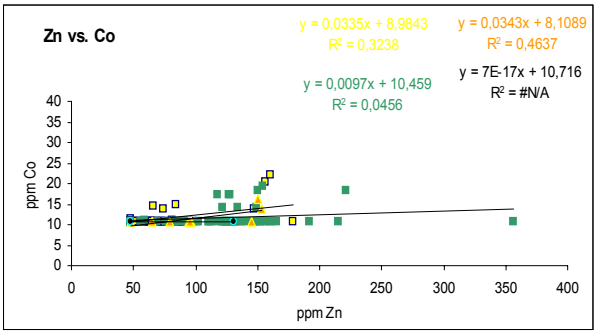


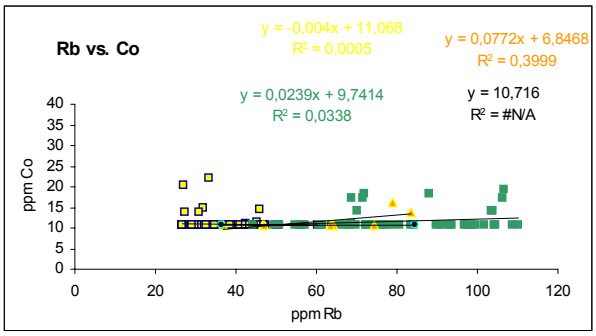
(Continuación)

sección río Orégano

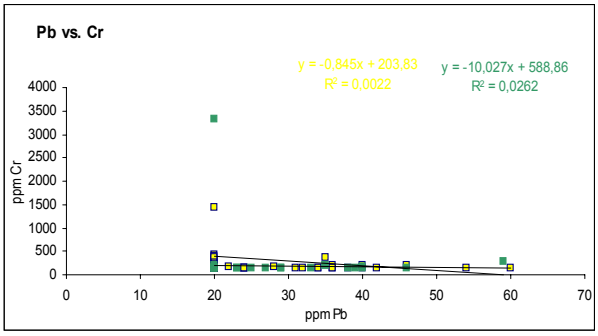


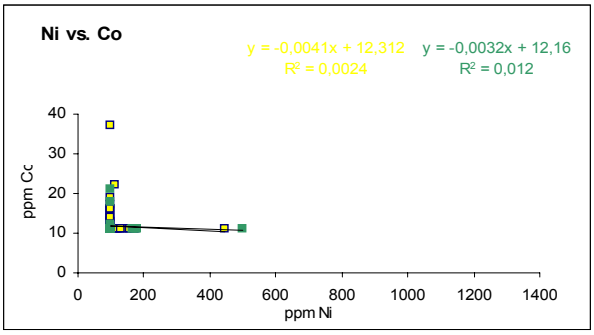


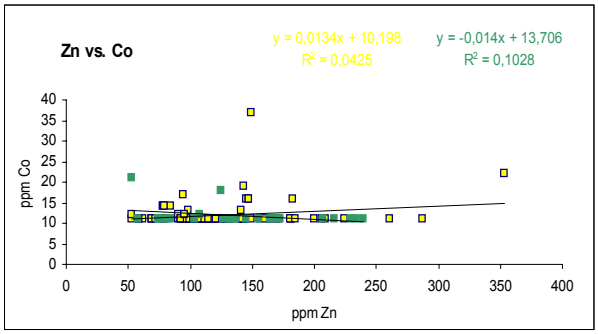


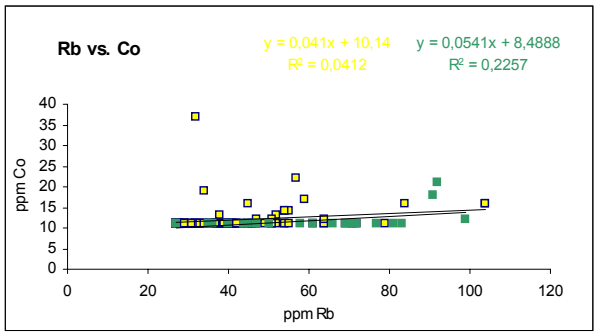


sección tipo



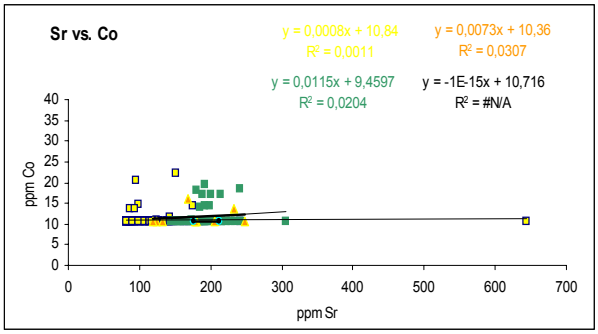


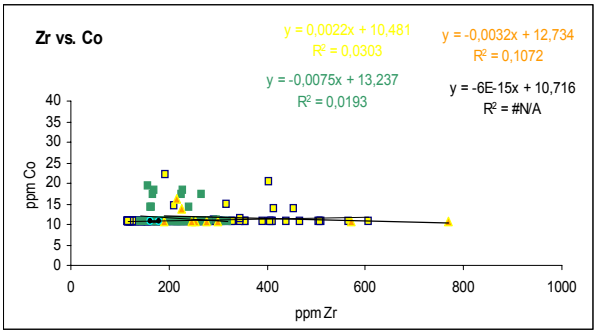


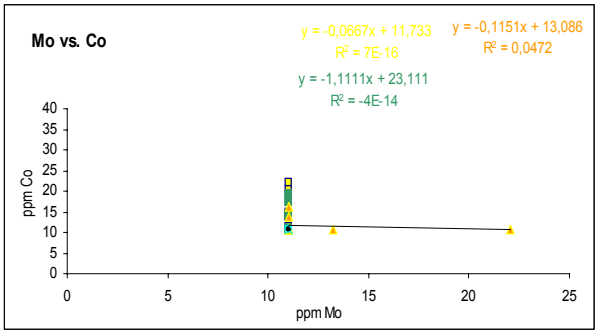


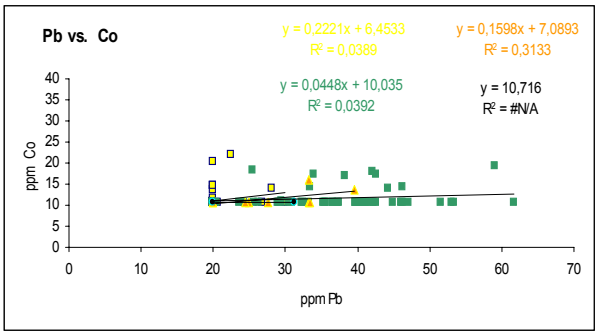
(Continuación)

sección río Orégano

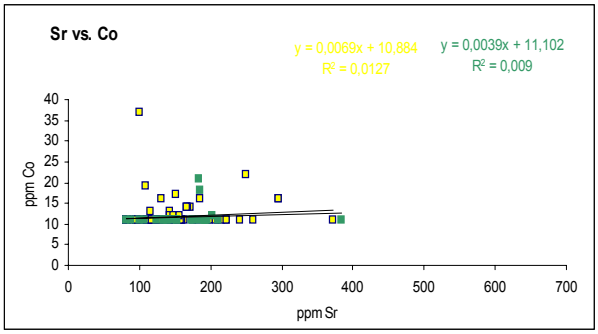


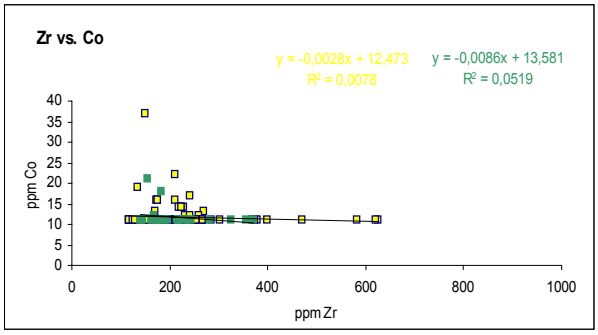


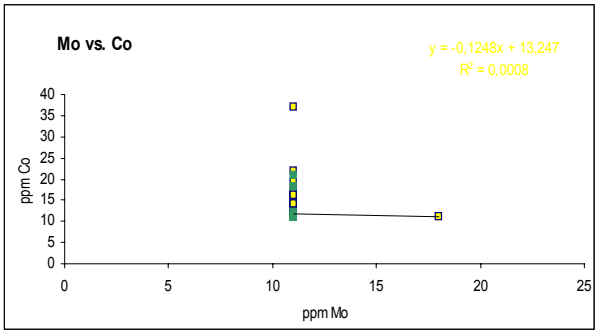


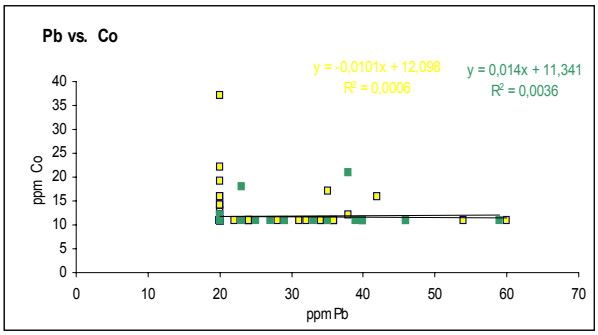


sección tipo



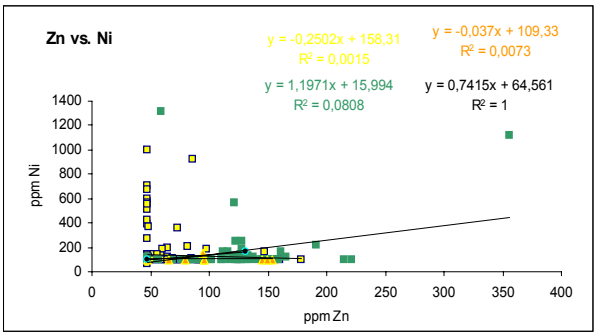


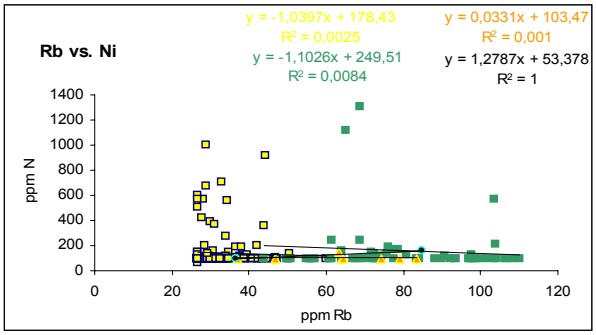


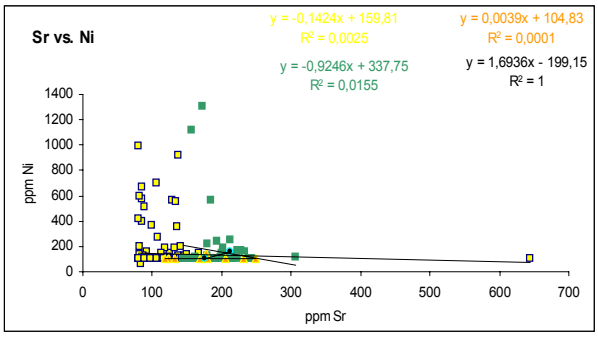


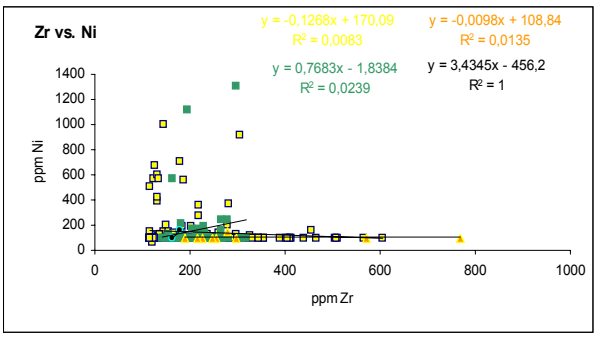
(Continuación)

sección río Orégano

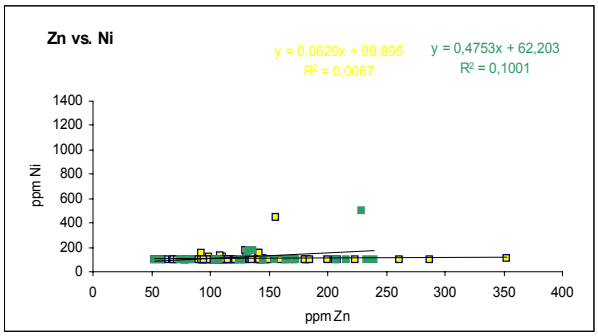


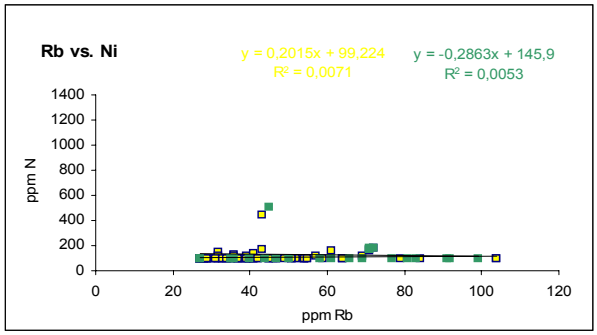


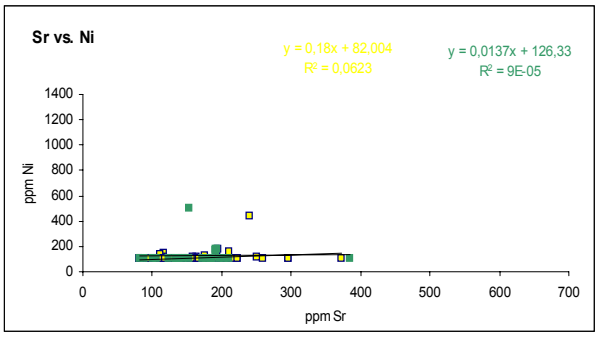


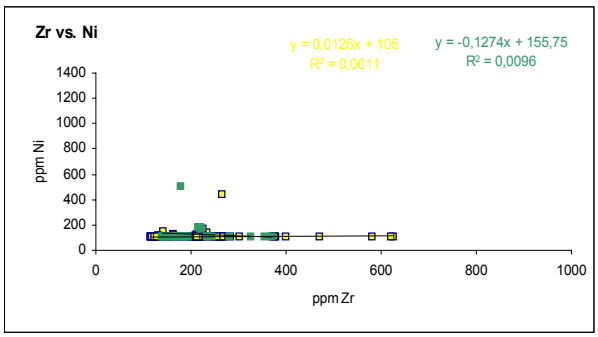


sección tipo



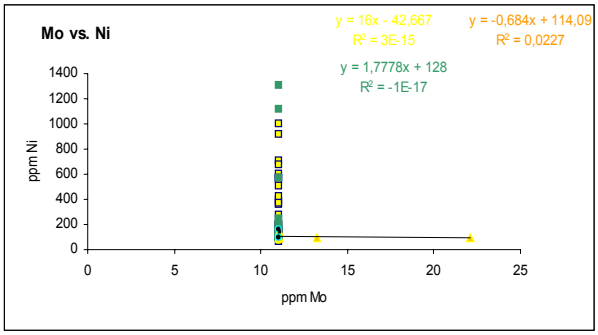


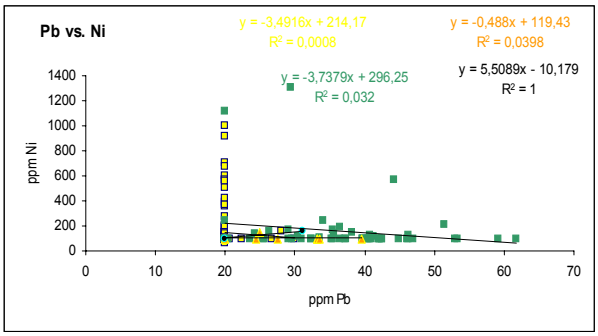


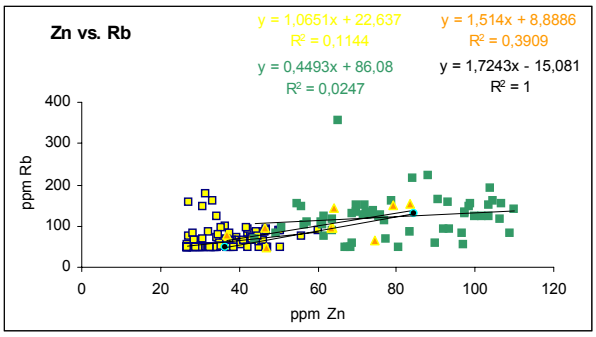


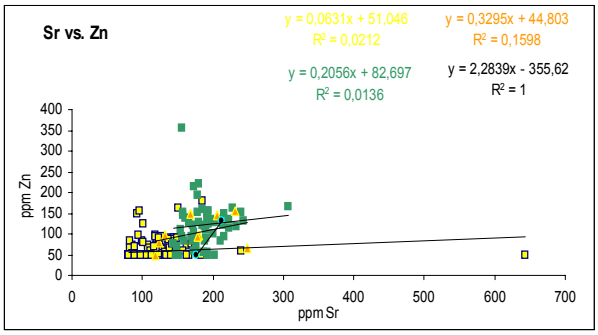
(Continuación)

sección río Orégano

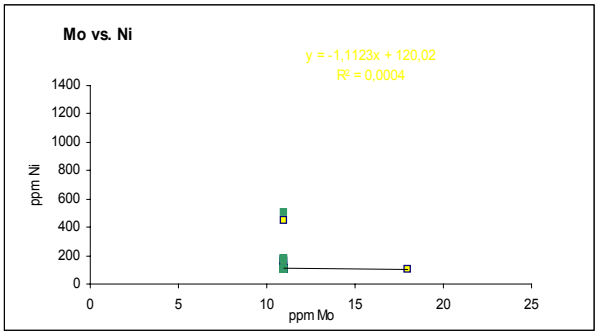


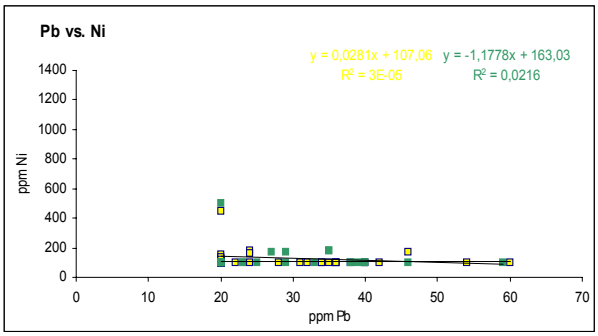


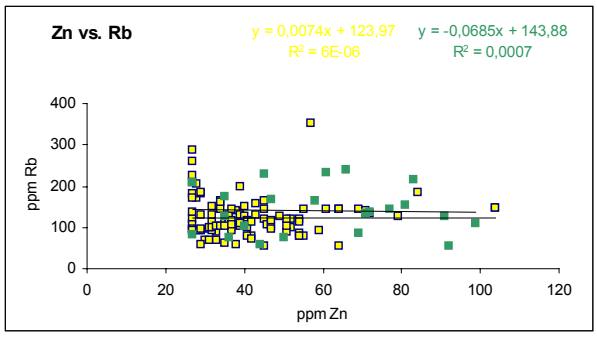


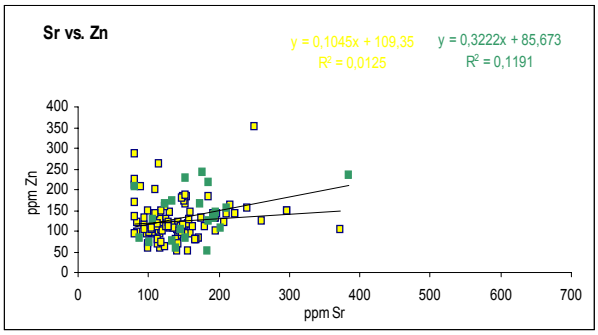


sección tipo



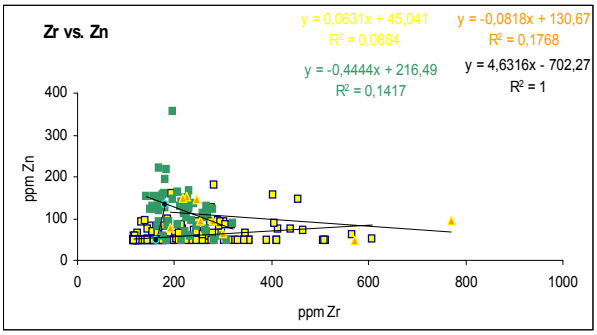


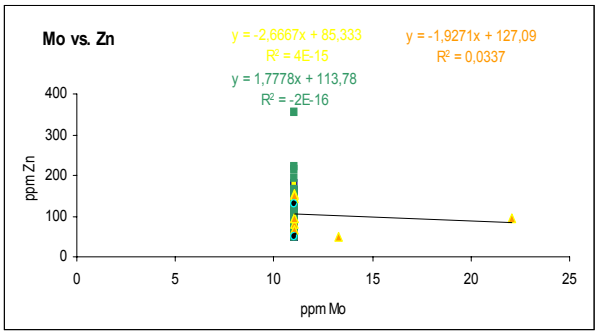


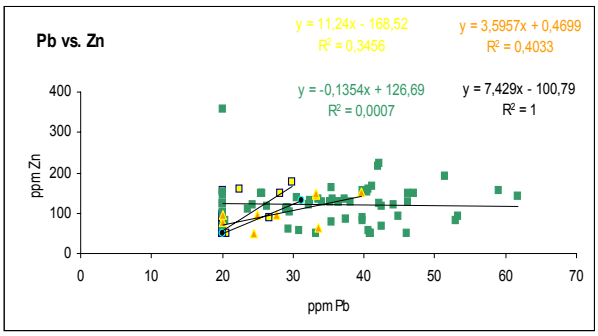


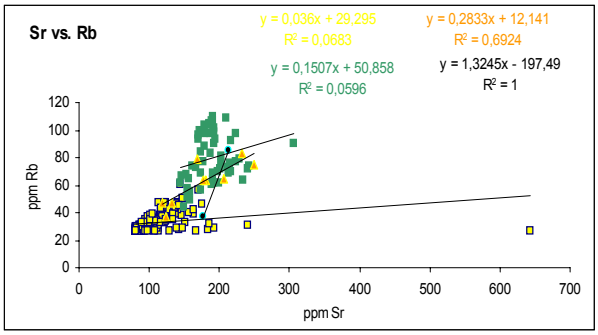
(Continuación)

sección río Orégano

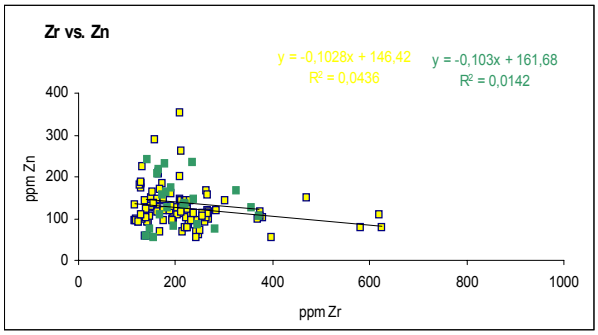


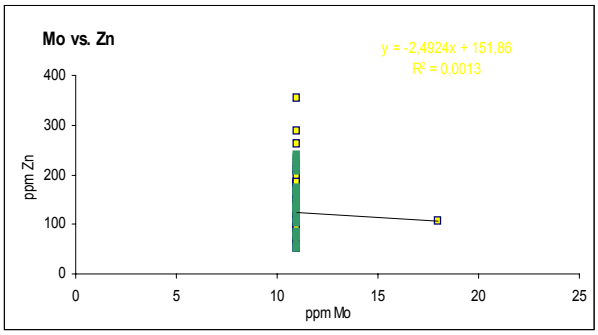


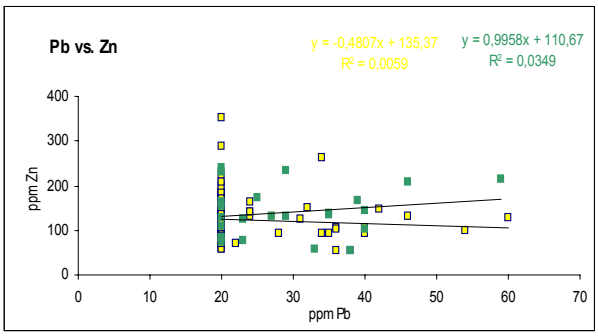


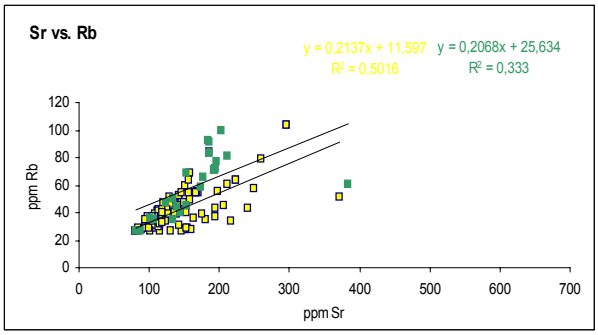


sección tipo



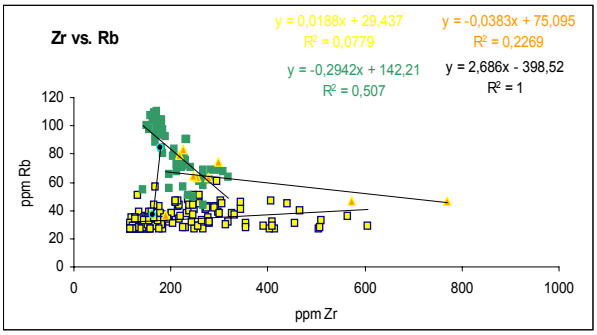


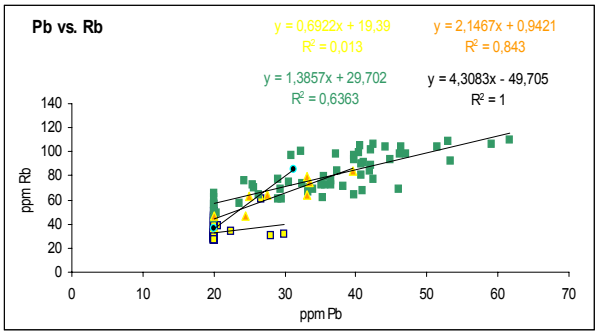


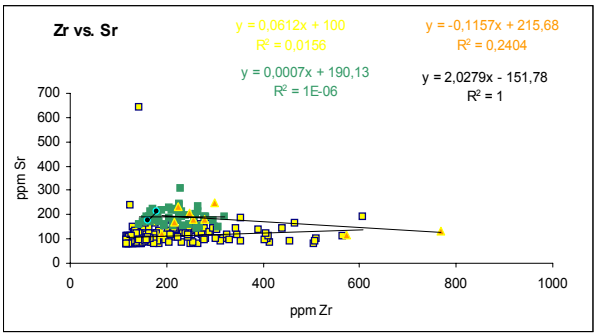


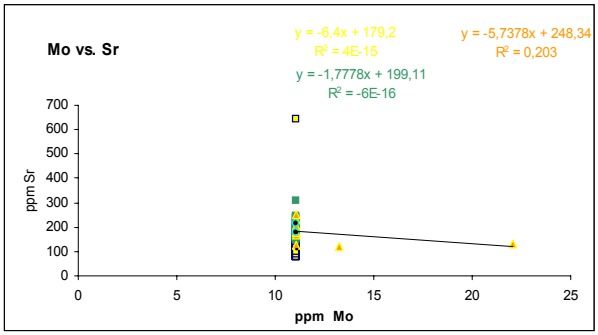
(Continuación)

sección río Orégano

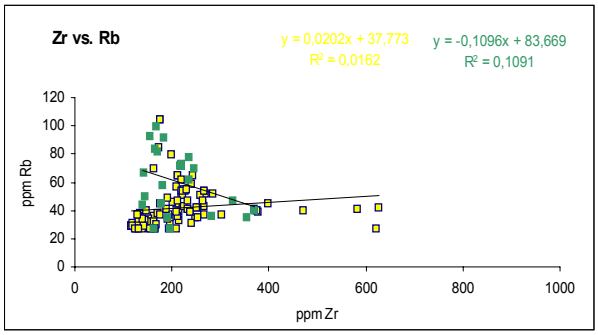


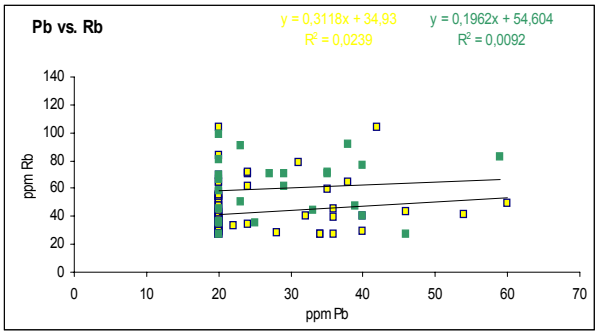


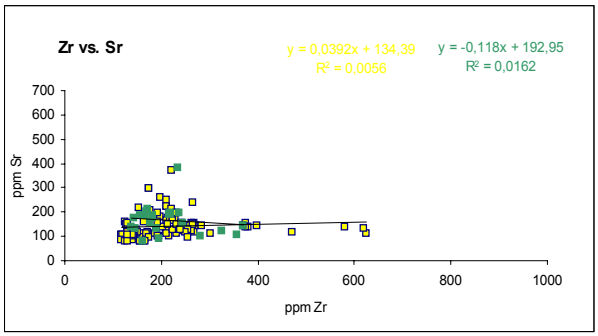


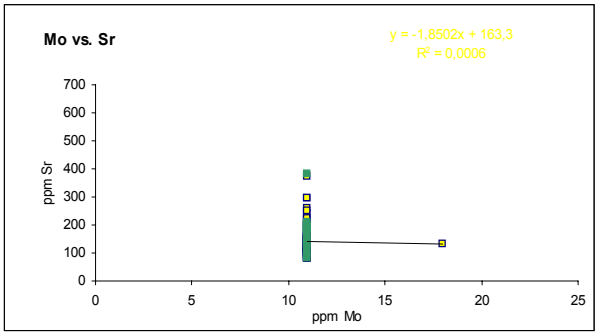


sección tipo



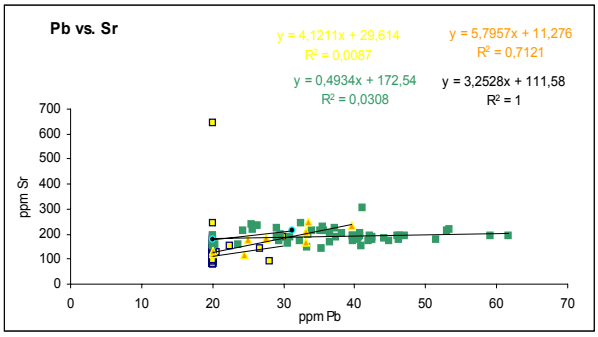


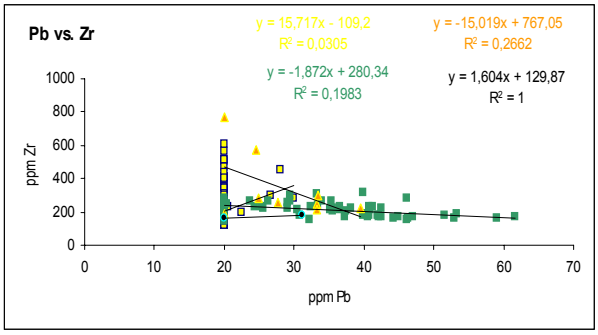




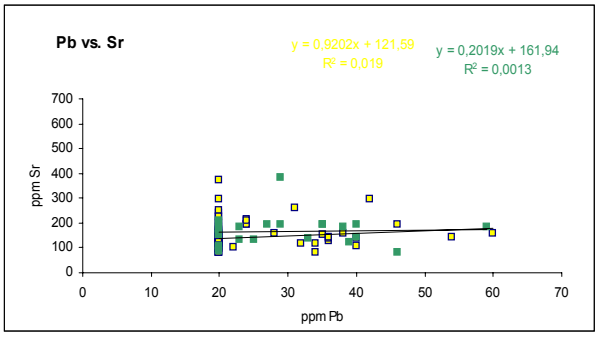
(Continuación)

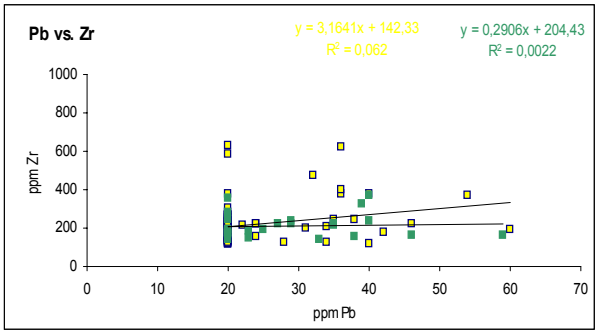
sección río Orégano





sección tipo





(Continuación)

APÉNDICE VI

Tabla de coeficientes críticos de correlación (SNEDECOR 1946, en DIXON *et al.* 1957)

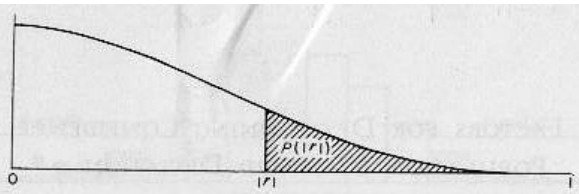


TABLE 7. CRITICAL ABSOLUTE VALUES OF CORRELATION COEFFICIENT r *

5% points and 1% points (in boldface) for equal-tails test of hypothesis $\rho = 0$.

f	Total number of variables				f	Total number of variables			
	2	3	4	5		2	3	4	5
1	.997	.999	.999	.999	24	.388	.470	.523	.562
	1.000	**1.000**	**1.000**	**1.000**		**.496**	**.565**	**.609**	**.642**
2	.950	.975	.983	.987	25	.381	.462	.514	.553
	.990	**.995**	**.997**	**.998**		**.487**	**.555**	**.600**	**.633**
3	.878	.930	.950	.961	26	.374	.454	.506	.545
	.959	**.976**	**.983**	**.987**		**.478**	**.546**	**.590**	**.624**
4	.811	.881	.912	.930	27	.367	.446	.498	.536
	.917	**.949**	**.962**	**.970**		**.470**	**.538**	**.582**	**.615**
5	.754	.836	.874	.898	28	.361	.439	.490	.529
	.874	**.917**	**.937**	**.949**		**.463**	**.530**	**.573**	**.606**
6	.707	.795	.839	.867	29	.355	.432	.482	.521
	.834	**.886**	**.911**	**.927**		**.456**	**.522**	**.565**	**.598**
7	.666	.758	.807	.838	30	.349	.426	.476	.514
	.798	**.855**	**.885**	**.904**		**.449**	**.514**	**.558**	**.591**
8	.632	.726	.777	.811	35	.325	.397	.445	.482
	.765	**.827**	**.860**	**.882**		**.418**	**.481**	**.523**	**.556**
9	.602	.697	.750	.786	40	.304	.373	.419	.455
	.735	**.800**	**.836**	**.861**		**.393**	**.454**	**.494**	**.526**
10	.576	.671	.726	.763	45	.288	.353	.397	.432
	.708	**.776**	**.814**	**.840**		**.372**	**.430**	**.470**	**.501**
11	.553	.648	.703	.741	50	.273	.336	.379	.412
	.684	**.753**	**.793**	**.821**		**.354**	**.410**	**.449**	**.479**
12	.532	.627	.683	.722	60	.250	.308	.348	.380
	.661	**.732**	**.773**	**.802**		**.325**	**.377**	**.414**	**.442**
13	.514	.608	.664	.703	70	.232	.286	.324	.354
	.641	**.712**	**.755**	**.785**		**.302**	**.351**	**.386**	**.413**
14	.497	.590	.646	.686	80	.217	.269	.304	.332
	.623	**.694**	**.737**	**.768**		**.283**	**.330**	**.362**	**.389**
15	.482	.574	.630	.670	90	.205	.254	.288	.315
	.606	**.677**	**.721**	**.752**		**.267**	**.312**	**.343**	**.368**
16	.468	.559	.615	.655	100	.195	.241	.274	.300
	.590	**.662**	**.706**	**.738**		**.254**	**.297**	**.327**	**.351**
17	.456	.545	.601	.641	125	.174	.216	.246	.269
	.575	**.647**	**.691**	**.724**		**.228**	**.266**	**.294**	**.316**
18	.444	.532	.587	.628	150	.159	.198	.225	.247
	.561	**.633**	**.678**	**.710**		**.208**	**.244**	**.270**	**.290**
19	.433	.520	.575	.615	200	.138	.172	.196	.215
	.549	**.620**	**.665**	**.698**		**.181**	**.212**	**.234**	**.253**
20	.423	.509	.563	.604	300	.113	.141	.160	.176
	.537	**.608**	**.652**	**.685**		**.148**	**.174**	**.192**	**.208**
21	.413	.498	.552	.592	400	.098	.122	.139	.153
	.526	**.596**	**.641**	**.674**		**.128**	**.151**	**.167**	**.180**
22	.404	.488	.542	.582	500	.088	.109	.124	.137
	.515	**.585**	**.630**	**.663**		**.115**	**.135**	**.150**	**.162**
23	.396	.479	.532	.572	1000	.062	.077	.088	.097
	.505	**.574**	**.619**	**.652**		**.081**	**.096**	**.106**	**.115**

* Use explained in Sec. 6.1.4a, 6.2.5b, and 6.2.5c. The inverse square roots of the numbers of degrees of freedom, rather than the numbers themselves, should be used for linear interpolation. Reproduced, with the permission of the author and the publisher, from G. W. Snedecor, *Statistical Methods*, 4th ed., Ames, Iowa, Iowa State College Press, 1946, p. 351. Extensive tables and charts appear in F. N. David, *Tables of the Correlation Coefficient*, London, Biometrika Office, 1938.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE GEOLOGIA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

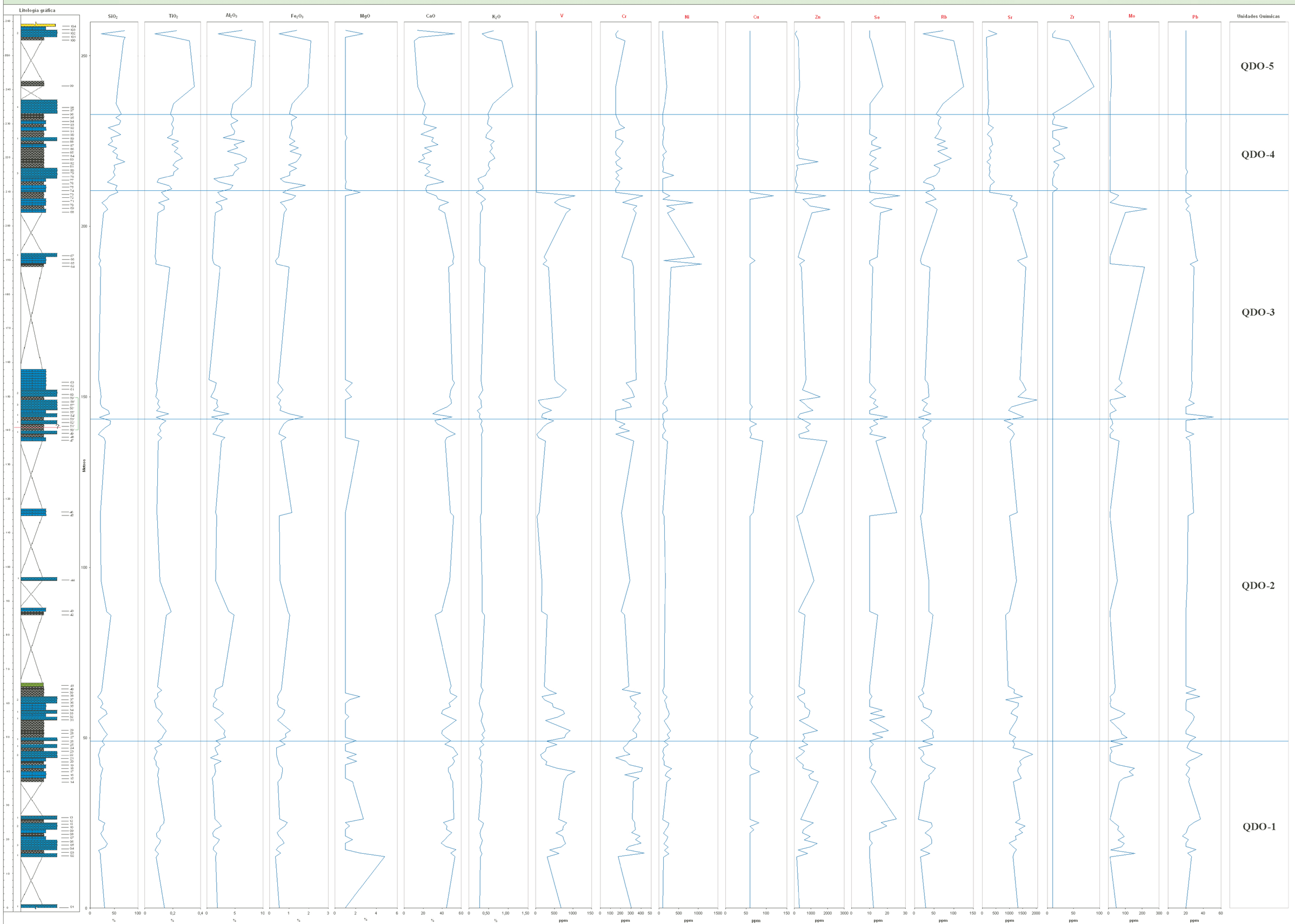
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS: FORMACIONES QUERECUAL Y NARICUAL, ESTADOS MONAGAS Y ANZOÁTEGUI

PERFILES DE CURVAS DE COMPONENTES MAYORITARIOS Y ELEMENTOS TRAZA DE LA SECCIÓN DE RÍO DE ORO (FORMACIÓN QUERECUAL)

DATOS ORIGINALES

Marzo, 2002

ELABORADO POR: NOGUERA, MARIELA
YEPEZ, SANTIAGO



LEYENDA

- Caliza
- Caliza arcillosa
- Areniscas
- Lutita
- Lutita negra
- Intervalo cubierto

CONTACTOS

- Abrupto / discordante
- Falla dudosa
- Limite arbitrario

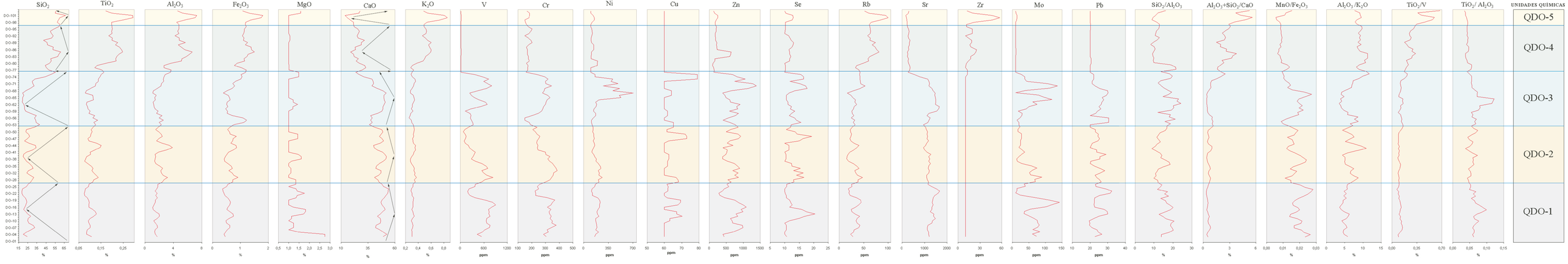
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PERFILES SUAVIZADOS DE COMPONENTES MAYORITARIOS Y ELEMENTOS TRAZA DE LA FORMACIÓN QUERECUAL EN LA SECCIÓN DE RÍO ORO

PROMEDIO MÓVIL 3

MARZO, 2002

Elaborado por: Noguera, Mariela
Yépez, Santiago



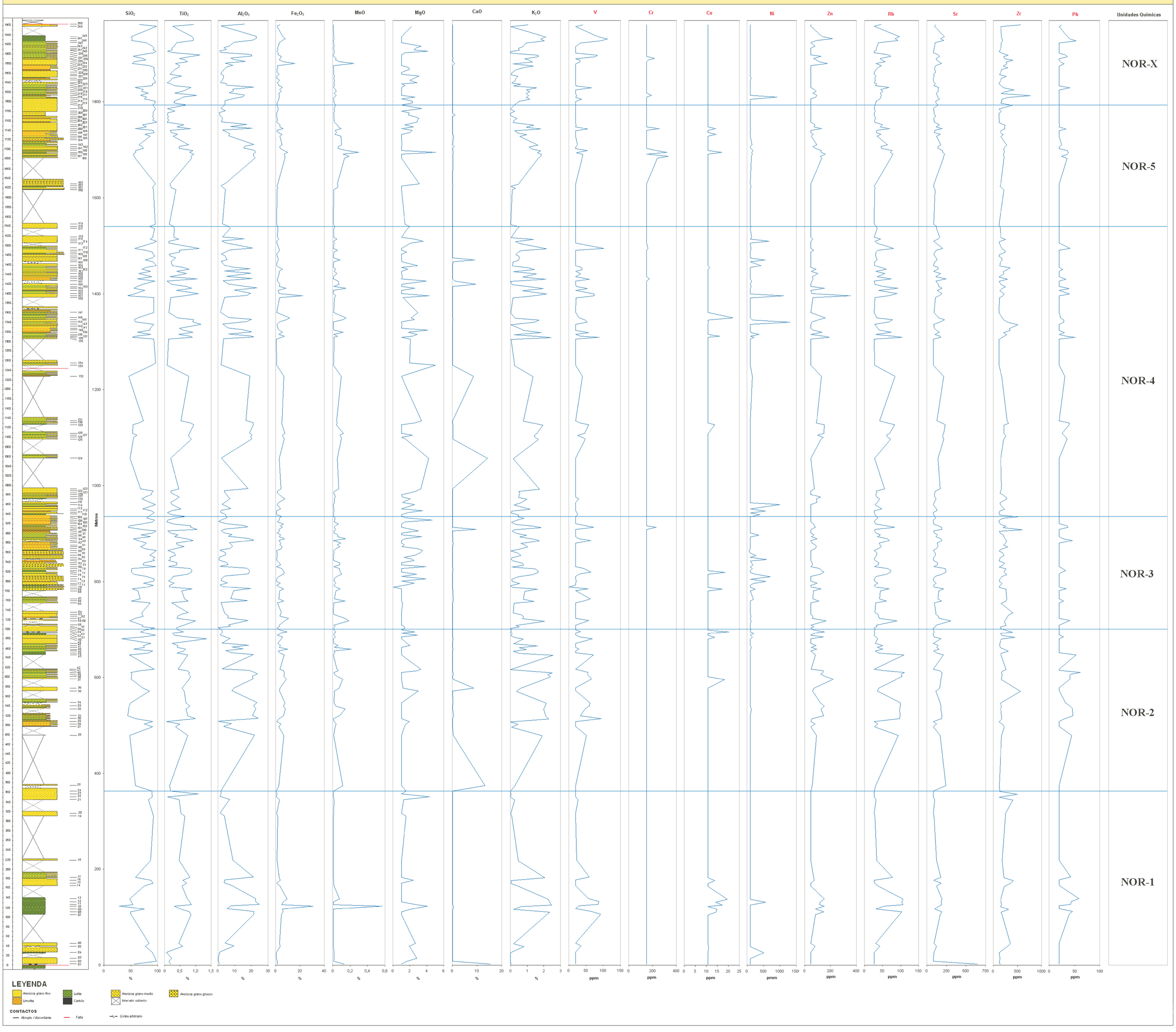
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS: FORMACIONES QUERECUAL Y NARICUAL, ESTADOS MONAGAS Y ANZOÁTEGUI

PERFILES DE CURVAS DE COMPONENTES MAYORITARIOS Y ELEMENTOS TRAZA EN LA SECCIÓN RÍO ORÉGANO (FORMACIÓN NARICUAL)
DATOS ORIGINALES

Marzo, 2002

ELABORADO POR: NOGUERA, MARIELA
YÉPEZ, SANTIAGO



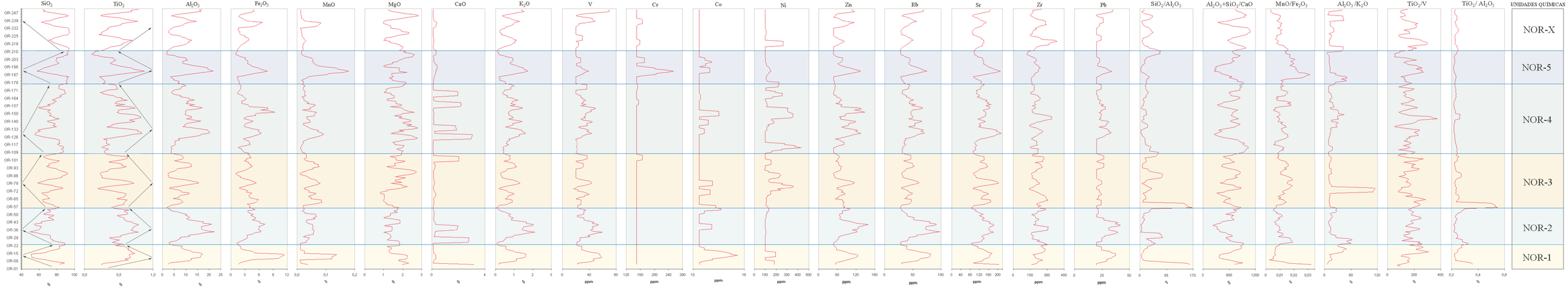
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PERFILES SUAVIZADOS DE COMPONENTES MAYORITARIOS Y ELEMENTOS TRAZA DE LA FORMACIÓN NARICUAL EN LA SECCIÓN DE RÍO ORÉGANO

PROMEDIO MÓVIL 5

MARZO, 2002

Elaborado por: Noguera, Mariela
Yépez, Santiago



APÉNDICE VIII

TABLAS DE COEFICIENTES, ECUACIONES Y TABLAS DE CLASIFICACIÓN POR MUESTRA DE LAS FUNCIONES DISCRIMINANTES

VIII.1. Formación Querecual

VIII.2. Formación Naricual

VIII.1. Tablas de coeficientes, ecuaciones y tablas de clasificación por muestra de las funciones discriminantes de la Formación Querecual

Separación de litofacies en la sección Río de Oro

Tabla VIII.1. Coeficientes de las funciones discriminantes para la separación por litofacies en la sección Río de Oro (primer planteamiento).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	0,515755	0,0603465
TiO_2	-976,671	-184,551
Al_2O_3	-23,505	0,0552106
Fe_2O_3	-36,002	379,543
MgO	-133,969	-35,323
CaO	0,0651374	0,0692648
K_2O	187,287	54,155
SiO_2/Al_2O_3	-0,356963	-0,176099
TiO_2/Al_2O_3	124,291	363,556
Fe_2O_3/Al_2O_3	432,043	-18,398
MgO/Al_2O_3	181,371	564,513
CaO/Al_2O_3	0,0708067	-0,301906
K_2O/Al_2O_3	-54,103	355,822
$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	-36,066	-0,628727
MnO/Fe_2O_3	140,834	851,553
Al_2O_3/K_2O	0,683087	0,242868
TiO_2/V	-0,00686472	-0,00515566
V	-0,000721901	0,0000740724
Cr	-0,00142583	-0,00266786
Ni	0,000172396	0,000222571
Cu	-0,0207047	0,0265239
Zn	0,0000303268	0,000184339
Se	0,118489	-0,0145865
Rb	0,123893	-0,172412
Sr	0,000191086	0,0000658927
Zr	0,0417811	0,0234928
Mo	0,00000599657	0,00532796
Pb	0,0050841	-0,0607902
Constante	-253,264	-322,913

FD 1 = -253,264 + 0,515755* SiO_2 – 976,671* TiO_2 – 23,505* Al_2O_3 – 36,002* Fe_2O_3 - 133,969* MgO + 0,0651374* CaO + 187,287* K_2O – 0,356963* (SiO_2/Al_2O_3) + 124,291* (TiO_2/Al_2O_3) + 432,043* (Fe_2O_3/Al_2O_3) + 181,371* (MgO/Al_2O_3) + 0,0708067* (CaO/Al_2O_3) -54,103* (K_2O/Al_2O_3) - 36,066* ($Al_2O_3+SiO_2$)/CaO + 140,834* (MnO/Fe_2O_3) + 0,683087* (Al_2O_3/K_2O) -0,00686472* (TiO_2/V) – 0,000721901* V -0,00142583* Cr + 0,000172396* Ni – 0,0207047* Cu + 0,0000303268* Zn + 0,118489* Se + 0,123893* Rb + 0,000191086* Sr + 0,0417811* Zr + 0,00000599657* Mo + 0,0050841* Pb

Tabla VIII.2. Coeficientes de las funciones discriminantes para la separación por litofacies en la sección Río de Oro (nuevo planteamiento).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	0,0820573	-0,544128
TiO_2	-20,84	128,695
Al_2O_3	-129,118	27,293
Fe_2O_3	286,199	22,134
MgO	0,10843	188,101
CaO	-549,207	451,024
K_2O	31,795	-199,252
CO_2	125,168	-102,691
(SiO_2/Al_2O_3)	0,0865492	0,385353
TiO_2/Al_2O_3	125,591	-679,236
Fe_2O_3/Al_2O_3	-147,367	-374,576
MgO/Al_2O_3	0,296519	-278,073
CaO/Al_2O_3	-0,0558945	-0,0328093
K_2O/Al_2O_3	453,401	-218,789
$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	-0,179424	379,962
MnO/Fe_2O_3	173,598	-163,23
Al_2O_3/K_2O	0,471748	-0,799623
TiO_2/V	0,116605	-0,00718021
V	0,00088101	0,000823581
Cr	0,00102986	0,000616936
Ni	0,001041	-0,000312871
Cu	0,0720199	0,00996654
Zn	-0,000834141	0,0000523965
Se	0,025486	-0,105199
Rb	0,0464258	-0,110741
Sr	-0,00152274	-0,000273962
Zr	0,0112532	-0,0376603
Mo	0,000448214	-0,000874608
Pb	-0,0037619	-0,00251036
Constante	-200,185	27,556

FD 1 = -200,185 + 0,0820573* SiO_2 -20,84* TiO_2 – 129,118* Al_2O_3 + 286,199* Fe_2O_3 + 0,10843* MgO – 549,207* CaO + 31,795* K_2O + 125,168* CO_2 + 0,0865492* (SiO_2/Al_2O_3) + 125,591* (TiO_2/Al_2O_3) – 147,367* (Fe_2O_3/Al_2O_3) + 0,296519* (MgO/Al_2O_3) - 0,0558945* (CaO/Al_2O_3) + 453,401* (K_2O/Al_2O_3) – 0,179424* $((Al_2O_3+SiO_2)/CaO)$ + 173,598* (MnO/Fe_2O_3) + 0,471748* (Al_2O_3/K_2O) + 0,116605* (TiO_2/V) + 0,00088101* V + 0,00102986* Cr + 0,001041* Ni + 0,0720199* Cu – 0,000834141* Zn + 0,025486* Se + 0,0464258* Rb – 0,00152274* Sr + 0,0112532* Zr + 0,000448214* Mo – 0,0037619* Pb

Separación de paleoambientes en la sección Río de Oro

Tabla VIII.3. Coeficientes de las funciones discriminantes para la separación por paleoambientes en la sección Río de Oro.

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	-0,107564	-0,104477
TiO_2	-206,093	339,289
Al_2O_3	0,639775	0,0559471
Fe_2O_3	-0,256574	145,396
MgO	-0,192912	-0,396818
CaO	194,087	932,108
K_2O	0,0269789	-188,881
CO_2	-443,438	-208,761
V	0,00206007	-0,000451259
Cr	0,000672755	-0,00380392
Ni	-0,000835053	0,0000718675
Cu	-0,059586	0,0199593
Zn	0,00144436	0,000586265
Se	-0,0425632	-0,0739497
Rb	-0,214209	0,322823
Sr	0,00361683	-0,00187314
Zr	0,0184331	0,00585171
Mo	-0,000199437	-0,0053241
Pb	-0,0189935	-0,00951672
Constante	108,309	-898,696

FD 1 = 108,309 - 0,107564 * SiO_2 - 206,093 * TiO_2 + 0,639775 * Al_2O_3 - 0,256574 * Fe_2O_3 - 0,192912 * MgO + 194,087 * CaO + 0,0269789 * K_2O - 443,438 * CO_2 + 0,00206007 * V + 0,000672755 * Cr - 0,000835053 * Ni - 0,059586 * Cu + 0,00144436 * Zn - 0,0425632 * Se - 0,214209 * Rb + 0,00361683 * Sr + 0,0184331 * Zr - 0,000199437 * Mo - 0,0189935 * Pb

Separación de unidades químicas en la sección Río de Oro

Tabla VIII.4. Coeficientes de las funciones discriminantes según unidades químicas en la sección Río de Oro.

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	-0,197393	-0,00178975
TiO_2	115,805	107,451
Al_2O_3	137,332	163,489
Fe_2O_3	-256,881	-0,319192
MgO	0,172	-201,258
CaO	602,481	639,644
K_2O	0,11748	-269,541
CO_2	-137,395	-152,366
SiO_2/Al_2O_3	-0,0234129	-0,0923618
TiO_2/Al_2O_3	536,801	-354,008
Fe_2O_3/Al_2O_3	0,441881	-127,146
MgO/Al_2O_3	-0,642124	276,292
CaO/Al_2O_3	0,0748409	-0,110798
K_2O/Al_2O_3	-126,199	250,479
$(Al_2O_3+SiO_2/CaO)$	0,988647	-295,003
MnO/Fe_2O_3	-454,399	-253,813
Al_2O_3/K_2O	-0,417797	-0,587434
TiO_2/V	-0,118626	0,0282629
V	-0,000599865	-0,00207874
Cr	-0,00308058	0,00367498
Ni	-0,000305371	0,000738173
Cu	-0,0735361	-0,0177774
Zn	0,000777088	0,00125827
Se	-0,0522242	-0,0151488
Rb	-0,0270342	-0,0634925
Sr	0,00210441	0,00105055
Zr	-0,0359213	0,0326148
Mo	0,000492499	-0,00175867
Pb	-0,000867001	0,0973392
Constante	26,2424	21,9653

FD 1 = 26,2424 - 0,197393* SiO_2 + 115,805* TiO_2 + 137,332* Al_2O_3 – 256,881* Fe_2O_3 + 0,172* MgO + 602,481* CaO + 0,11748* K_2O – 137,395* CO_2 - 0,0234129* (SiO_2/Al_2O_3) + 536,801* (TiO_2/Al_2O_3) + 0,441881* (Fe_2O_3/Al_2O_3) – 0,642124* (MgO/Al_2O_3) + 0,0748409* (CaO/Al_2O_3) – 126,199* (K_2O/Al_2O_3) + 0,988647* ((Al_2O_3+SiO_2)/CaO) – 454,399* (MnO/Fe_2O_3) - 0,417797 * (Al_2O_3/K_2O) – 0,118626* (TiO_2/V) – 0,000599865* V – 0,00308058* Cr – 0,000305371* Ni - ,0735361* Cu + 0,000777088* Zn – 0,0522242* Se – 0,0270342* Rb + 0,00210441* Sr - 0,0359213* Zr + 0,000492499* Mo – 0,000867001* Pb

Tabla VIII. 5. Tablas de clasificación detalladas de las muestras de la Formación Querecual en la sección de Río de Oro, según unidades químicas.

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-01 (base)	1	1	1	5074,75	2	5067,99
DO-02	2	1	1	4963,76	2	4954,99
DO-03	3	1	1	4737,6	3	4733,89
DO-04	4	1	1	4809,36	2	4806,93
DO-05	5	1	1	4942,07	2	4938,33
DO-06	6	1	*2	4828,32	1	4826,75
DO-07	7	1	1	4926,7	3	4918,92
DO-08	8	1	1	4858,78	3	4855,68
DO-09	9	1	1	4837,75	3	4833,06
DO-10	10	1	1	4911,98	3	4906,03
DO-11	11	1	1	4893,39	3	4891,73
DO-12	12	1	*2	4872,77	1	4872,34
DO-13	13	1	1	4884,92	2	4882,2
DO-14	14	1	*2	4867,99	1	4867,67
DO-15	15	1	1	4958,37	3	4955,54
DO-16	16	1	1	4833,5	3	4828,34
DO-17	17	1	1	4896,88	2	4888,54
DO-18	18	1	1	5041,71	3	5037,6
DO-19	19	1	1	4862,04	2	4861,54
DO-20	20	1	1	4805,93	2	4802,66
DO-21	21	1	*3	4613,75	1	4610,39
DO-22	22	1	1	4967,64	3	4965,71
DO-23	23	1	1	4950,65	3	4947,02
DO-24	24	1	1	4770,38	2	4769,88
DO-25	25	1	*3	4839,67	1	4839,12
DO-26	26	1	*2	4858,67	1	4857,66
DO-27	27	1	1	4834,22	3	4831,57
DO-28	28	1	1	4973,94	2	4971,37
DO-29	29	2	2	4708,11	3	4706,97
DO-31	30	2	2	4821,46	1	4817,33
DO-32	31	2	*1	4827,58	2	4827,02
DO-33	32	2	2	4791,03	3	4789,73
DO-34	33	2	2	4818,85	1	4817,6
DO-35	34	2	2	4735,01	1	4733,44
DO-36	35	2	*1	4827,9	2	4825,5
DO-37	36	2	2	4951,17	1	4946,42
DO-38	37	2	2	4819,82	3	4819,64
DO-39	38	2	2	4693,25	1	4690,81
DO-40	39	2	2	4777,36	3	4774,55
DO-41	40	2	2	4885,38	1	4882,21
DO-42	41	2	2	4740,82	3	4737,59
DO-43	42	2	2	5003,21	3	4998,08
DO-44	43	2	2	4789,45	3	4789,3
DO-45	44	2	2	4914,87	1	4910,39

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-46	45	2	2	4826,84	3	4818,08
DO-47	46	2	2	4787,53	1	4781,98
DO-48	47	2	2	4828,51	3	4821,82
DO-49	48	2	2	4909,67	1	4908,18
DO-50	49	2	2	4797,57	3	4791,43
DO-51	50	2	2	4721,86	3	4716,81
DO-52	51	2	2	4884,08	3	4880,6
DO-53	52	2	2	4765,84	3	4764,2
DO-54	53	2	2	4820,34	1	4812,49
DO-55	54	3	3	4657,25	2	4650,93
DO-56	55	3	3	4699,91	2	4696,86
DO-57	56	3	*2	4703,21	3	4697,73
DO-58	57	3	3	4810,51	2	4809,51
DO-59	58	3	3	4765,28	1	4760,91
DO-60	59	3	3	4707,66	1	4701,07
DO-61	60	3	*1	4831,72	3	4830,16
DO-62	61	3	*1	4857,39	3	4854,3
DO-63	62	3	3	4857,51	1	4852,42
DO-64	63	3	3	4719,24	1	4713,66
DO-65	64	3	3	4750,87	2	4743,63
DO-66	65	3	*2	4857,9	1	4857,35
DO-67	66	3	3	4768,38	1	4758,69
DO-68	67	3	3	4851,66	1	4851,37
DO-69	68	3	3	4830,05	1	4826,02
DO-70	69	3	3	4544,46	2	4540,1
DO-71	70	3	3	4824,63	1	4818,62
DO-72	71	3	*2	4632,14	3	4631,08
DO-73	72	4	4	5111,46	2	5095,82
DO-74	73	4	4	5161,55	5	5145,87
DO-75	74	4	4	5156,02	5	5120,42
DO-76	75	4	4	5287,72	5	5258,33
DO-77	76	4	4	5069,48	5	5051,48
DO-78	77	4	4	5135,75	5	5112,16
DO-79	78	4	4	4853,84	5	4818,55
DO-80	79	4	4	4970,23	5	4934,66
DO-81	80	4	4	5076,51	5	5039,52
DO-82	81	4	4	5140,27	5	5106,16
DO-83	82	4	4	5243,8	5	5241,76
DO-84	83	4	4	5282,66	5	5258,59
DO-85	84	4	4	5123,58	5	5100,78
DO-86	85	4	4	5089,44	5	5061,09
DO-87	86	4	4	4966,06	5	4943,31
DO-88	87	4	4	5060,97	5	5033,64
DO-89	88	4	4	5063,03	5	5030,55
DO-90	89	4	4	4922,73	5	4897,16
DO-91	90	4	4	5009,06	5	4996,64

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-92	91	4	4	4954,16	5	4926,94
DO-93	92	4	4	5213,62	5	5185,75
DO-94	93	4	4	5064,27	5	5043,74
DO-95	94	4	4	5226,56	5	5204,06
DO-96	95	4	4	4999,31	5	4975,37
DO-97	96	4	4	5095,95	5	5085,05
DO-98	97	4	4	5243,13	5	5223,84
DO-99	98	5	5	5404,78	4	5364,25
DO-100	99	5	5	5089,57	4	5041,93
DO-101	100	5	5	5318,26	4	5314,43
DO-102	101	5	5	5083,97	4	5078,44
DO-103	102	5	5	5023,85	4	4999,36

* = muestra incorrectamente clasificada

Grupos:

1: QDO-1

2: QDO-2

3: QDO-3

4: QDO-4

5: QDO-5

Tabla VIII.6. Coeficientes de las funciones discriminantes por unidades químicas en la sección de Río de Oro (nuevo planteamiento).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	-0,108778	-0,324082
TiO_2	111,169	110,669
Al_2O_3	0,439451	0,846768
Fe_2O_3	-156,905	-199,732
MgO	-0,183811	-364,838
CaO	256,202	139,232
K_2O	-0,0939268	-202,197
CO_2	-584,458	-323,111
SiO_2/Al_2O_3	0,0354181	0,000531411
TiO_2/Al_2O_3	-25,289	-292,949
Fe_2O_3/Al_2O_3	131,359	0,957637
MgO/Al_2O_3	0,0372963	460,785
CaO/Al_2O_3	-0,00914608	-0,281164
K_2O/Al_2O_3	185,867	382,042
V	0,00230526	-0,00373378
Cr	0,00117045	0,00230968
Ni	-0,00108643	0,00127086
Cu	-0,0570961	-0,00997591
Zn	0,00132622	0,00133405
Se	-0,0433544	0,0392112
Rb	-0,205003	0,0175594
Sr	0,00368423	-0,00157528
Zr	-0,00824721	-0,0291033
Mo	-0,000265688	-0,00401073
Pb	-0,00917547	0,104152
Constante	130,614	329,834

FD 1 = 130,614 - 0,108778* SiO_2 + 111,169* TiO_2 + 0,439451* Al_2O_3 – 156,905* Fe_2O_3 - 0,183811* MgO + 256,202* CaO – 0,0939268* K_2O – 584,458* CO_2 + 0,0354181* (SiO_2/Al_2O_3) – 25,289* (TiO_2/Al_2O_3) + 131,359* (Fe_2O_3/Al_2O_3) + 0,0372963* (MgO/Al_2O_3) - 0,00914608* (CaO/Al_2O_3) + 185,867* (K_2O/Al_2O_3) + 0,00230526* V + 0,00117045* Cr – 0,00108643* Ni - 0,0570961* Cu + 0,00132622* Zn – 0,0433544* Se – 0,205003* Rb + 0,00368423* Sr - 0,00824721* Zr – 0,000265688* Mo – 0,00917547* Pb

Tabla VIII. 7. Tablas de clasificación detalladas de las muestras de la Formación Querecual en la sección Río de Oro según unidades químicas (nuevo planteamiento).

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-01 (base)	1	1	1	4748,21	2	4742,62
DO-02	2	1	1	4626,1	2	4618,75
DO-03	3	1	1	4441,05	2	4438,14
DO-04	4	1	1	4514,81	2	4512,8
DO-05	5	1	1	4616,96	2	4614,92
DO-06	6	1	*2	4541,63	1	4541,39
DO-07	7	1	1	4595,96	2	4590,57
DO-08	8	1	1	4549,73	2	4547,78
DO-09	9	1	1	4532,94	2	4528,45
DO-10	10	1	1	4585,05	2	4581,61
DO-11	11	1	1	4612,77	2	4609,94
DO-12	12	1	*2	4575,87	1	4575,79
DO-13	13	1	1	4572,58	2	4570,77
DO-14	14	1	*2	4575,47	1	4575,2
DO-15	15	1	1	4659,01	2	4656,41
DO-16	16	1	1	4526,54	2	4521,19
DO-17	17	1	1	4538,12	2	4533,4
DO-18	18	1	1	4728,17	2	4725,33
DO-19	19	1	*2	4570,38	1	4570,11
DO-20	20	1	1	4503,42	2	4500,61
DO-21	21	1	1	4366	2	4365,01
DO-22	22	1	1	4659,48	2	4657,91
DO-23	23	1	1	4647,06	2	4645,21
DO-24	24	1	1	4445,78	2	4445,38
DO-25	25	1	1	4571,36	2	4571,32
DO-26	26	1	1	4561,95	2	4561,11
DO-27	27	1	1	4544,16	2	4542,19
DO-28	28	1	1	4682,97	2	4679,55
DO-29	29	2	2	4410,49	1	4407,85
DO-31	30	2	2	4549,58	1	4549,07
DO-32	31	2	2	4494,93	1	4493,24
DO-33	32	2	2	4498,74	1	4497,78
DO-34	33	2	2	4525,65	1	4524,86
DO-35	34	2	2	4434,46	1	4432,99
DO-36	35	2	*1	4502,8	2	4501,98
DO-37	36	2	2	4629,19	1	4629,11
DO-38	37	2	2	4541,65	1	4540,56
DO-39	38	2	2	4399,64	1	4398,66
DO-40	39	2	2	4471,25	1	4468
DO-41	40	2	2	4580,46	1	4579,06
DO-42	41	2	2	4474,02	1	4469,54
DO-43	42	2	2	4717,3	1	4714,49
DO-44	43	2	2	4520,51	1	4515,53

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-45	44	2	2	4567,33	1	4564,64
DO-46	45	2	2	4493,59	1	4486,41
DO-47	46	2	2	4472,38	1	4469,6
DO-48	47	2	2	4526,88	1	4521,47
DO-49	48	2	2	4588,07	1	4586,48
DO-50	49	2	2	4485,03	1	4478,48
DO-51	50	2	2	4399,43	1	4393,55
DO-52	51	2	2	4608,48	1	4606,1
DO-53	52	2	2	4503,2	1	4501,99
DO-54	53	2	2	4491,78	1	4486,68
DO-55	54	2	2	4413,46	1	4407,97
DO-56	55	2	2	4402,55	1	4399,07
DO-57	56	2	2	4377,34	1	4370,6
DO-58	57	2	2	4536,85	1	4532,24
DO-59	58	2	2	4465,27	1	4462,81
DO-60	59	2	2	4442,28	1	4439,97
DO-61	60	2	*1	4566,1	2	4562,69
DO-62	61	2	*1	4592,4	2	4587,47
DO-63	62	2	2	4602,7	1	4600,59
DO-64	63	2	2	4494,78	1	4494,13
DO-65	64	2	2	4469,69	1	4463,03
DO-66	65	2	2	4530,13	1	4529,69
DO-67	66	2	2	4544,39	1	4541,8
DO-68	67	2	*1	4578,96	2	4578,26
DO-69	68	2	2	4543,86	1	4541,67
DO-70	69	2	2	4297,74	1	4294,31
DO-71	70	2	2	4561,8	1	4558,65
DO-72	71	2	2	4367,69	1	4367,14
DO-73	72	3	3	4661,33	2	4659
DO-74	73	3	3	4696,95	4	4686,61
DO-75	74	3	3	4640,49	2	4624,03
DO-76	75	3	3	4736,28	4	4729,23
DO-77	76	3	3	4647,69	2	4638,82
DO-78	77	3	3	4654,38	2	4635,53
DO-79	78	3	3	4341,26	2	4324,04
DO-80	79	3	3	4474,58	2	4457,45
DO-81	80	3	3	4506,03	4	4492,13
DO-82	81	3	3	4631	2	4620,25
DO-83	82	3	3	4772,9	4	4767,61
DO-84	83	3	3	4777,59	4	4772,12
DO-85	84	3	3	4588,81	4	4584,21
DO-86	85	3	3	4562,29	4	4551,35
DO-87	86	3	3	4467,19	4	4454,87
DO-88	87	3	3	4555,16	2	4542,86
DO-89	88	3	3	4548,71	4	4538,12
DO-90	89	3	3	4446,53	4	4429,95

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-91	90	3	3	4529,35	4	4519,59
DO-92	91	3	3	4461,1	4	4450,76
DO-93	92	3	3	4709,77	4	4697,47
DO-94	93	3	3	4589,8	4	4580,68
DO-95	94	3	3	4739,11	4	4732,24
DO-96	95	3	3	4503,53	4	4494,78
DO-97	96	3	3	4619,23	4	4617,29
DO-98	97	3	3	4742,16	4	4738,89
DO-99	98	4	4	4986,44	3	4960,57
DO-100	99	4	4	4644,13	3	4627,58
DO-101	100	4	4	4822,32	3	4818,26
DO-102	101	4	*3	4673,78	4	4672,23
DO-103	102	4	4	4564,52	3	4552,2

* = muestra incorrectamente clasificada
Grupos:
1: QDO-1* (QDO-1)
2: QDO-2* (QDO-2 + QDO-3)
3: QDO-3* (QDO-4)
4: QDO-4* (QDO-5)

Comparación litológica entre secciones (Río de Oro vs. tipo)

Tabla VIII.8. Coeficientes de las funciones discriminantes por litología de la Formación Querecual.

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	0,0896215	-0,0236366
TiO_2	44,576	196,899
Al_2O_3	-0,786429	-0,0358482
Fe_2O_3	0,0928131	-21,898
MnO	408,585	-110,679
MgO	-0,059006	0,283709
CaO	-937,664	-113,425
K_2O	210,262	-1,474
CO_2	218,382	256,806
SiO_2/Al_2O_3	0,14386	-0,0315875
TiO_2/Al_2O_3	-415,684	230,941
Fe_2O_3/Al_2O_3	0,465692	376,558
MnO/Al_2O_3	507,178	235,628
MgO/Al_2O_3	-0,0818771	-0,391037
CaO/Al_2O_3	0,0661939	-0,00244687
K_2O/Al_2O_3	-82,544	-292,051
$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	-0,00287407	-0,00558298
MnO/Fe_2O_3	424,258	440,687
Al_2O_3/K_2O	0,109844	-0,0405736
TiO_2/V	0,014826	0,00718239
V	-0,000349495	-0,00124216
Cr	0,00499697	0,00214791
Co	0,331834	-0,934854
Ni	0,000250765	0,000141308
Cu	-0,00507833	-0,0233608
Zn	0,000506039	0,000490189
Se	0,0107181	0,0498736
Rb	0,135065	0,00214314
Sr	0,000423159	-0,000512748
Zr	-0,351821	0,0176772
Mo	-0,00353637	-0,0000324229
Hg	0,0445072	-0,0428118
Pb	-0,0320535	0,0248531
Constante	277,628	130,646

FD 1 = 277,628 + 0,0896215* SiO_2 + 44,576* TiO_2 – 0,786429* Al_2O_3 + 0,0928131* Fe_2O_3 + 408,585* MnO – 0,059006* MgO - 937,664* CaO + 210,262* K_2O + 218,382* CO_2 + 0,14386* (SiO_2/Al_2O_3) - 415,684* (TiO_2/Al_2O_3) + 0,465692* (Fe_2O_3/Al_2O_3) + 507,178* (MnO/Al_2O_3) - 0,0818771* (MgO/Al_2O_3) + 0,0661939* (CaO/Al_2O_3) - 82,544* (K_2O/Al_2O_3) – 0,00287407* (($Al_2O_3+SiO_2$)/CaO) + 424,258* (MnO/Fe_2O_3) + 0,109844* (Al_2O_3/K_2O) + 0,014826* (TiO_2/V) – 0,000349495* V + 0,00499697* Cr + 0,331834* Co + 0,000250765* Ni - 0,00507833* Cu + 0,000506039* Zn + 0,0107181* Se + 0,135065* Rb + 0,000423159* Sr - 0,351821* Zr – 0,00353637* Mo + 0,0445072* Hg – 0,0320535* Pb

Comparación de unidades químicas entre secciones (Río de Oro vs. tipo)

Tabla VIII.9. Coeficientes de las funciones discriminantes de las unidades químicas de la Formación Querecual (según ARREAZA, 2002).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	0,0113189	0,0333291
TiO_2	-253,654	-977,099
Al_2O_3	-0,488382	-0,31288
Fe_2O_3	-0,950938	-0,0533383
MnO	150,124	29,17
MgO	0,248473	0,267289
CaO	0,682218	-821,129
K_2O	715,656	670,831
CO_2	-170,259	187,496
V	-0,000871744	0,000559245
Ni	-0,000143097	-0,0000292651
Cu	0,0122858	0,0365764
Zn	0,000301557	-0,00232218
Se	0,0550194	-0,00762001
Rb	-0,0701544	0,417611
Sr	-0,00243707	0,000524584
Zr	-0,0486703	-0,0637735
Mo	-0,00224353	0,00215554
Hg	0,110554	0,0884708
Pb	0,0232793	0,00297345
Constante	111,555	-906,676

FD 1 = 111,555 + 0,0113189 * SiO_2 - 253,654* TiO_2 - 0,488382 * Al_2O_3 - 0,950938 * Fe_2O_3 + 150,124 * MnO + 0,248473 * MgO + 0,682218 * CaO + 715,656 * K_2O - 170,259 * CO_2 - 0,000871744 * V - 0,000143097 * Ni + 0,0122858 * Cu + 0,000301557 * Zn + 0,0550194 * Se - 0,0701544 * Rb - 0,00243707 * Sr - 0,0486703 * Zr - 0,00224353 * Mo + 0,110554 * Hg + 0,0232793 * Pb

Tabla VIII.10. Tablas de clasificación detalladas de las muestras de la Formación Querecual según unidades químicas definidas por ARREAZA (2002).

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-01 (base)	1		10	2511,37	6	2511,3
DO-02	2		10	2393,93	9	2387,31
DO-03	3		10	2681,4	6	2681,08
DO-04	4		10	2410,08	9	2406,22
DO-05	5		10	2628,29	9	2624,82
DO-06	6		10	2827,84	9	2824,26
DO-07	7		6	2808,12	10	2807,43
DO-08	8		10	2707,46	6	2706,47
DO-09	9		6	2563,13	10	2561,45
DO-10	10		6	2684,96	10	2684,71
DO-11	11		6	2812,81	10	2808,49
DO-12	12		10	2750,13	9	2746,75
DO-13	13		10	2235,68	8	2233,01
DO-14	14		10	2546,15	9	2542,46
DO-15	15		6	2731,45	10	2729,96
DO-16	16		6	2632,97	10	2629,52
DO-17	17		6	2817,79	10	2815,11
DO-18	18		6	2993,11	10	2985,11
DO-19	19		6	2611,79	10	2611,7
DO-20	20		10	2476,4	6	2473,4
DO-21	21		10	2322,07	9	2320,03
DO-22	22		6	2603,38	10	2601,01
DO-23	23		10	2521,21	9	2520,23
DO-24	24		10	2316,12	9	2313,75
DO-25	25		10	2784,93	6	2784,11
DO-26	26		10	2485,78	9	2482,01
DO-27	27		6	2862,98	10	2860,18
DO-28	28		6	2807,95	10	2807,31
DO-29	29		10	2784,98	9	2781,66
DO-31	30		10	2446,53	9	2443,36
DO-32	31		10	2638,79	9	2634,5
DO-33	32		10	2724,43	6	2720,96
DO-34	33		10	2743,69	9	2740,57
DO-35	34		10	2426,54	9	2425,1
DO-36	35		10	2476,02	9	2474,83
DO-37	36		10	2439,76	9	2435,59
DO-38	37		10	2296,49	9	2292,89
DO-39	38		10	2493,08	9	2490,84
DO-40	39		10	2344,92	9	2341,19
DO-41	40		10	2562,3	9	2559,8
DO-42	41		10	2818,34	9	2815,45
DO-43	42		10	2575,51	9	2575,06
DO-44	43		10	2706,47	9	2704,65
DO-45	44		10	2369,25	9	2366,18

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-46	45		10	2366,9	9	2364,44
DO-47	46		10	2668,67	9	2665,48
DO-48	47		10	2413,8	9	2412,48
DO-49	48		10	2482,06	9	2478,61
DO-50	49		10	2452,22	9	2449,8
DO-51	50		10	2391,07	9	2388,14
DO-52	51		10	2629,04	9	2627,79
DO-53	52		10	2672,69	9	2669,7
DO-54	53		8	2293,35	10	2293,09
DO-55	54		9	2584,12	6	2583,02
DO-56	55		10	2403,42	9	2401,95
DO-57	56		10	2430,67	9	2428,46
DO-58	57		10	2628,74	9	2627,12
DO-59	58		6	2313,76	9	2311,79
DO-60	59		10	2750,95	9	2748,62
DO-61	60		6	2662,99	10	2659,21
DO-62	61		6	2712,83	10	2709,77
DO-63	62		10	2519,38	9	2516,27
DO-64	63		6	2536,94	10	2527,57
DO-65	64		10	2392,48	9	2391,88
DO-66	65		10	2387,55	9	2384,27
DO-67	66		10	2405,12	6	2404,18
DO-68	67		6	2988,91	10	2988,1
DO-69	68		10	2943,3	6	2940,56
DO-70	69		10	2684,83	6	2683,57
DO-71	70		10	2556,56	9	2555,64
DO-72	71		6	2846,23	10	2845,78
DO-73	72		10	2776,09	9	2774,25
DO-74	73		10	2479,98	9	2474,01
DO-75	74		10	2892,74	9	2888,82
DO-76	75		10	2841,25	9	2838,47
DO-77	76		10	2483,71	9	2478,68
DO-78	77		10	2577,88	9	2571,54
DO-79	78		10	2778,56	9	2773,22
DO-80	79		10	2979,97	9	2973,53
DO-81	80		10	3052,18	9	3046,18
DO-82	81		10	2909,39	9	2903,47
DO-83	82		10	3316,91	9	3310,81
DO-84	83		10	3729,73	6	3725,06
DO-85	84		10	3329,18	11	3323,1
DO-86	85		10	2933,76	9	2925,84
DO-87	86		10	3316,11	11	3311,23
DO-88	87		10	3099,43	9	3092,21
DO-89	88		10	3392,01	6	3385,3
DO-90	89		10	2804,88	9	2797,26
DO-91	90		10	2895,31	9	2888,18

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-92	91		10	2972,1	9	2964,45
DO-93	92		10	3414,16	11	3407,44
DO-94	93		10	3000,23	9	2992,5
DO-95	94		10	3052,66	9	3045,6
DO-96	95		10	3110,79	9	3103,56
DO-97	96		10	2886,66	11	2878,57
DO-98	97		10	3463,89	11	3461,02
DO-99	98		11	4716,54	10	4705,58
DO-100	99		11	3806,56	10	3805,52
DO-101	100		10	2982,15	9	2974,8
DO-102	101		10	2550,65	9	2542,54
DO-103	102		10	3180,16	11	3176,82
QR236	103	11	11	3709,94	10	3690,82
QR235	104	11	11	3757,73	10	3754,07
QR234	105	11	11	3798,86	10	3783,86
QR233	106	11	11	3782,4	10	3774,68
QR232	107	11	11	3796,54	10	3788,99
QR231	108	11	11	3757,3	10	3748,33
QR230	109	11	*10	4083,38	9	4081,91
QR229	110	11	11	3822,45	10	3818,49
QR228	111	11	11	3686,45	10	3674,74
QR227	112	11	11	3822,83	10	3817,04
QR226	113	10	10	3819,47	11	3817,76
QR225	114	10	10	3813,75	11	3811,39
QR224	115	10	10	3806,22	9	3802,56
QR223	116	10	10	3871,52	9	3865,71
QR222	117	10	10	3768,71	9	3765,59
QR221	118	10	10	3694,05	9	3691,19
QR220	119	10	10	3801,91	9	3799,97
QR219	120	10	10	3781,2	9	3777,86
QR218	121	10	10	3791,48	9	3789,26
QR217	122	10	10	3882,89	9	3880,35
QR216	123	10	10	3783,63	9	3781,82
QR215	124	10	10	3879,11	9	3877,06
QR214	125	10	10	3702,25	11	3702,21
QR213	126	10	10	3787,78	9	3785,97
QR212	127	10	10	3800,51	9	3797,99
QR211	128	10	10	3829,51	9	3827,32
QR210	129	10	10	4042,27	9	4040,72
QR209	130	10	10	3867,73	9	3866,94
QR208	131	10	10	3761,6	9	3758,3
QR207	132	10	10	3896,03	9	3893,41
QR206	133	10	10	3838,04	9	3836,41
QR205	134	10	10	3810,98	9	3810,83
QR204	135	10	*9	3872,05	10	3871,81
QR203	136	10	10	3791,96	9	3791,61

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR202	137	10	10	3849,41	9	3848,69
QR201	138	10	10	3773,52	9	3771,67
QR199	139	10	10	3967,5	9	3964,88
QR198	140	10	10	3748,14	9	3747,01
QR197	141	10	10	3822,21	9	3820,95
QR196	142	10	10	3759,34	9	3758
QR195	143	10	10	3707,42	9	3706,25
QR194	144	10	10	3742,59	9	3741,45
QR193	145	10	10	3790,35	9	3788,61
QR192	146	10	10	3881,64	9	3879,58
QR191	147	10	10	3711,12	9	3710,28
QR190	148	10	10	3764,01	9	3763,27
QR189	149	10	10	3721,55	9	3718,98
QR188	150	10	10	3712,85	9	3710,93
QR187	151	10	10	3976,4	9	3972,8
QR186	152	10	10	3787,06	9	3785,56
QR185	153	10	10	3700,04	9	3698,28
QR184	154	10	10	3852,18	9	3851,85
QR183	155	10	*11	3853,05	10	3852,19
QR182	156	10	10	3743,73	9	3741,92
QR181	157	10	10	3744,95	9	3743,59
QR180	158	10	10	3753,04	9	3753
QR179	159	10	10	3762,28	9	3761,14
QR178	160	10	10	3684,67	9	3683,95
QR177	161	10	*9	3793,31	10	3792,45
QR176	162	10	10	3729,86	9	3729,3
QR175	163	10	10	3802,72	9	3800,11
QR174	164	10	10	3816,22	9	3813,81
QR173	165	10	10	3866,64	9	3865,47
QR172	166	10	10	3873,67	9	3870,63
QR171	167	10	10	3814,97	9	3813,99
QR170	168	10	10	3859,32	9	3858,94
QR169	169	10	*9	3830,8	10	3830,59
QR168	170	10	10	3884,03	9	3882,62
QR167	171	9	*10	3766,43	9	3765,61
QR166	172	9	9	3782,86	10	3782,75
QR165	173	9	9	3756,67	10	3755,95
QR164	174	9	9	3859,87	10	3858,52
QR163	175	9	9	3816,92	10	3816,37
QR162	176	9	9	3771,45	10	3769,1
QR161	177	9	9	3882,66	10	3880,03
QR160	178	9	9	4045,7	10	4045,36
QR159	179	9	*11	4002,52	10	3985,79
QR158	180	9	9	3711,28	7	3705,33
QR157	181	9	9	3838,24	10	3832,6
QR156	182	9	*10	3833,74	9	3833,3

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR155	183	9	9	3761,85	7	3757,55
QR154	184	9	9	3979,07	10	3975,19
QR153	185	9	9	3596,69	10	3592,82
QR152	186	9	9	3813,29	10	3810,79
QR151	187	9	9	3865,47	7	3860,01
QR150	188	9	9	3904,77	10	3903,93
QR149	189	9	*10	3950,23	9	3949,32
QR148	190	9	9	3822,78	10	3820,6
QR147	191	9	9	3695,02	10	3692,43
QR146	192	9	9	3554,17	10	3549,96
QR145	193	9	9	3895,85	10	3893
QR144	194	9	9	3825,02	10	3823,4
QR143	195	9	9	3826,56	10	3825,23
QR142	196	9	9	3737,97	10	3735,6
QR141	197	9	9	3730,1	10	3729,51
QR140	198	9	9	3717,99	10	3716,36
QR139	199	9	9	3807,33	10	3804,81
QR138	200	9	9	3734,94	10	3732,24
QR137	201	9	9	3735,96	10	3734,41
QR136	202	9	9	3787,85	10	3787,45
QR135	203	9	9	3696,29	10	3693,24
QR134	204	9	9	3750,02	10	3749,18
QR133	205	9	9	3730,04	10	3726,69
QR132	206	9	9	3904,99	10	3903,91
QR131	207	9	9	3815,91	10	3814,4
QR130	208	9	*10	3774,79	9	3774,21
QR129	209	9	9	3787,44	10	3787,04
QR128	210	9	9	3745,71	8	3743,27
QR127	211	9	9	3787,71	10	3786,81
QR126	212	9	*10	3733,67	9	3733,57
QR125	213	9	*10	3716,54	9	3714,35
QR124	214	9	*8	4052,66	7	4050,59
QR123	215	9	9	3689,45	10	3688,58
QR122	216	9	9	3743,24	8	3740,6
QR121	217	9	9	3796,38	10	3794,92
QR120	218	9	*8	3703,46	9	3703,13
QR119	219	9	9	3764,73	8	3763,82
QR118	220	8	8	3743,17	9	3742,99
QR117	221	8	8	3727,15	9	3724,03
QR116	222	8	*9	3708,61	8	3707,75
QR115	223	8	8	3848,37	7	3841,38
QR114	224	8	8	3934,48	7	3930,15
QR113	225	8	*7	3779,49	8	3779,35
QR112	226	8	*10	3895,27	8	3893,89
QR111	227	8	*9	3643,82	8	3642,95
QR110	228	8	*7	3774,15	8	3773,86

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR109	229	8	*7	3910,99	8	3908,74
QR108	230	8	8	3821,44	9	3815,84
QR107	231	8	8	3752,15	7	3740,28
QR106	232	8	8	3727,44	9	3717,8
QR105	233	8	8	3793,4	9	3788,5
QR104	234	8	*6	3793,68	7	3793,31
QR103	235	8	8	3756,35	7	3754,3
QR102	236	8	8	3826,41	7	3815,69
QR101	237	8	8	3724,62	7	3722,49
QR100	238	8	*6	3845,49	8	3843,36
QR99	239	8	8	3608,52	7	3598,41
QR98	240	8	8	3775,15	7	3764,66
QR97	241	8	8	3839,28	7	3828,09
QR96	242	8	8	3786,51	6	3781,42
QR95	243	8	8	3808,64	6	3804,54
QR94	244	8	*6	3798,78	7	3796,97
QR93	245	8	8	3820,1	6	3819,87
QR92	246	8	8	3724,34	6	3722,45
QR91	247	8	8	3824,21	7	3821,01
QR90	248	8	8	3674,09	7	3673
QR89	249	7	*6	3771,29	7	3770,45
QR88	250	7	7	3620,75	8	3619,44
QR87A	251	7	7	3955,92	6	3949,33
QR87	252	7	7	3686,09	8	3680,94
QR86	253	7	7	3802,77	8	3802,75
QR85	254	7	7	3909,75	8	3904,08
QR84	255	7	7	3927,58	8	3923,39
QR83	256	7	7	4156,71	8	4153,33
QR82	257	7	7	4233,3	8	4226,85
QR81	258	7	7	3862,62	8	3855,52
QR80	259	7	7	3756,6	8	3755,98
QR79	260	7	7	3884,71	8	3877,09
QR78	261	7	7	3821,83	8	3821,29
QR77	262	7	7	3921,16	8	3918,69
QR76	263	7	7	3788,61	6	3784,78
QR75	264	7	7	3989,89	8	3983,19
QR74	265	7	7	3806,93	8	3802,73
QR73	266	7	7	3795,49	6	3790,12
QR72	267	7	*6	3827,22	8	3825,22
QR71	268	7	*8	3703,06	7	3702,91
QR70	269	7	*6	3898,21	7	3898,14
QR69	270	7	*6	3934,42	7	3932,75
QR68	271	7	7	3911,8	8	3904,71
QR67	272	7	*6	3881,14	7	3877,96
QR66	273	7	7	3896,64	6	3894,71
QR65	274	7	7	3859,56	6	3852,06

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR64	275	7	7	3859,41	6	3857,74
QR63	276	7	*6	3977,12	7	3973,92
QR62	277	7	7	3853,74	8	3843,96
QR61	278	7	7	3929,57	6	3918,49
QR60	279	7	7	3803,63	8	3798,57
QR59	280	7	7	3863,83	6	3861,16
QR58	281	7	7	4015,32	6	4010,71
QR57	282	7	7	3918,8	8	3914,23
QR56	283	7	7	3757,66	6	3752,98
QR55	284	7	7	3849,9	6	3848,11
QR54	285	7	7	3911	6	3908,63
QR53	286	7	7	3841,46	8	3841,3
QR52	287	7	7	3826,18	8	3824,5
QR51	288	7	*8	3869,83	6	3868,36
QR50	289	7	7	3863,6	6	3859,92
QR49	290	7	7	3910,43	6	3905,19
QR48	291	7	*6	3889,35	7	3885,32
QR47	292	6	6	4036,78	7	4031,15
QR46	293	6	6	3914,73	7	3908,95
QR45	294	6	6	3863,77	7	3857,53
QR44	295	6	6	3782,72	7	3777,97
QR43	296	6	6	3865,45	7	3862,25
QR42	297	6	6	3829,76	7	3825,07
QR41	298	6	6	3826,76	7	3822,62
QR40	299	6	6	3800,2	7	3795,39
QR39	300	6	6	3843,01	7	3836,02
QR38	301	6	6	3847,54	7	3838,53
QR37	302	6	6	3901,72	7	3897,27
QR36	303	6	6	3956,86	7	3951,18
QR35	304	6	6	3841,62	7	3838,12
QR34	305	6	6	3865,68	7	3862,34
QR33	306	6	6	3860,92	7	3858,57
QR32	307	6	6	3872,44	8	3863,06
QR31	308	6	6	3817,86	7	3814,53
QR30	309	6	6	3806,2	7	3802,16
QR29	310	6	6	3945,54	8	3942,41
QR28	311	6	6	3818,31	7	3814,32
QR27	312	6	*7	3828,2	6	3826,57
QR26	313	6	6	3870,73	7	3868,7
QR25	314	6	6	3824,54	7	3821,7
QR24	315	6	*10	3777,41	11	3776,7
QR23	316	6	6	3970,58	7	3966,16
QR22	317	6	6	3917,89	7	3908,67
QR21	318	6	6	3845,74	7	3835,38
QR20	319	6	6	3903,03	7	3899,08
QR19	320	6	6	3919,12	7	3907,25

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR18	321	6	*7	4002,13	6	4001,81
QR17	322	6	*8	3763,89	9	3761,55
QR16	323	6	6	3798,25	7	3795,48
QR15	324	6	6	4074,08	10	4067,63
QR300	325	6	6	3909,43	7	3906,51
QR14	326	6	6	3678,09	7	3675,04
QR13	327	6	6	3806,89	7	3803,63
QR12	328	6	6	3854,79	8	3848,49
QR11	329	6	6	3863,19	7	3857,29
QR10	330	6	6	3923,24	7	3918,98
QR09	331	6	6	3859,73	7	3857,99
QR08	332	6	6	3907,77	7	3904,8
QR07	333	6	*8	3834,9	6	3834,06
QR06	334	6	6	3801,92	9	3799,43
QR05	335	6	*8	3792,94	6	3792,76
QR04 (base)	336	6	6	3837,34	8	3836,98

* = muestra incorrectamente clasificada

DO-01 a DO-103 = muestras de la sección Río de Oro

QR04 a QR236 = muestras de la sección tipo (río Querecual)

Grupos:

6: N1

7: N2

8: N3

9: N4

10: N5

11: N6

Tabla VIII.11. Tablas de clasificación detalladas de las muestras de la Formación Querecual según unidades químicas definidas en Río de Oro.

Muestra	Fila	Grupo Actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-01 (base)	1	1	1	18263,7	2	18257,6
DO-02	2	1	1	17975,5	2	17966,3
DO-03	3	1	1	17504,7	2	17501
DO-04	4	1	1	17912,5	2	17910,5
DO-05	5	1	1	18001,2	2	17998,4
DO-06	6	1	*2	17685	1	17683,3
DO-07	7	1	1	17616,5	2	17608,9
DO-08	8	1	1	17976,3	2	17973,7
DO-09	9	1	1	17917,9	2	17912
DO-10	10	1	1	18023,9	2	18019,2
DO-11	11	1	1	18091,9	2	18089,7
DO-12	12	1	1	17599,5	2	17599,3
DO-13	13	1	1	17819	2	17816,6
DO-14	14	1	*2	18072,8	1	18071,9
DO-15	15	1	1	17588,8	2	17584,8
DO-16	16	1	1	17707,8	2	17700,9
DO-17	17	1	1	17676,4	2	17668,6
DO-18	18	1	1	18028,2	2	18024
DO-19	19	1	*2	18063,6	1	18062,9
DO-20	20	1	1	17607,4	2	17603,5
DO-21	21	1	*2	17510,4	1	17509,6
DO-22	22	1	1	17747,9	2	17744,7
DO-23	23	1	1	17932	2	17929
DO-24	24	1	1	17777,3	2	17775,9
DO-25	25	1	*2	17987,1	1	17985,9
DO-26	26	1	1	17660,6	2	17660,2
DO-27	27	1	1	18051,3	2	18049,6
DO-28	28	1	1	18024,8	2	18022,2
DO-29	29	2	2	17884,7	1	17882
DO-31	30	2	2	17816,1	1	17813,5
DO-32	31	2	*1	17798	2	17797,7
DO-33	32	2	2	17757,3	1	17755,3
DO-34	33	2	2	17821,2	1	17819,8
DO-35	34	2	2	17822,4	1	17820,6
DO-36	35	2	*1	17657,9	2	17655,6
DO-37	36	2	2	17903,9	1	17903,1
DO-38	37	2	2	17889,8	1	17887,4
DO-39	38	2	2	17664,4	1	17662,8
DO-40	39	2	2	17763,7	1	17760,5
DO-41	40	2	2	17659,1	1	17658,4
DO-42	41	2	2	17847,5	1	17840,8
DO-43	42	2	2	17956,7	1	17952,8
DO-44	43	2	2	17646,8	1	17641,2

Muestra	Fila	Grupo Actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-45	44	2	2	17874,6	1	17872,7
DO-46	45	2	2	17141,9	1	17135,3
DO-47	46	2	2	18294,8	1	18289,6
DO-48	47	2	2	17973,5	1	17967,1
DO-49	48	2	2	17827,4	1	17826,7
DO-50	49	2	2	17899,6	1	17892,9
DO-51	50	2	2	17784,3	1	17778,6
DO-52	51	2	2	17776,6	1	17772,6
DO-53	52	2	2	17733	1	17730,1
DO-54	53	2	2	18049,8	1	18044,6
DO-55	54	2	2	17612,5	1	17606
DO-56	55	2	2	17417,8	1	17414,8
DO-57	56	2	2	17649,5	1	17643,3
DO-58	57	2	2	18013,1	1	18007,4
DO-59	58	2	2	17936,6	1	17934,2
DO-60	59	2	2	17766	1	17763,4
DO-61	60	2	*1	18060,1	2	18058,1
DO-62	61	2	*1	18032,2	2	18027,9
DO-63	62	2	2	17885,3	1	17882,2
DO-64	63	2	2	17645,9	1	17643,4
DO-65	64	2	2	17847,1	1	17840,9
DO-66	65	2	*1	17947,6	2	17947,4
DO-67	66	2	2	17723,8	1	17718,9
DO-68	67	2	2	17735,4	1	17735,4
DO-69	68	2	2	17966,7	1	17964,5
DO-70	69	2	2	17529	1	17523,9
DO-71	70	2	2	17867	1	17863,4
DO-72	71	2	2	17637,3	1	17635,3
DO-73	72	3	3	17582	4	17560
DO-74	73	3	3	17681,1	4	17662
DO-75	74	3	3	17829,9	4	17794,7
DO-76	75	3	3	18030,2	4	17999,6
DO-77	76	3	3	17616,2	4	17598,2
DO-78	77	3	3	18030,3	4	18007,8
DO-79	78	3	3	17420,6	4	17384,8
DO-80	79	3	3	17401,5	4	17364,1
DO-81	80	3	3	17662,3	4	17623,8
DO-82	81	3	3	17670,2	4	17634,3
DO-83	82	3	3	17565,4	4	17562,1
DO-84	83	3	3	17924,3	4	17899,3
DO-85	84	3	3	17733,4	4	17710
DO-86	85	3	3	17616,3	4	17587,2
DO-87	86	3	3	17739,3	4	17715,8
DO-88	87	3	3	17583,7	4	17554,9
DO-89	88	3	3	17476,3	4	17441,2
DO-90	89	3	3	17697,9	4	17673,1

Muestra	Fila	Grupo Actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
DO-91	90	3	3	17604,6	4	17592,1
DO-92	91	3	3	17533,6	4	17504,7
DO-93	92	3	3	17807,3	4	17779,3
DO-94	93	3	3	17636,5	4	17615,1
DO-95	94	3	3	17736,8	4	17712,4
DO-96	95	3	3	17550,7	4	17525,9
DO-97	96	3	3	17717,6	4	17706,2
DO-98	97	3	3	17921,1	4	17902,2
DO-99	98	4	4	17995,7	3	17955,1
DO-100	99	4	4	17957,6	3	17907,6
DO-101	100	4	4	18001,5	3	17997,4
DO-102	101	4	4	17709,7	3	17703
DO-103	102	4	4	17591,4	3	17566,4
QR236	103		2	17881,2	1	17868,9
QR235	104		2	19467,5	1	19454,4
QR234	105		2	18242,4	1	18226,4
QR233	106		2	18825,7	1	18818
QR232	107		2	18274	1	18269,2
QR231	108		2	19047,8	1	19038,5
QR230	109		2	20416	1	20406,4
QR229	110		2	19349,1	3	19342,5
QR228	111		2	18541,1	1	18526
QR227	112		2	19300,6	1	19288
QR226	113		2	19954,2	1	19943,8
QR225	114		2	18923	1	18921,8
QR224	115		2	25717,2	1	25697,8
QR223	116		2	34209,8	1	34169
QR222	117		2	19469,2	1	19465,8
QR221	118		1	18898,5	2	18895,5
QR220	119		2	20097,1	1	20092,2
QR219	120		2	19843	1	19835,9
QR218	121		2	19361,5	1	19350,5
QR217	122		3	19167,8	2	19161,5
QR216	123		2	19322,8	1	19316,6
QR215	124		2	19981,2	1	19971,7
QR214	125		2	20293,6	1	20276,8
QR213	126		2	19605,2	1	19593
QR212	127		2	20545,7	1	20540,4
QR211	128		3	19462,8	2	19448,7
QR210	129		2	22047,9	1	22038,5
QR209	130		2	19854,3	1	19846,8
QR208	131		1	19458,9	2	19457,2
QR207	132		3	19885,6	2	19867,9
QR206	133		2	20189,6	1	20182,3
QR205	134		2	20070,6	1	20064,3
QR204	135		2	18839,4	3	18837,5

Muestra	Fila	Grupo Actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR203	136		2	19971,4	1	19968,1
QR202	137		3	20356,8	4	20354,8
QR201	138		4	21252,3	2	21251,1
QR199	139		3	19862,3	1	19853,3
QR198	140		3	19051,9	2	19041,7
QR197	141		2	21571	1	21555,5
QR196	142		2	19456,4	1	19452,2
QR195	143		3	19545,9	2	19533
QR194	144		2	19979,6	1	19973,7
QR193	145		2	20472,3	1	20465
QR192	146		1	19473,7	2	19472,4
QR191	147		2	19987,2	1	19975,4
QR190	148		2	19692,1	1	19679
QR189	149		2	19091,9	1	19086,4
QR188	150		2	19211	1	19195,8
QR187	151		1	18309,8	2	18306,9
QR186	152		2	19697,8	1	19686,6
QR185	153		2	19354,8	1	19345,4
QR184	154		2	19515,6	1	19500,4
QR183	155		2	18955,9	1	18940
QR182	156		2	19290,4	1	19275,2
QR181	157		2	19475,8	1	19467
QR180	158		2	19995,1	1	19990,8
QR179	159		2	19821,6	1	19816,4
QR178	160		3	19832,3	2	19819,9
QR177	161		2	19874,5	1	19862,7
QR176	162		2	19150,2	1	19139
QR175	163		2	21559,2	1	21552
QR174	164		2	19710,3	1	19709,4
QR173	165		4	20616,8	1	20533,4
QR172	166		2	20072,7	1	20065,1
QR171	167		3	20380,1	2	20375,6
QR170	168		3	20105,5	4	20089,7
QR169	169		4	20129,3	2	20113,5
QR168	170		4	19825,6	1	19774,1
QR167	171		3	19042,4	4	19022,9
QR166	172		2	20190,1	3	20187,9
QR165	173		2	20229,5	1	20223,8
QR164	174		2	19907,4	1	19896,5
QR163	175		2	20107,5	1	20098,8
QR162	176		2	20573,6	4	20557,4
QR161	177		4	26171,9	1	25407
QR160	178		4	30957,8	1	29350,8
QR159	179		4	38217,4	1	34970,6
QR158	180		4	22546,2	2	22469
QR157	181		3	6690,18	4	6617,83

Muestra	Fila	Grupo Actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR156	182		4	41339,8	1	37997,4
QR155	183		2	22549,9	1	22535,8
QR154	184		4	33487,4	1	32566
QR153	185		2	19956,1	1	19939
QR152	186		2	19922,1	3	19919,3
QR151	187		4	24743,3	1	24322,9
QR150	188		3	20326,4	2	20317,8
QR149	189		3	20012,7	2	19989,3
QR148	190		2	19816,4	1	19809,1
QR147	191		2	19432,2	1	19417,4
QR146	192		2	19549,4	1	19536,3
QR145	193		2	19813,4	1	19805,9
QR144	194		2	19937,4	1	19932,1
QR143	195		3	18948,4	4	18942,3
QR142	196		4	20113	2	20069,3
QR141	197		3	19868,7	2	19852,6
QR140	198		3	19731,2	2	19711,2
QR139	199		4	25949,5	1	24976,7
QR138	200		4	20415,6	1	20295,5
QR137	201		4	19540,6	2	19528
QR136	202		4	19928,8	2	19925,2
QR135	203		2	19923,9	1	19912,2
QR134	204		2	19191,6	1	19187,2
QR133	205		2	19912,8	1	19899,5
QR132	206		2	20423	1	20413,3
QR131	207		2	19751,9	1	19740,1
QR130	208		2	20723,2	1	20720,3
QR129	209		2	19731,3	1	19726,5
QR128	210		2	19798,9	1	19786,4
QR127	211		2	19946,9	1	19934,2
QR126	212		2	19537,1	1	19530,8
QR125	213		2	19500,7	1	19491,7
QR124	214		2	21009,4	1	20988,4
QR123	215		2	19668,6	1	19657,4
QR122	216		2	20346,5	1	20311,7
QR121	217		2	19960,8	1	19957
QR120	218		2	19477,1	1	19472,2
QR119	219		2	19606,4	1	19603,9
QR118	220		2	20482,2	3	20468,6
QR117	221		2	20652,9	1	20646,2
QR116	222		2	20401,7	1	20396,3
QR115	223		3	12429,5	4	12388,6
QR114	224		2	19666,7	1	19657,3
QR113	225		2	20020,2	1	20012,3
QR112	226		2	19908,6	1	19899,2
QR111	227		2	19120,9	1	19112,6

Muestra	Fila	Grupo Actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR110	228		2	20075,8	1	20067,4
QR109	229		2	20300,1	1	20290,1
QR108	230		2	19578,5	1	19570,8
QR107	231		2	19123,1	1	19123
QR106	232		2	19920,3	1	19919,7
QR105	233		1	19535,4	2	19527,1
QR104	234		1	20014,4	2	20010,3
QR103	235		2	19596,8	1	19596,2
QR102	236		2	21326,9	1	21322,9
QR101	237		2	19772,6	1	19769,1
QR100	238		1	19193,9	2	19192,7
QR99	239		2	21935,5	1	21933
QR98	240		1	19809,4	2	19799,2
QR97	241		1	19404,5	2	19398,2
QR96	242		1	20262,6	2	20252,7
QR95	243		1	20255,1	2	20249,9
QR94	244		1	21096,4	2	21091,5
QR93	245		1	20205,7	2	20196,5
QR92	246		1	20239,5	2	20235,2
QR91	247		2	23896,4	1	23891,8
QR90	248		2	19880,2	1	19870,7
QR89	249		2	19585,2	1	19585
QR88	250		2	20034	1	20023
QR87A	251		2	20374,3	1	20358,1
QR87	252		2	21142,6	1	21120,2
QR86	253		2	19874,4	1	19872,4
QR85	254		2	21029,4	1	21008,7
QR84	255		2	20579,6	1	20570,7
QR83	256		2	20872,7	1	20864,7
QR82	257		2	21315,3	1	21313,9
QR81	258		2	20353,6	1	20342,9
QR80	259		2	19983,4	1	19976,8
QR79	260		2	20813,4	1	20798,8
QR78	261		2	20299,3	1	20294,1
QR77	262		1	19915,5	2	19901,8
QR76	263		2	19708,5	1	19699,7
QR75	264		2	23377,7	1	23377
QR74	265		2	20482	1	20481,7
QR73	266		2	20820,7	1	20820,5
QR72	267		1	18213,4	2	18212,4
QR71	268		4	23223	1	23176,8
QR70	269		1	20081,2	2	20073,3
QR69	270		1	19936,6	2	19930,6
QR68	271		2	21099,3	1	21090,1
QR67	272		1	19961	2	19952,8
QR66	273		2	21495,9	1	21487,7

Muestra	Fila	Grupo Actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR65	274		2	21897,4	1	21888,4
QR64	275		1	20911,1	2	20909,4
QR63	276		2	21036,8	1	21030,9
QR62	277		2	22089,9	1	22076,8
QR61	278		2	21613,6	1	21602,9
QR60	279		2	20447,1	1	20441
QR59	280		2	20157,3	1	20153,3
QR58	281		2	20666	1	20663,3
QR57	282		2	21839,9	1	21820,9
QR56	283		2	20613,3	1	20598,3
QR55	284		2	21139,6	1	21133,9
QR54	285		1	20302,1	2	20301,2
QR53	286		2	20299,8	1	20298,5
QR52	287		2	19825,7	1	19820,2
QR51	288		1	19699,2	2	19684,8
QR50	289		1	20036,6	2	20030,7
QR49	290		2	19646	1	19640,9
QR48	291		1	20159,5	2	20158,1
QR47	292		1	20174,7	2	20172,8
QR46	293		1	19490,2	2	19487,4
QR45	294		1	19283,4	2	19262,4
QR44	295		2	22665,3	1	22664,4
QR43	296		1	20623,8	2	20620,4
QR42	297		1	19573,9	2	19561,7
QR41	298		2	20582,1	1	20561,6
QR40	299		1	19598,7	2	19584
QR39	300		1	20242,3	2	20228,9
QR38	301		1	19850,5	2	19830,1
QR37	302		1	22471,7	2	22469,8
QR36	303		1	22482,2	2	22476,7
QR35	304		1	20213,1	2	20204,3
QR34	305		1	20304,4	2	20301,1
QR33	306		1	20223,3	2	20217,7
QR32	307		1	19867	2	19842
QR31	308		1	20243,1	2	20239,3
QR30	309		2	20148,7	1	20148,4
QR29	310		1	20247,8	2	20234,3
QR28	311		1	20241,5	2	20239,4
QR27	312		2	20048,2	1	20043,2
QR26	313		2	20855	1	20850,9
QR25	314		1	19406,6	2	19395,3
QR24	315		2	19975,8	1	19964,4
QR23	316		1	19557,8	2	19545,9
QR22	317		1	19324,8	2	19313,5
QR21	318		1	19916,5	2	19904,9
QR20	319		1	20340,6	2	20338,9

Muestra	Fila	Grupo Actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
QR19	320		1	20160,1	2	20149,3
QR18	321		1	19695,2	2	19690,2
QR17	322		2	20534,5	1	20527,7
QR16	323		1	19759	2	19754,1
QR15	324		1	20452,3	2	20446,1
QR300	325		1	20142,3	2	20133,9
QR14	326		2	19615,2	1	19605,3
QR13	327		2	19618,3	1	19616,9
QR12	328		2	19921,4	1	19913,6
QR11	329		1	19820,5	2	19815,8
QR10	330		1	19923,8	2	19915,8
QR09	331		1	20266,2	2	20263,4
QR08	332		2	19768,4	1	19768,4
QR07	333		2	18644,9	1	18643,2
QR06	334		1	18081,6	3	18081,1
QR05	335		2	20128,9	1	20124,9
QR04 (base)	336		2	20005,7	1	20004,2

* = muestra incorrectamente clasificada

DO-01 a DO-103 = muestras de la sección Río de Oro

QR04 a QR236 = muestras de la sección tipo (río Querecual)

Grupos:

1: QDO-1*

2: QDO-2*

3: QDO-3*

4: QDO-4*

Apéndice VIII.2. Tablas de coeficientes, ecuaciones y tablas de clasificación por muestra de las funciones discriminantes de la Formación Naricual

Separación de tipos litológicos en la sección río Orégano

Tabla VIII.12. Coeficientes de las funciones discriminantes para tipos litológicos de la sección río Orégano.

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	-0,0455903	-0,00881216
TiO_2	487,519	169,749
Al_2O_3	0,108932	0,17566
Fe_2O_3	-0,135961	-0,0013685
MnO	808,082	-142,832
MgO	0,128299	-0,330679
CaO	-0,14668	-0,187548
K_2O	-242,976	-234,981
CO_2	-346,033	-372,914
SiO_2/Al_2O_3	0,00666641	0,0086973
TiO_2/Al_2O_3	-159,685	-209,509
Fe_2O_3/Al_2O_3	179,356	-108,368
MnO/Al_2O_3	0,0230537	0,182275
MgO/Al_2O_3	0,0420655	0,534256
CaO/Al_2O_3	149,619	598,401
K_2O/Al_2O_3	-219,206	-152,621
V	0,0165651	-0,0550494
Co	-0,100229	0,0871413
Ni	0,000748578	-0,00115869
Zn	0,00470822	0,0109089
Rb	0,0683841	0,0221242
Sr	-0,00019949	-0,00104503
Zr	-0,00358586	0,0061927
Pb	0,0249278	-0,00888014
Constante	-0,271269	-178,269

FD 1 = - 0,271269 - 0,0455903 * SiO_2 + 487,519 * TiO_2 + 0,108932 * Al_2O_3 - 0,135961 * Fe_2O_3 + 808,082 * MnO + 0,128299 * MgO - 0,14668 * CaO - 242,976 * K_2O - 346,033 * CO_2 + 0,00666641 * (SiO_2/Al_2O_3) - 159,685 * (TiO_2/Al_2O_3) + 179,356 * (Fe_2O_3/Al_2O_3) + 0,0230537 * (MnO/Al_2O_3) + 0,0420655 * (MgO/Al_2O_3) + 149,619 * (CaO/Al_2O_3) - 219,206 * (K_2O/Al_2O_3) + 0,0165651* V - 0,100229 * Co + 0,000748578 * Ni + 0,00470822 * Zn + 0,0683841* Rb - 0,00019949 * Sr - 0,00358586 * Zr + 0,0249278 * Pb

Separación de tipos litológicos en la sección río Orégano (según sistema de clasificación de HERRON, 1987)

Tabla VIII.13. Coeficientes de las funciones discriminantes para tipos litológicos según el sistema de clasificación de HERRON (1987).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	-0,0181197	0,0351977
TiO_2	308,638	-100,793
Al_2O_3	0,171068	0,0288594
Fe_2O_3	-0,231332	103,312
MnO	101,392	-91,901
MgO	-0,016401	0,330438
CaO	-0,0984654	-0,126075
K_2O	-0,054345	-17,188
CO_2	-573,368	209,614
SiO_2/Al_2O_3	0,00476909	0,0088188
TiO_2/Al_2O_3	-101,852	-245,948
Fe_2O_3/Al_2O_3	701,585	178,997
MnO/Al_2O_3	0,315568	-0,19536
MgO/Al_2O_3	0,0677994	0,746075
CaO/Al_2O_3	-173,316	148,679
K_2O/Al_2O_3	-62,485	132,556
V	0,0123044	0,0230855
Co	-0,0539456	-0,279982
Ni	0,0003615	0,00154132
Zn	0,00161164	-0,00210781
Rb	0,0160199	0,0365345
Sr	-0,00170707	-0,00587487
Zr	-0,00759725	-0,00293607
Pb	0,0470834	-0,0791803
Constante	-193,337	-258,021

FD 1 = $-193{,}337 - 0{,}0181197 * SiO_2 + 308{,}638 * TiO_2 + 0{,}171068 * Al_2O_3 - 0{,}231332 * Fe_2O_3 + 101{,}392 * MnO - 0{,}016401 * MgO - 0{,}0984654 * CaO - 0{,}054345 * K_2O - 573{,}368 * CO_2 + 0{,}00476909 * (SiO_2/Al_2O_3) - 101{,}852 * (TiO_2/Al_2O_3) + 701{,}585 * (Fe_2O_3/Al_2O_3) + 0{,}315568 * (MnO/Al_2O_3) + 0{,}0677994 * (MgO/Al_2O_3) - 173{,}316 * (CaO/Al_2O^3) - 62{,}485 * (K_2O/Al_2O_3) + 0{,}0123044 * V - 0{,}0539456 * Co + 0{,}0003615 * Ni + 0{,}00161164 * Zn + 0{,}0160199 * Rb - 0{,}00170707 * Sr - 0{,}00759725 * Zr + 0{,}0470834 * Pb$

Tabla VIII.14. Tabla de clasificación detallada de muestras de la sección río Orégano según el sistema de clasificación de HERRON (1987).

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob	2do valor más alto
OR-01(base)	1	1	1	320,622	2	314,274
OR-02	2	1	1	333,209	2	327,961
OR-03	3	2	2	326,577	1	323,649
OR-04	4	2	2	310,959	1	305,7
OR-05	5	2	2	306,149	1	305,621
OR-06	6	1	*5	302,218	1	301,96
OR-07	7	3	3	314,77	6	301,021
OR-08	8	3	3	346,052	6	334,094
OR-09	9	1	*5	328,896	1	323,91
OR-10	10	4	4	582,506	7	416,307
OR-11	11	3	3	367,999	6	358,089
OR-12	12	3	3	362,834	6	349,018
OR-13	13	3	3	399,536	6	384,039
OR-14	14	1	1	304,955	2	302,008
OR-15	15	1	1	327,037	2	318,404
OR-16	16	5	5	349,201	1	343,242
OR-17	17	3	3	298,739	2	283,511
OR-18	18	2	*1	308,446	2	308,153
OR-19	19	1	1	329,418	5	325,306
OR-20	20	1	1	278,641	2	272,818
OR-21	21	1	1	313,344	2	310,411
OR-22	22	1	1	280,02	2	278,384
OR-23	23	1	1	299,823	5	293,704
OR-24	24	1	1	283,024	2	280
OR-25	25	1	1	304,209	2	298,719
OR-26	26	3	3	324,587	6	316,045
OR-27	27	1	1	326,26	5	323,272
OR-28	28	1	1	296,379	2	293,692
OR-29	29	1	1	302,994	5	296,149
OR-30	30	3	3	363,501	6	358,951
OR-31	31	3	3	301,138	6	292,004
OR-32	32	3	3	318,159	6	309,499
OR-33	33	3	3	312,056	6	303,022
OR-34	34	3	3	332,142	6	326,229
OR-35	35	1	*5	334,412	1	332,772
OR-36	36	1	1	375,798	2	372,755
OR-37	37	3	3	360,96	6	352,946
OR-38	38	3	3	342,792	6	334,425
OR-39	39	3	3	362,75	6	353,785
OR-40	40	3	3	358,326	6	342,605
OR-41	41	6	6	328,92	3	319,363
OR-42	42	1	*5	338,892	1	337,03
OR-43	43	3	3	353,265	6	336,636

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob	2do valor más alto
OR-44	44	1	1	328,943	2	326,862
OR-45	45	1	1	342,092	5	339,418
OR-46	46	7	7	323,966	6	311,915
OR-47	47	1	1	278,083	2	276,397
OR-48	48	2	2	289,972	3	282,849
OR-49	49	1	1	288,166	2	286,291
OR-51	50	1	*5	309,15	1	305,639
OR-52	51	5	*1	324,49	5	323,56
OR-53	52	1	1	259,976	2	255,641
OR-54	53	5	5	361,905	1	344,773
OR-55	54	1	1	274,712	5	273,026
OR-56	55	1	1	312,502	5	309,302
OR-57	56	2	2	244	1	243,647
OR-58	57	1	1	268,358	2	264,4
OR-60	58	3	3	370,223	6	366,449
OR-61	59	1	1	297,099	2	294,855
OR-62	60	2	2	284,152	1	280,24
OR-63	61	1	*2	267,51	1	267,226
OR-64	62	1	*5	301,285	1	301,001
OR-65	63	1	1	285,033	2	283,262
OR-66	64	3	3	278,616	6	273,204
OR-67	65	2	2	260,248	1	260,243
OR-68	66	2	2	254,626	1	252,036
OR-69	67	3	3	346,296	6	338,594
OR-70	68	1	1	277,672	2	274,286
OR-71	69	1	1	293,441	2	288,736
OR-72	70	1	*2	254,373	1	253,479
OR-73	71	1	1	312,712	2	311,04
OR-74	72	1	1	293,592	2	292,741
OR-75	73	2	2	280,62	1	279,96
OR-76	74	3	*6	284,306	3	279,463
OR-77	75	3	3	358,208	6	353,96
OR-78	76	3	3	324,017	6	318,743
OR-79	77	3	3	292,668	6	289,505
OR-80	78	1	*2	327,45	1	326,919
OR-81	79	2	2	275,223	1	273,116
OR-82	80	2	2	287,072	1	283,613
OR-83	81	1	1	314,557	2	312,497
OR-84	82	1	1	296,678	2	292,371
OR-85	83	1	1	319,872	2	316,557
OR-86	84	2	2	291,982	1	286,831
OR-87	85	2	2	316,23	1	313,634
OR-88	86	1	1	320,546	2	317,94
OR-89	87	1	1	278,74	2	277,711
OR-90	88	2	2	295,836	1	292,76
OR-91	89	2	2	288,817	1	285,373

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob	2do valor más alto
OR-92	90	1	*2	321,438	1	321,052
OR-93	91	3	3	325,174	6	308,001
OR-94	92	6	6	305,264	3	303,303
OR-95	93	2	2	309,02	1	307,906
OR-96	94	2	2	269,589	1	266,594
OR-97	95	2	2	309,377	1	307,294
OR-98	96	1	1	332,047	5	330,699
OR-100	97	1	1	360,22	5	357,89
OR-101	98	3	3	280,545	6	269,904
OR-102	99	3	3	224,569	6	214,16
OR-104	100	1	1	269,086	2	265,79
OR-105	101	1	1	299,349	5	294,163
OR-106	102	1	1	298,607	5	298,374
OR-107	103	2	2	288,893	1	286,126
OR-108	104	1	1	352,336	2	350,358
OR-109	105	2	2	293,329	1	288,282
OR-110	106	1	1	300,38	2	297,751
OR-112	107	1	1	296,855	2	295,101
OR-113	108	2	2	303,01	1	298,819
OR-114	109	1	1	334,316	2	333,344
OR-115	110	2	2	292,002	1	288,53
OR-116	111	1	*2	293,61	1	292,838
OR-117	112	1	1	293,922	2	293,504
OR-118	113	1	*2	319,044	1	318,314
OR-121	114	2	2	303,402	1	299,548
OR-122	115	2	2	317,487	1	314,621
OR-123	116	3	*2	274,016	3	268,145
OR-124	117	1	1	215,899	5	212,748
OR-125	118	3	3	334,137	6	330,476
OR-126	119	3	3	306,663	6	299,804
OR-127	120	3	3	317,593	6	317,515
OR-128	121	6	6	328,713	3	326,789
OR-129	122	3	3	353,33	6	342,14
OR-130	123	3	3	336,945	6	333,265
OR-131	124	1	1	288,425	2	287,039
OR-133	125	2	2	284,569	1	280,366
OR-134	126	2	2	315,699	1	314,352
OR-135	127	1	1	299,4	2	297,626
OR-136	128	3	3	330,138	6	313,77
OR-137	129	3	*6	355,503	3	355,395
OR-138	130	1	1	323,035	5	321,984
OR-139	131	3	3	335,926	6	335,315
OR-140	132	2	2	321,676	1	320,291
OR-141	133	2	2	304,606	1	302,905
OR-143	134	1	1	321,769	5	315,736
OR-144	135	3	3	319,075	6	313,763

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob	2do valor más alto
OR-145	136	6	6	386,934	3	378,835
OR-146	137	1	*5	361,179	1	351,928
OR-147	138	1	1	298,716	2	295,626
OR-150	139	1	1	343,861	5	340,004
OR-151	140	4	4	584,621	7	401,639
OR-152	141	3	3	344,271	6	333,508
OR-153	142	2	2	280,05	1	278,54
OR-154	143	3	*6	378,96	3	374,425
OR-155	144	2	2	256,322	1	253,348
OR-156	145	1	1	350,76	2	343,378
OR-157	146	1	1	321,003	5	319,737
OR-158	147	1	*2	325,688	3	323,951
OR-159	148	2	2	315,923	1	311,611
OR-160	149	3	3	278,216	2	274,462
OR-161	150	1	1	313,959	2	310,087
OR-162	151	3	3	342,785	6	340,473
OR-163	152	2	2	329,842	1	325,103
OR-164	153	1	1	318,814	2	317,032
OR-165	154	1	1	300,085	2	297,915
OR-166	155	1	1	322,486	2	320,648
OR-167	156	2	2	328,333	1	326,681
OR-168	157	2	2	327,797	1	323,527
OR-169	158	2	2	309	1	307,091
OR-170	159	1	1	333,99	2	333,528
OR-171	160	1	*2	287,763	1	286,286
OR-172	161	3	3	332,521	6	319,176
OR-173	162	2	2	313,976	1	309,854
OR-174	163	2	2	334,015	1	331,657
OR-175	164	2	2	341,769	1	332,185
OR-176	165	1	1	338,005	2	332,475
OR-177	166	2	*1	353,295	2	351,93
OR-178	167	2	2	294,778	1	293,771
OR-179	168	1	1	305,819	2	302,113
OR-180	169	1	1	311,311	2	307,119
OR-181	170	1	*2	308,056	1	307,938
OR-182	171	1	1	315,236	2	312,222
OR-183	172	2	2	331,676	1	328,429
OR-186	173	3	*6	367,965	3	367,291
OR-187	174	3	*6	364,669	3	359,121
OR-188	175	3	3	351,828	6	347,617
OR-189	176	6	6	397,714	3	383,04
OR-190	177	3	3	358,337	6	354,305
OR-191	178	2	2	297,511	1	291,627
OR-192	179	2	2	288,794	1	284,636
OR-193	180	3	3	336,55	6	335,242
OR-196	181	1	*2	328,614	1	328,485

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob	2do valor más alto
OR-197	182	1	*2	362,458	1	361,573
OR-198	183	2	2	331,14	1	330,051
OR-199	184	2	2	310,886	1	310,592
OR-200	185	3	3	338,342	6	330,727
OR-201	186	2	2	298,051	1	293,541
OR-202	187	2	2	308,109	1	301,847
OR-203	188	2	2	337,588	1	336,613
OR-204	189	1	1	286,899	2	286,345
OR-205	190	2	2	302,602	1	299,775
OR-206	191	2	2	302,621	1	302,471
OR-207	192	1	1	286,667	2	282,567
OR-208	193	1	1	300,55	2	295,905
OR-209	194	1	1	325,882	2	323,848
OR-210	195	5	*1	314,47	5	313,195
OR-212	196	1	1	340,182	2	337,039
OR-213	197	2	2	327,166	1	325,668
OR-214	198	2	2	339,171	1	338,599
OR-215	199	2	2	294,138	1	289,129
OR-216	200	2	2	321,208	1	318,85
OR-217	201	2	2	299,907	1	294,376
OR-218	202	2	2	306,69	1	301,925
OR-219	203	2	2	305,372	1	301,689
OR-220	204	2	2	303,428	1	300,424
OR-221	205	3	3	329,145	6	319,874
OR-222	206	1	1	315,22	2	311,325
OR-223	207	2	2	318,31	1	316,06
OR-224	208	1	1	316,05	2	313,925
OR-225	209	1	1	333,811	2	331,08
OR-226	210	2	2	294,421	1	292,57
OR-227	211	2	2	328,364	1	326,835
OR-228	212	1	1	331,348	5	325,977
OR-229	213	1	1	317,186	2	313,527
OR-230	214	2	2	318,648	1	317,631
OR-231	215	2	2	343,77	1	339,573
OR-232	216	2	2	323,163	1	310,269
OR-233	217	1	1	325,094	7	322,339
OR-234	218	3	3	280,195	6	279,372
OR-235	219	2	2	311,268	1	305,774
OR-236	220	2	2	284,344	1	281,711
OR-237	221	3	3	293,069	6	283,871
OR-238	222	3	3	329,363	6	320,773
OR-239	223	1	1	320,413	5	315,982
OR-240	224	2	2	318,994	1	314,856
OR-241	225	2	2	312,106	1	310,071
OR-242	226	2	2	314,521	1	312,485
OR-243	227	2	2	309,584	1	305,093

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob	2do valor más alto
OR-245	228	2	2	281,08	1	278,178
OR-246	229	3	3	355,319	6	340,982
OR-247	230	3	3	338,93	6	328,044
OR-248	231	3	3	353,579	6	344,487
OR-249	232	1	1	335,296	5	331,596
OR-250 (tope)	233	2	2	294,913	1	293,6

* = muestra mal clasificada

Grupos:

1: Arenita – Fe
2: Lutita – Fe
3: Lutita
4: Sublitarenita
5: Cuarzoarenita
6: Waca
7: Litarenita

Separación de litofacies en la sección río Orégano

Tabla VIII.15. Coeficientes de las funciones discriminantes por litofacies en río Orégano (según ARREAZA 2002).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	-0,0273136	-0,0121207
TiO_2	735,783	-947,094
Al_2O_3	0,0577801	0,00996523
Fe_2O_3	-0,208561	0,034766
MnO	12,818	272,943
MgO	0,0238104	0,0236392
CaO	-0,298934	-149,715
K_2O	-189,047	143,336
CO_2	-609,105	231,958
SiO_2/Al_2O_3	0,00428335	-0,00203924
TiO_2/Al_2O_3	-100,944	0,750769
Fe_2O_3/Al_2O_3	-130,027	-425,191
MnO/Al_2O_3	0,121927	0,143172
MgO/Al_2O_3	0,645656	287,962
CaO/Al_2O_3	0,0870228	-176,518
K_2O/Al_2O_3	-494,713	-0,222628
V	0,0195128	-0,0078909
Co	-0,0154769	-0,0817577
Ni	0,000559787	0,00111337
Zn	0,0074101	-0,00525723
Rb	0,078993	-0,0429788
Sr	-0,00552399	-0,00718194
Zr	-0,00407025	0,00326054
Pb	-0,033956	0,0225302
Constante	-0,892664	308,827

Litofacies:

1) Areniscas cuarzosas de grano fino a medio
2) Areniscas de grano fino con laminaciones oscuras y limolitas
3) Areniscas tipo “sal y pimienta”, de grano fino a medio
4) Areniscas carbonáticas
5) Lutitas negras carbonosas
6) Lutitas limosas y lutitas arenosas

FD 1 = -0,892664 - 0,0273136 * SiO_2 + 735,783 * TiO_2 + 0,0577801 * Al_2O_3 - 0,208561 * Fe_2O_3 + 12,818 * MnO + 0,0238104 * MgO - 0,298934 * CaO - 189,047 * K_2O - 609,105 * CO_2 + 0,00428335 * (SiO_2/Al_2O_3) - 100,944 * (TiO_2/Al_2O_3) - 130,027 * (Fe_2O_3/Al_2O_3) + 0,121927 * (MnO/Al_2O_3) + 0,645656 * (MgO/Al_2O_3) + 0,0870228 * (CaO/Al_2O_3) - 494,713 * (K_2O/Al_2O_3) + 0,0195128 * V - 0,0154769 * Co + 0,000559787 * Ni + 0,0074101 * Zn + 0,078993 * Rb - 0,00552399 * Sr - 0,00407025 * Zr - 0,033956 * Pb

Tabla VIII.16. Coeficientes de las funciones discriminantes según litofacies en río Orégano (ANGULO & RODRÍGUEZ 2001).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	-0,00509527	-0,0168261
TiO_2	-323,228	-116,496
Al_2O_3	0,048184	-0,0602749
Fe_2O_3	0,0689324	0,31662
MnO	435,365	-135,105
MgO	0,210986	0,0916922
CaO	-0,559392	0,105826
K_2O	-0,515685	-204,115
CO_2	178,666	392,991
SiO_2/Al_2O_3	-0,00011301	0,00223347
TiO_2/Al_2O_3	-0,424921	-118,444
Fe_2O_3/Al_2O_3	-600,078	376,744
MnO/Al_2O_3	-0,0553357	-0,118585
MgO/Al_2O_3	213,667	-0,647581
CaO/Al_2O_3	-0,323103	153,854
K_2O/Al_2O_3	245,143	643,385
V	0,0357619	0,00262315
Co	0,0198571	0,212876
Ni	-0,00076828	0,00263145
Zn	-0,00550802	-0,00722938
Rb	0,0684605	0,0104954
Sr	-0,0198371	0,00683625
Zr	0,00269332	-0,0105668
Pb	-0,0151388	-0,0516938
Constante	-0,168913	-134,073

FD 1 = -0,00509527 * SiO_2 - 323,228 * TiO_2 + 0,048184 * Al_2O_3 + 0,0689324 * Fe_2O_3 + 435,365 * MnO + 0,210986 * MgO - 0,559392 * CaO - 0,515685 * K_2O + 178,666 * CO_2 - 0,00011301 * (SiO_2/Al_2O_3) - 0,424921 * (TiO_2/Al_2O_3) - 600,078 * (Fe_2O_3/Al_2O_3) - 0,0553357 * (MnO/Al_2O_3) + 213,667 * (MgO/Al_2O_3) - 0,323103 * (CaO/Al_2O_3) + 245,143 * (K_2O/Al_2O_3) + 0,0357619 * V + 0,0198571 * Co - 0,00076828 * Ni - 0,00550802 * Zn + 0,0684605 * Rb - 0,0198371 * Sr + 0,00269332 * Zr - 0,0151388 * Pb

Separación de paleoambientes en la sección río Orégano

Tabla VIII.17. Coeficientes de las funciones discriminantes de paleoambientes de la Formación Naricual (sección río Orégano).

Variables químicas	FD1	FD2
SiO_2	-0,00252627	0,0558801
TiO_2	-253,239	0,841553
Al_2O_3	-0,0280812	-0,169329
Fe_2O_3	0,101024	-0,207878
MnO	-381,809	19,804
MgO	-0,393368	0,0183716
CaO	-0,133105	-0,0629245
K_2O	-0,264893	0,527933
CO_2	559,372	107,057
V	0,0714136	0,00746741
Co	0,119773	0,272013
Ni	0,0001381	0,000905614
Zn	-0,0108517	0,00861865
Rb	-0,0452462	0,00132266
Sr	0,00779057	0,00521708
Zr	-0,00044282	-0,00762326
Pb	-0,0648451	-0,0165957
Constante	148,576	-873,177

FD 1 = 148,576 - 0,00252627 * SiO_2 - 253,239 * TiO_2 - 0,0280812 * Al_2O_3 + 0,101024 * Fe_2O_3 - 381,809 * MnO - 0,393368 * MgO - 0,133105 * CaO - 0,264893 * K_2O + 559,372 * CO_2 + 0,0714136 * V + 0,119773 * Co + 0,0001381 * Ni - 0,0108517 * Zn - 0,0452462 * Rb + 0,00779057 * Sr - 0,00044282 * Zr - 0,0648451* Pb

Separación de unidades químicas de la sección río Orégano

Tabla VIII.18. Coeficientes de las funciones discriminantes de las unidades químicas de la Formación Naricual (sección río Orégano).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	-0,0719325	0,143301
TiO_2	-156,767	-154,106
Al_2O_3	0,0175061	0,245726
Fe_2O_3	0,12028	0,36367
MnO	-578,934	-510,649
MgO	-0,0232292	-0,228239
CaO	-0,682169	0,102493
K_2O	-390,167	-195,388
CO_2	365,761	475,253
SiO_2/Al_2O_3	0,00851056	-0,00369605
TiO_2/Al_2O_3	-0,454432	0,949283
Fe_2O_3/Al_2O_3	-188,761	-111,299
MnO/Al_2O_3	-0,0135108	0,0407768
MgO/Al_2O_3	22,152	120,924
CaO/Al_2O_3	0,880291	378,389
K_2O/Al_2O_3	604,168	-39,599
V	-0,0282717	-0,0161733
Co	0,175525	-0,0694793
Ni	-0,00139303	-0,00239546
Zn	-0,00718138	0,0129932
Rb	0,144593	0,00491637
Sr	-0,0167573	-0,0140089
Zr	-0,000371238	-0,00897776
Pb	-0,0259609	0,0248267
Constante	328,726	-121,929

FD 1= 328,726 - 0,0719325 * SiO_2 - 156,767 * TiO_2 + 0,0175061 * Al_2O_3 + 0,12028 * Fe_2O_3 - 578,934 * MnO - 0,0232292 * MgO - 0,682169 * CaO - 390,167 * K_2O + 365,761 * CO_2 + 0,00851056 * (SiO_2/Al_2O_3) - 0,454432 * (TiO_2/Al_2O_3) - 188,761 * (Fe_2O_3/Al_2O_3) - 0,0135108 * (MnO/Al_2O_3) + 22,152 * (MgO/Al_2O_3) + 0,880291 * (CaO/Al_2O_3) + 604,168 * (K_2O/Al_2O_3) - 0,0282717 * V + 0,175525 * Co - 0,00139303 * Ni - 0,00718138 * Zn + 0,144593 * Rb - 0,0167573 * Sr - 0,000371238 * Zr - 0,0259609 * Pb

Tabla VIII.19. Tabla de clasificación detallada de muestras según las unidades químicas definidas en río Orégano.

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-01(base)	1	1	1	333,382	5	323,984
OR-02	2	1	1	324,242	0	323,799
OR-03	3	1	1	328,955	2	325,173
OR-04	4	1	*3	307,541	5	306,752
OR-05	5	1	*0	305,352	5	304,849
OR-06	6	1	*3	287,941	2	287,388
OR-07	7	1	1	278,368	2	277,847
OR-08	8	1	*2	312,89	1	311,598
OR-09	9	1	*2	313,899	1	313,161
OR-10	10	1	1	296,052	0	289,766
OR-11	11	1	1	330,633	2	327,987
OR-12	12	1	1	321,81	3	320,713
OR-13	13	1	1	358,016	2	355,2
OR-14	14	1	*2	303,636	4	302,276
OR-15	15	1	1	311,92	3	307,614
OR-16	16	1	*2	334,109	1	333,493
OR-17	17	1	*0	289,423	4	288,428
OR-18	18	1	*4	312,116	0	311,407
OR-19	19	1	*2	332,094	4	332,036
OR-20	20	1	1	274,889	3	270,888
OR-21	21	1	*3	297,008	5	296,962
OR-22	22	1	*3	276,506	1	276,146
OR-23	23	1	1	303,325	0	298,372
OR-24	24	1	1	281,095	5	278,372
OR-25	25	2	*4	287,046	3	285,806
OR-26	26	2	2	292,657	1	290,199
OR-27	27	2	2	320,111	4	320,055
OR-28	28	2	2	294,081	4	293,584
OR-29	29	2	*1	285,939	3	284,21
OR-30	30	2	*1	336,993	0	336,654
OR-31	31	2	2	262,403	3	258,13
OR-32	32	2	2	265,71	1	263,738
OR-33	33	2	2	272,352	1	268,773
OR-34	34	2	2	292,626	1	291,279
OR-35	35	2	*3	309,742	5	309,326
OR-36	36	2	*4	351,479	5	351,337
OR-37	37	2	2	330,578	1	330,511
OR-38	38	2	2	309,066	0	306,064
OR-39	39	2	2	322,957	1	320,889
OR-40	40	2	2	324,624	1	321,502
OR-41	41	2	*4	309,558	2	308,937
OR-42	42	2	*4	329,35	2	328,942
OR-43	43	2	*1	315,865	2	314,751
OR-44	44	2	*4	326,193	2	325,84

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-45	45	2	2	343,086	4	342,579
OR-46	46	2	2	291,064	4	291,015
OR-47	47	2	*4	277,26	3	277,101
OR-48	48	2	*5	299,367	4	298,614
OR-49	49	2	2	286,206	4	285,796
OR-50	50	2	*3	218,705	2	217,495
OR-51	51	2	2	302,793	0	302,551
OR-52	52	2	2	318,825	4	318,745
OR-53	53	2	2	251,127	3	251,046
OR-54	54	2	*1	333,75	2	332,976
OR-55	55	2	2	268,739	3	267,237
OR-56	56	2	2	301,545	1	295,242
OR-57	57	2	2	250,994	4	250,191
OR-58	58	3	*2	266,002	3	265,586
OR-60	59	3	3	324,254	4	321,627
OR-61	60	3	3	284,544	5	282,469
OR-62	61	3	3	277,349	5	275,727
OR-63	62	3	3	263,549	5	260,827
OR-64	63	3	*2	299,583	3	298,083
OR-65	64	3	3	276,374	2	275,38
OR-66	65	3	3	258,437	5	256,837
OR-67	66	3	3	259,495	0	257,784
OR-68	67	3	3	248,673	2	247,274
OR-69	68	3	3	325,901	5	325,476
OR-70	69	3	*2	266,84	3	265,262
OR-71	70	3	3	283,535	5	283,144
OR-72	71	3	3	246,432	4	244,46
OR-73	72	3	3	303,049	5	302,449
OR-74	73	3	*1	294,547	5	294,482
OR-75	74	3	3	273,739	5	270,673
OR-76	75	3	3	258,706	4	257,542
OR-77	76	3	3	333,94	1	333,635
OR-78	77	3	3	295,724	4	294,776
OR-79	78	3	3	274,458	4	272,363
OR-80	79	3	*1	328,504	5	327,876
OR-81	80	3	3	273,89	5	272,384
OR-82	81	3	3	280,895	5	279,338
OR-83	82	3	3	305,869	5	305,506
OR-84	83	3	3	285,482	1	283,983
OR-85	84	3	*2	310,269	5	310,147
OR-86	85	3	3	287,456	4	287,278
OR-87	86	3	*0	310,993	4	310,928
OR-88	87	3	*5	314,872	0	314,734
OR-89	88	3	3	268,88	4	268,251
OR-90	89	3	3	293,438	5	292,704
OR-91	90	3	3	283,277	5	282,927

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-92	91	3	*5	310,459	3	310,397
OR-93	92	3	*0	317,214	4	315,759
OR-94	93	3	*2	284,048	3	283,957
OR-95	94	3	*5	301,561	3	301,422
OR-96	95	3	3	263,831	5	261,758
OR-97	96	3	*5	304,981	0	304,829
OR-98	97	3	*0	320,316	5	320,207
OR-100	98	3	*0	354,05	2	353,687
OR-101	99	3	3	255,063	2	254,496
OR-102	100	3	3	220,587	2	220,345
OR-104	101	3	*2	266,008	3	264,508
OR-105	102	3	3	283,71	1	283,54
OR-106	103	3	3	292,172	5	291,934
OR-107	104	3	3	290,703	5	290,553
OR-108	105	3	*5	345,812	0	345,767
OR-109	106	3	*4	292,197	0	292,076
OR-110	107	3	*5	293,87	3	293,689
OR-112	108	3	3	289,292	5	286,458
OR-113	109	3	*5	307,724	3	307,317
OR-114	110	3	3	327,141	4	326,641
OR-115	111	4	*0	290,13	4	289,337
OR-116	112	4	*5	289,302	3	288,903
OR-117	113	4	*0	292,33	2	291,802
OR-118	114	4	*5	322,51	0	322,085
OR-121	115	4	*0	301,831	4	301,388
OR-122	116	4	*5	314,078	4	313,812
OR-123	117	4	*5	273,257	4	271,922
OR-124	118	4	*2	202,622	3	200,081
OR-125	119	4	4	307,593	5	306,416
OR-126	120	4	4	285,665	0	284,756
OR-127	121	4	4	302,319	5	301,384
OR-128	122	4	4	303,288	2	302,643
OR-129	123	4	4	323,899	0	322,947
OR-130	124	4	4	320,26	5	318,916
OR-131	125	4	4	278,74	5	277,932
OR-132	126	4	*2	355,914	4	355,46
OR-133	127	4	*3	283,713	0	283,562
OR-134	128	4	*0	314,536	5	314,05
OR-135	129	4	*5	295,964	4	295,298
OR-136	130	4	*0	296,385	2	294,765
OR-137	131	4	*2	338,997	1	337,402
OR-138	132	4	4	312,407	3	312,136
OR-139	133	4	4	321,238	0	320,731
OR-140	134	4	4	317,345	5	316,456
OR-141	135	4	*0	297,288	5	296,722
OR-143	136	4	*1	326,805	4	319,755

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-144	137	4	*3	293,031	4	289,161
OR-145	138	4	4	352,221	2	351,22
OR-146	139	4	*1	340,571	4	337,052
OR-147	140	4	*3	291,649	5	291,045
OR-150	141	4	4	337,421	0	337,273
OR-151	142	4	4	343,863	0	342,739
OR-152	143	4	*0	326,521	1	326,074
OR-153	144	4	4	279,445	2	279,002
OR-154	145	4	*2	332,801	4	332,247
OR-155	146	4	*2	256,132	3	255,556
OR-156	147	4	4	332,777	2	331,182
OR-157	148	4	*5	314,143	4	313,871
OR-158	149	4	*0	325,372	4	325,156
OR-159	150	4	*0	316,126	5	315,981
OR-160	151	4	4	275,397	5	275,068
OR-161	152	4	*2	310,839	0	310,523
OR-162	153	4	4	340,279	5	340,102
OR-163	154	4	*5	327,794	0	327,167
OR-164	155	4	4	317,284	5	316,587
OR-165	156	4	*0	294,104	5	293,82
OR-166	157	4	4	323,013	2	321,935
OR-167	158	4	4	329,809	5	329,753
OR-168	159	4	*0	329,817	4	329,009
OR-169	160	4	*0	304,801	4	304,531
OR-170	161	4	4	339,214	0	339,203
OR-171	162	4	*3	286,293	5	286,098
OR-172	163	4	*0	324,573	4	321,739
OR-173	164	4	*5	307,89	0	307,885
OR-174	165	4	*3	328,906	4	328,883
OR-175	166	4	*5	346,75	4	345,804
OR-176	167	4	*3	324,758	5	324,467
OR-177	168	4	4	352,181	5	351,56
OR-178	169	4	*5	292,974	4	292,872
OR-179	170	4	*0	299,661	5	299,658
OR-180	171	4	*1	302,424	5	302,373
OR-181	172	4	*5	304,489	3	303,649
OR-182	173	4	*5	313,216	4	311,444
OR-183	174	4	*5	331,764	4	330,966
OR-186	175	4	4	343,66	5	341,859
OR-187	176	4	4	329,799	5	329,379
OR-188	177	4	4	320,406	0	318,463
OR-189	178	4	4	347,136	1	344,117
OR-190	179	4	4	329,561	0	328,675
OR-191	180	5	5	298,436	4	297,601
OR-192	181	5	5	285,121	4	284,25
OR-193	182	5	5	328,022	4	327,743

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-196	183	5	5	327,086	4	325,905
OR-197	184	5	5	358,448	3	357,35
OR-198	185	5	5	329,88	4	329,33
OR-199	186	5	5	301,087	3	300,965
OR-200	187	5	5	323,462	4	323,437
OR-201	188	5	5	293,533	3	293,476
OR-202	189	5	5	312,457	4	312,13
OR-203	190	5	5	335,478	4	334,594
OR-204	191	5	*3	282,382	5	281,867
OR-205	192	5	5	297,903	0	297,793
OR-206	193	5	*3	297,1	5	296,65
OR-207	194	5	*1	283,988	2	282,567
OR-208	195	5	*3	289,516	1	289,151
OR-209	196	5	*4	326,692	5	326,398
OR-210	197	5	*3	301,518	4	301,459
OR-212	198	5	*1	333,03	5	332,972
OR-213	199	5	*4	328,726	0	328,662
OR-214	200	5	*0	340,233	5	340,073
OR-215	201	5	5	301,16	0	300,915
OR-216	202	5	*4	310,081	3	309,167
OR-217	203	5	*3	281,502	5	281,28
OR-218	204	5	5	304,129	0	303,787
OR-219	205	5	5	301,365	3	301,301
OR-220	206	5	*3	294,561	5	293,562
OR-221	207	5	*0	321,116	4	320,552
OR-222	208	5	*0	310,436	4	310,422
OR-223	209	5	5	319,106	0	318,846
OR-224	210	5	5	308,047	3	308,035
OR-225	211	0	0	329,503	5	329,211
OR-226	212	0	0	294,47	4	293,874
OR-227	213	0	*4	331,615	0	331,514
OR-228	214	0	0	323,178	5	322,518
OR-229	215	0	*5	308,923	0	308,408
OR-230	216	0	*4	318,469	0	318,423
OR-231	217	0	0	342,353	5	341,541
OR-232	218	0	0	327,588	4	326,582
OR-233	219	0	0	293,351	3	292,891
OR-234	220	0	*2	276,094	4	275,315
OR-235	221	0	0	306,378	5	306,162
OR-236	222	0	*3	282,145	2	282,013
OR-237	223	0	0	279,055	2	277,666
OR-238	224	0	0	330,532	1	328,213
OR-239	225	0	0	313,798	4	313,704
OR-240	226	0	0	321,291	5	320,887
OR-241	227	0	0	314,691	4	314,556
OR-242	228	0	0	313,511	4	312,777

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-243	229	0	*4	313,569	0	313,493
OR-245	230	0	0	289,204	5	288,999
OR-246	231	0	0	325,716	1	324,033
OR-247	232	0	0	311,72	4	307,09
OR-248	233	0	*2	310,185	0	310,114
OR-249	234	0	*4	329,021	0	328,867
OR-250 (tope)	235	0	*5	293,535	1	293,534

* = Muestra mal clasificada

Grupos:

1: QDO-1
2: QDO-2
3: QDO-3
4: QDO-4
5: QDO-5

Comparación litológica entre secciones (río Orégano vs. tipo)

Tabla VIII.20. Coeficientes de las funciones discriminantes por litología de la Formación Naricual.

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	0,0356922	-0,0773582
TiO_2	-151,455	279,352
Al_2O_3	0,151385	-0,0298983
Fe_2O_3	-0,0604892	-0,15628
MnO	-216,021	817,902
MgO	0,0944642	0,231787
CaO	0,206144	-0,220452
K_2O	-136,966	-0,746724
CO_2	397,104	-382,052
SiO_2/Al_2O_3	-0,0117502	0,0102508
TiO_2/Al_2O_3	828,324	-655,929
Fe_2O_3/Al_2O_3	162,413	-0,721917
MnO/Al_2O_3	-0,416362	-0,0789625
MgO/Al_2O_3	-0,94615	0,187846
CaO/Al_2O_3	-100,617	0,618823
K_2O/Al_2O_3	850,451	372,436
$(Al_2O_3+SiO_2)/CaO$	-0,00301005	0,000501095
MnO/Fe_2O_3	-209,033	-530,796
Al_2O_3/K_2O	-0,00250864	0,00244363
TiO_2/V	-0,0236391	0,00433237
V	-0,0326541	0,0216507
Cr	-0,000152284	0,000462963
Co	0,0362681	-0,0679381
Ni	-0,000451334	0,00108253
Cu	0,0056306	-0,0104081
Zn	0,00131409	0,00362641
Se	-0,275904	-0,0269337
Rb	0,0305536	0,0527049
Sr	0,00599915	0,000653827
Zr	0,0033941	-0,00353723
Mo	-0,0588286	0,170585
Hg	0,0749977	0,0631716
Pb	-0,0392198	0,0381241
Constante	0,726163	0,180433

FD 1 = 0,726163 + 0,0356922 * SiO_2 - 151,455 * TiO_2 + 0,151385 * Al_2O_3 - ,0604892 * Fe_2O_3 - 216,021 * MnO + 0,0944642 * MgO + 0,206144 * CaO - 136,966 * K_2O + 397,104 * CO_2 - 0,0117502 * (SiO_2/Al_2O_3) + 828,324 * (TiO_2/Al_2O_3) + 162,413 * (Fe_2O_3/Al_2O_3) - 0,416362 * (MnO/Al_2O_3) - 0,94615 * (MgO/Al_2O_3) - 100,617 * (CaO/Al_2O_3) + 850,451* (K_2O/Al_2O_3) - 0,00301005 * ((Al_2O_3+SiO_2)/CaO) - 209,033 * (MnO/Fe_2O_3) - 0,00250864 * (Al_2O_3/K_2O) - 0,0236391 * (TiO_2/V) - 0,0326541* V - 0,000152284 * Cr + 0,0362681 * Co - 0,000451334 * Ni + 0,0056306 * Cu + 0,00131409 * Zn - 0,275904 * Se + 0,0305536 * Rb + 0,00599915 * Sr + 0,0033941 * Zr - 0,0588286 * Mo + 0,0749977 * Hg - 0,0392198 * Pb

Comparación de unidades químicas entre secciones (río Orégano vs. tipo)

Tabla VIII.21. Coeficientes de las funciones discriminantes de las unidades químicas de la Formación Naricual (según ARREAZA, 2002).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	-0,126511	0,0164272
TiO_2	-41,082	-271,702
Al_2O_3	-0,0411993	0,028885
Fe_2O_3	-0,388491	-0,140547
MnO	813,565	-50,525
MgO	0,132208	0,0415059
CaO	0,0303362	-0,0142905
K_2O	170,591	224,782
CO_2	833,985	533,552
SiO_2/Al_2O_3	0,0147552	0,0539662
TiO_2/Al_2O_3	876,085	100,166
Fe_2O_3/Al_2O_3	102,884	174,303
MnO/Al_2O_3	-528,213	929,363
MgO/Al_2O_3	-125,264	0,799135
CaO/Al_2O_3	-0,931278	0,0105347
K_2O/Al_2O_3	-621,137	-950,643
V	-0,0208228	0,0277644
Cr	0,000312735	-0,00347534
Co	-0,0114401	-0,0822281
Ni	-0,00766539	0,0140946
Cu	0,0271877	0,00436064
Zn	-0,00595483	0,0146723
Se	0,0379223	-0,328775
Rb	0,0315507	0,0182954
Sr	0,00274835	-0,0076303
Zr	-0,000668902	0,00368901
Mo	0,0314365	0,625401
Hg	-0,0882796	-0,00650784
Pb	0,0281222	0,0312117
Constante	105,619	-920,801

FD 1 = 105,619 - 0,126511 * SiO_2 - 41,082 * TiO_2 - 0,0411993 * Al_2O_3 - 0,388491 * Fe_2O_3 + 813,565 * MnO + 0,132208 * MgO + 0,0303362 * CaO + 170,591* K_2O + 833,985 * CO_2 + 0,0147552 * (SiO_2/Al_2O_3) + 876,085 * (TiO_2/Al_2O_3) + 102,884 * (Fe_2O_3/Al_2O_3) - 528,213 * (MnO/Al_2O_3) - 125,264 * (MgO/Al_2O_3) - 0,931278 * (CaO/Al_2O_3) - 621,137 * (K_2O/Al_2O_3) - 0,0208228 * V + 0,000312735 * Cr - 0,0114401 * Co - 0,00766539 * Ni + 0,0271877 * Cu - 0,00595483 * Zn + 0,0379223 * Se + 0,0315507 * Rb + 0,00274835 * Sr - 0,000668902 * Zr + 0,0314365 * Mo - 0,0882796 * Hg + 0,0281222 * Pb

Tabla VIII.22. Tablas de clasificación detalladas de las muestras de la Formación Naricual según unidades químicas definidas por ARREAZA (2002).

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-01(base)	1		8	1450,09	9	1355,36
OR-02	2		8	2047,15	9	1869,84
OR-03	3		8	9102,71	9	8425,85
OR-04	4		8	7448,66	9	6950,46
OR-05	5		8	1204,18	9	1153,36
OR-06	6		8	1763,77	9	1675,11
OR-07	7		8	732,744	9	708,344
OR-08	8		8	651,486	10	632,568
OR-09	9		8	1054,91	9	1015,03
OR-10	10		9	571,917	8	563,795
OR-11	11		8	1310,76	9	1244,74
OR-12	12		8	835,34	7	830,398
OR-13	13		8	591,06	7	583,902
OR-14	14		8	856,689	9	835,168
OR-15	15		8	2503,5	9	2401,15
OR-16	16		8	1502,07	9	1433,54
OR-17	17		8	964,495	9	930,43
OR-18	18		8	1722,18	9	1651,68
OR-19	19		8	1913,57	9	1828,93
OR-20	20		8	2511,71	9	2378,64
OR-21	21		8	1059,31	9	1022,53
OR-22	22		8	9773,49	9	9109,09
OR-23	23		8	2022,26	9	1942,51
OR-24	24		8	5128,11	9	4806,28
OR-25	25		8	911,672	9	866,147
OR-26	26		8	623,856	10	611,123
OR-27	27		8	1214,35	9	1164,85
OR-28	28		8	962,561	9	931,114
OR-29	29		8	4008,52	9	3697,74
OR-30	30		8	988,23	9	957,066
OR-31	31		8	586,281	10	576,223
OR-32	32		8	579,003	10	570,577
OR-33	33		8	613,785	10	597,934
OR-34	34		8	609,066	10	594,715
OR-35	35		8	1880,18	9	1788,21
OR-36	36		8	963,913	9	927,863
OR-37	37		8	583,028	10	569,434
OR-38	38		8	612,224	10	596,002
OR-39	39		8	639,751	10	624,682
OR-40	40		8	620,781	7	612,652
OR-41	41		8	1157,94	9	1112,86
OR-42	42		8	1928,14	9	1827,52
OR-43	43		8	613,019	10	599,13
OR-44	44		8	884,171	9	858,992

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-45	45		8	1195,3	9	1156,35
OR-46	46		9	528,331	8	527,721
OR-47	47		8	946,257	9	917,155
OR-48	48		8	1171,34	9	1117
OR-49	49		8	1924,48	9	1819,58
OR-50	50		8	584,747	9	579,063
OR-51	51		8	714,651	9	695,305
OR-52	52		8	3387,89	9	3173,52
OR-53	53		8	807,234	9	779,27
OR-54	54		8	863,529	9	829,352
OR-55	55		8	900,002	9	862,294
OR-56	56		8	2737,56	6	2459,62
OR-57	57		8	1112,69	9	1068,3
OR-58	58		8	926,195	9	900,477
OR-60	59		8	578,779	9	569,676
OR-61	60		8	505,204	10	502,069
OR-62	61		8	831,65	9	802,844
OR-63	62		8	802,227	9	774,842
OR-64	63		8	743,17	9	724,231
OR-65	64		8	1511,7	9	1432,49
OR-66	65		8	591,897	9	581,916
OR-67	66		8	995,301	9	962,642
OR-68	67		8	839,958	9	812,092
OR-69	68		8	699,523	9	685,976
OR-70	69		10	403,007	6	400,162
OR-71	70		8	2398,86	9	2256,61
OR-72	71		8	1393,84	9	1325,17
OR-73	72		8	2818,63	9	2663,09
OR-74	73		8	8449,41	9	7893,37
OR-75	74		8	1193,48	9	1152,61
OR-76	75		8	1122,79	9	1078,49
OR-77	76		8	620,692	9	608,396
OR-78	77		8	637,49	9	624,454
OR-79	78		8	700,451	9	684,341
OR-80	79		8	10558,9	9	9842,66
OR-81	80		8	793,387	9	770,404
OR-82	81		8	927,444	9	893,245
OR-83	82		8	3667,24	9	3423,95
OR-84	83		8	4494,41	9	4197,63
OR-85	84		8	2382,6	9	2235,81
OR-86	85		8	3980,05	9	3742,9
OR-87	86		8	4409,92	9	4138,17
OR-88	87		8	6521,44	9	6082,89
OR-89	88		8	1371,14	9	1305,62
OR-90	89		8	692,168	9	674,056
OR-91	90		8	1001,75	9	961,83

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-92	91		8	796,395	9	774,076
OR-93	92		8	1059,85	9	1028,78
OR-94	93		8	663,756	9	649,79
OR-95	94		8	2210,76	9	2089,71
OR-96	95		8	846,831	9	822,226
OR-97	96		8	1927,27	9	1826,43
OR-98	97		8	1888,93	9	1785,58
OR-100	98		8	1747,28	9	1663,46
OR-101	99		8	629,687	10	611,813
OR-102	100		8	738,098	9	716,553
OR-104	101		8	617,74	9	604,377
OR-105	102		8	1998,84	9	1848,94
OR-106	103		8	2830,12	9	2657,72
OR-107	104		8	1148,3	9	1097,47
OR-108	105		8	775,662	9	755,834
OR-109	106		8	2436,53	9	2309,72
OR-110	107		8	4505,49	9	4214,98
OR-112	108		8	7378,35	9	6905,27
OR-113	109		8	765,765	9	739,613
OR-114	110		8	4131,99	9	3895,73
OR-115	111		8	1132,54	9	1079,55
OR-116	112		8	838,716	9	804,961
OR-117	113		8	734,255	9	712,22
OR-118	114		8	965,656	9	930,61
OR-121	115		8	2556,83	9	2408,6
OR-122	116		8	3222,74	9	3028,16
OR-123	117		8	1609,9	9	1523,6
OR-124	118		8	2470,85	9	2305,39
OR-125	119		8	744,992	9	726,152
OR-126	120		8	643,468	9	630,871
OR-127	121		8	1054,91	9	1016,21
OR-128	122		8	583,711	9	573,769
OR-129	123		8	710,067	9	691,69
OR-130	124		8	1232,68	9	1183,99
OR-131	125		8	1443,17	9	1378,63
OR-132	126		8	638,095	10	625,404
OR-133	127		8	10013,3	9	9333,23
OR-134	128		8	4294,88	9	4022,04
OR-135	129		8	5003,91	9	4688,88
OR-136	130		8	748,653	7	728,18
OR-137	131		8	905,792	9	872,096
OR-138	132		8	2167,7	9	2060,84
OR-139	133		8	913,146	9	882,172
OR-140	134		8	2775,53	9	2622,49
OR-141	135		8	1394,67	9	1337,7
OR-143	136		8	2251,04	9	2172,33

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-144	137		8	1319,84	7	1303,52
OR-145	138		8	887,668	9	862,242
OR-146	139		8	710,453	9	696,789
OR-147	140		8	5555,91	9	5192,66
OR-150	141		8	1014,87	9	977,549
OR-151	142		8	1138,11	7	1115,41
OR-152	143		8	975,489	9	947,27
OR-153	144		8	1153,08	9	1108,32
OR-154	145		8	884,115	9	854,039
OR-155	146		8	967,873	9	937,699
OR-156	147		8	903,241	9	868,007
OR-157	148		8	4431,53	9	4152,62
OR-158	149		8	1524,5	9	1473,72
OR-159	150		8	1286,58	9	1224,73
OR-160	151		8	958,791	9	927,367
OR-161	152		8	960,546	9	928,464
OR-162	153		8	961,477	9	930,174
OR-163	154		8	1021,49	9	984,618
OR-164	155		8	6264,84	9	5877,47
OR-165	156		8	1875,38	9	1774,24
OR-166	157		8	1240,04	9	1189,26
OR-167	158		8	1394,95	9	1334,69
OR-168	159		8	1907,06	9	1807,47
OR-169	160		8	2204,45	9	2079,83
OR-170	161		8	1555,64	9	1486,18
OR-171	162		8	872,522	9	845,317
OR-172	163		8	1075,14	9	1044,52
OR-173	164		8	2948,42	9	2772,18
OR-174	165		8	6598,93	9	6178,81
OR-175	166		8	1975,27	9	1871,72
OR-176	167		8	1468,8	9	1405,47
OR-177	168		8	1884,42	9	1793,38
OR-178	169		8	2070,7	9	1962,18
OR-179	170		8	3295,1	9	3100,89
OR-180	171		8	1922,82	9	1835,17
OR-181	172		8	1246,9	9	1191,79
OR-182	173		8	1820,26	9	1724,63
OR-183	174		8	3156,55	9	2967,33
OR-186	175		8	630,27	9	622,638
OR-187	176		8	600,734	9	594,195
OR-188	177		8	648,83	9	638,097
OR-189	178		8	1214,14	9	1171,7
OR-190	179		8	671,591	9	661,93
OR-191	180		8	837,457	9	809,843
OR-192	181		8	895,753	9	866,802
OR-193	182		8	756,932	9	739,596

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-196	183		8	858,519	9	833,625
OR-197	184		8	718,838	9	698,982
OR-198	185		8	1998,15	9	1892,7
OR-199	186		8	3984,72	9	3739,34
OR-200	187		8	670,524	9	655,013
OR-201	188		8	1437,57	9	1366,2
OR-202	189		8	1047,51	9	1008,09
OR-203	190		8	5780,91	9	5403,15
OR-204	191		8	3661,33	9	3432,8
OR-205	192		8	4104,96	9	3843,15
OR-206	193		8	5541,52	9	5177,67
OR-207	194		8	3336,21	9	3121,9
OR-208	195		8	3500,08	9	3266,93
OR-209	196		8	1379,43	9	1322,35
OR-210	197		8	2834,28	9	2660,77
OR-212	198		8	1928,79	9	1852,55
OR-213	199		8	3834,35	9	3607,78
OR-214	200		8	2086,43	9	1975,66
OR-215	201		8	1024,55	9	986,249
OR-216	202		8	2135,14	9	2041,64
OR-217	203		8	1312,91	9	1253,65
OR-218	204		8	1022,17	9	980,241
OR-219	205		8	727,368	9	705,049
OR-220	206		8	901,944	9	874,617
OR-221	207		8	709,783	9	694,271
OR-222	208		8	1335,32	9	1279,82
OR-223	209		8	1136,12	9	1087,84
OR-224	210		8	3959,1	9	3702,92
OR-225	211		8	1430,51	9	1360,31
OR-226	212		8	4404,54	9	4133,2
OR-227	213		8	4406,97	9	4144,51
OR-228	214		8	999,145	9	955,674
OR-229	215		8	1907,35	9	1809,47
OR-230	216		8	3441,06	9	3242,41
OR-231	217		8	2085,11	9	1976,85
OR-232	218		8	1634,63	9	1560,2
OR-233	219		9	479,43	8	477,903
OR-234	220		8	613,569	9	600,688
OR-235	221		8	946,489	9	913,95
OR-236	222		8	789,653	9	764,066
OR-237	223		8	741,13	9	719,247
OR-238	224		8	1273,33	9	1239,4
OR-239	225		8	1624,52	9	1540,67
OR-240	226		8	8136,61	9	7579,79
OR-241	227		8	2378,29	9	2244,7
OR-242	228		8	3056,35	9	2874,27

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-243	229		8	2660,99	9	2505,98
OR-245	230		8	950,619	9	916,263
OR-246	231		8	688,06	9	668,799
OR-247	232		8	634,136	9	616,248
OR-248	233		8	674,875	9	654,788
OR-249	234		8	3411,11	9	3205,55
OR-250 (tope)	235		8	896,014	9	869,518
CPR09 (tope)	236	10	10	388,073	9	387,428
CPR10	237	10	10	434,129	9	433,629
CPR11	238	10	10	431,757	9	431,713
CPR12	239	10	10	423,967	6	419,049
CPR13	240	10	10	397,664	6	393,335
CPR14	241	10	10	448,005	8	441,576
CPR15	242	10	10	376,008	6	374,477
CPR16	243	10	10	404,852	8	404,089
CPR17	244	10	10	438,194	8	437,414
6/19/13	245	10	*6	435,685	7	435,547
CPR19	246	10	10	397,049	9	395,804
RC-800-12	247	10	10	424,758	6	419,92
6/19/11	248	10	10	437,867	6	433,836
6/19/08	249	10	10	423,357	9	421,876
6/19/07	250	10	10	462,129	9	460,139
6/19/05	251	10	10	437,695	6	434,45
CPR20	252	10	*9	426,174	6	426,031
CPR21	253	10	*9	425,991	10	425,475
CPR22	254	10	10	407,064	9	406,218
RC-800-14	255	10	*6	427,184	10	425,539
6/19/03	256	10	10	417,71	9	411,481
6/19/02	257	10	10	419,501	6	417,451
6/19/01	258	10	10	452,96	9	450,324
CPR23	259	10	10	433,72	9	432,622
CPR24	260	10	*9	408,466	10	408,134
CPR25	261	10	10	383,272	6	377,52
CPR26	262	10	10	438,605	9	435,554
CPR27	263	10	10	428,711	9	425,998
CPR28	264	10	10	385,91	9	384,933
CPR29	265	10	10	405,947	6	405,66
CPR30	266	10	*6	423,708	10	420,836
CPR31	267	10	*7	421,069	6	420,378
CPR32	268	10	*9	453,788	7	453,385
CPR33	269	10	*9	422,305	10	419,617
CPR34	270	9	9	426,564	8	424,022
CPR35	271	9	9	447,62	10	438,696
CPR36	272	9	9	453,408	10	447,279
CPR39	273	9	*10	383,785	9	383,197
CPR40	274	9	9	445,918	10	441,084

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
CPR41	275	9	*8	456,09	9	453,505
CPR43	276	9	9	448,041	10	446,715
CPR45	277	9	9	459,241	8	457,428
CPR47	278	9	9	450,783	10	448,662
CPR48	279	9	9	398,907	10	397,756
CPR49	280	9	9	440,108	10	436,692
CPR50	281	9	9	422,049	10	421,8
CPR51	282	9	9	449,89	10	448,467
CPR52	283	9	9	454,706	10	452,314
CPR53	284	9	9	426,773	10	424,45
CPR54	285	9	9	449,659	10	448,566
CPR55	286	9	9	427,491	6	425,403
CPR56	287	8	8	494,145	9	490,662
CPR57	288	8	*9	415,036	10	414,909
CPR58	289	8	8	462,568	9	461,694
CPR59	290	8	8	419,657	10	415,172
CPR61	291	8	8	485,427	9	472,555
CPR62	292	8	8	616,651	9	604,72
CPR63	293	8	8	432,927	10	428,223
CPR64	294	8	8	451,284	9	448,009
CPR65	295	8	8	458,867	9	450,605
CPR66	296	8	*9	469,567	8	469,271
CPR67	297	8	8	432,233	10	431,559
CPR68	298	8	8	473,541	9	460,343
6/18/12	299	8	*9	437,639	10	436,35
6/18/10	300	7	7	439,702	6	439,53
RC-800-15	301	7	7	434,446	6	425,565
6/18/09	302	7	7	485,859	6	480,289
RC-800-17	303	7	7	479,016	8	468,449
MN75	304	6	6	440,995	10	440,077
MN74	305	6	6	437,123	10	436,6
MN73	306	6	6	432,609	10	429,952
MN71	307	6	6	406,236	10	403,574
MN70	308	6	*7	437,355	6	434,499
MN69	309	6	6	444,806	7	443,804
MN68	310	6	*10	431,988	6	431,243
MN67	311	6	6	414,333	10	413,357
MN66	312	6	6	410,726	10	409,754
MN65	313	6	6	435,244	7	432,144
MN64	314	6	*7	416,117	6	416,089
MN63A	315					
MN63	316	6	6	388,301	10	387,871
MN62	317	6	6	412,179	10	409
MN60	318	6	*9	402,72	6	400,912
MN59	319	6	6	393,916	10	392,066
MN58	320	6	6	431,823	10	430,448

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
MN57	321	6	6	408,735	10	407,668
MN56	322	6	6	424,673	10	417,129
MN55	323	6	6	429,959	10	428,446
MN54	324	6	6	331,763	10	327,663
MN53	325	6	*8	446,434	6	443,933
MN52	326	6	6	391,046	10	387,628
MN51	327	6	6	345,721	10	338,622
MN50	328	6	6	425,058	10	424,586
MN49	329	6	6	484,107	10	477,221
MN47	330	6	6	421,268	7	420,698
MN45	331	6	6	383,457	10	378,878
MN35	332	6	6	381,325	10	379,013
MN34	333	6	6	412,28	10	409,339

* = Muestra mal clasificada
OR-34: muestra de la sección río Orégano
CPR-12, MN-52, RC-800-15 : muestras de la sección tipo

Grupos:

6: N1
7: N2
8: N3
9: N4
10: N5

Tabla VIII.23. Coeficientes de las funciones discriminantes de las unidades químicas de la Formación Naricual según las unidades químicas establecidas en río Orégano.

Variables químicas	FD 1	FD 2	FD 3	FD 4	FD 5
SiO_2	0,103214	0,124613	0,0383875	0,00670006	-0,0481568
TiO_2	190,932	-154,437	160,211	-170,156	617,307
Al_2O_3	0,0224763	0,23836	0,0387882	0,157166	-0,0294731
Fe_2O_3	0,0423099	0,415895	0,27478	0,182353	-0,353156
MnO	0,277559	-805,922	220,972	-111,313	153,775
MgO	-0,0262648	-0,229461	-0,185454	0,247889	0,452609
CaO	0,723775	-0,0380715	-0,328087	0,239531	0,144184
K_2O	34,569	-272,369	222,977	-0,950682	-167,285
CO_2	-412,587	475,054	-482,694	386,309	-137,657
SiO_2/Al_2O_3	-0,00981659	-0,0019742	0,00563353	0,00481901	-0,0012275
TiO_2/Al_2O_3	0,811786	0,874321	-264,281	-153,392	-0,573521
Fe_2O_3/Al_2O_3	214,357	-127,723	-297,925	710,957	-496,711
MnO/Al_2O_3	0,0139217	0,0361159	0,373759	-0,210671	-0,148239
MgO/Al_2O_3	-198,192	163,845	102,186	-0,807771	-0,420247
CaO/Al_2O_3	-0,143658	383,159	-15,373	-149,778	25,072
K_2O/Al_2O_3	-606,675	-214,335	173,526	904,073	411,482
V	0,0216263	-0,0227365	0,0442467	-0,0525963	0,0101114
Cr	0,0105735	0,00463964	0,0036946	-0,00104681	0,00632649
Co	-0,184113	-0,027441	0,190097	0,340603	-0,102051
Ni	0,000761955	-0,00267905	-0,000445574	0,0019788	0,00229345
Zn	0,00775793	0,010177	-0,010367	-0,0158932	0,0169998
Rb	-0,141582	0,0357873	-0,0581792	0,0422913	-0,0122383
Sr	0,0143471	-0,0169018	0,00490962	0,00838828	0,00517651
Zr	-0,0033135	-0,00944089	0,00610295	-0,00427983	0,0000506775
Mo	0,353246	0,134091	-0,0025606	0,175878	-0,735089
Pb	0,033321	0,0194358	0,0142672	-0,0348549	0,0435341
Constante	-112,816	-133,303	-70,547	-724,611	102,307

FD 1 =-112,816 + 0,103214 * SiO_2 + 190,932 * TiO_2 + 0,0224763 * Al_2O_3 + 0,0423099 * Fe_2O_3 + 0,277559 * MnO - 0,0262648 * MgO + 0,723775 * CaO + 34,569 * K_2O - 412,587 * CO_2 - 0,00981659 * (SiO_2/Al_2O_3) + 0,811786 * (TiO_2/Al_2O_3) + 214,357 * (Fe_2O_3/Al_2O_3) + 0,0139217 * (MnO/Al_2O_3) - 198,192 * (MgO/Al_2O_3) - 0,143658 * (CaO/Al_2O_3) - 606,675 * (K_2O/Al_2O_3) + 0,0216263 * V + 0,0105735 * Cr - 0,184113 * Co + 0,000761955 * Ni + 0,00775793 * Zn - 0,141582 * Rb + 0,0143471 * Sr - 0,0033135 * Zr + 0,353246 * Mo + 0,033321 * Pb

Tabla VIII.24. Tablas de clasificación detalladas de las muestras de la Formación Naricual según las unidades químicas definidas en río Orégano.

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-01(base)	1	1	1	551,802	5	542,283
OR-02	2	1	1	543,417	0	542,958
OR-03	3	1	1	539,257	2	535,39
OR-04	4	1	*3	519,636	5	518,5
OR-05	5	1	*0	515,641	4	514,891
OR-06	6	1	*3	488,391	2	487,736
OR-07	7	1	1	488,223	2	487,645
OR-08	8	1	*2	528,552	1	527,236
OR-09	9	1	*2	526,974	1	526,292
OR-10	10	1	1	509,815	0	502,876
OR-11	11	1	1	547,001	2	544,427
OR-12	12	1	1	539,379	3	538,28
OR-13	13	1	1	582,604	2	579,914
OR-14	14	1	*2	523,153	4	521,775
OR-15	15	1	1	529,254	3	524,983
OR-16	16	1	*2	530,933	1	530,439
OR-17	17	1	*0	505,033	4	504,038
OR-18	18	1	*4	536,915	0	536,199
OR-19	19	1	*2	562,118	4	562,113
OR-20	20	1	1	496,646	3	492,695
OR-21	21	1	*3	482,187	1	481,698
OR-22	22	1	*3	490,854	1	490,482
OR-23	23	1	1	508,6	0	503,428
OR-24	24	1	1	490,312	2	487,311
OR-25	25	2	*4	518,88	3	517,441
OR-26	26	2	2	511,798	1	509,348
OR-27	27	2	2	539,213	4	539,13
OR-28	28	2	2	520,553	4	520,134
OR-29	29	2	*1	482,311	3	480,492
OR-30	30	2	*1	547,65	0	547,013
OR-31	31	2	2	473,494	3	469,179
OR-32	32	2	2	472,809	1	470,832
OR-33	33	2	2	484,502	1	480,955
OR-34	34	2	2	508,436	1	507,141
OR-35	35	2	*3	477,194	1	476,624
OR-36	36	2	*4	542,633	0	541,884
OR-37	37	2	2	541,608	1	541,45
OR-38	38	2	2	525,47	0	522,292
OR-39	39	2	2	544,662	1	542,585
OR-40	40	2	2	548,3	1	545,109
OR-41	41	2	*4	529,309	2	528,883
OR-42	42	2	*4	552,258	2	551,889
OR-43	43	2	*1	542,461	2	541,393
OR-44	44	2	*4	559,005	5	558,623

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-45	45	2	2	554,951	4	554,211
OR-46	46	2	2	497,288	3	496,716
OR-47	47	2	*4	508,726	5	508,511
OR-48	48	2	*5	527,431	4	526,512
OR-49	49	2	2	512,367	4	512,032
OR-50	50	2	*3	472,774	2	471,715
OR-51	51	2	2	490,359	0	489,802
OR-52	52	2	2	542,421	4	542,3
OR-53	53	2	*3	477,878	2	477,873
OR-54	54	2	*1	533,596	2	532,695
OR-55	55	2	2	475,569	3	474,111
OR-56	56	2	2	523,627	1	517,249
OR-57	57	2	2	475,111	4	474,297
OR-58	58	3	*2	485,264	3	484,91
OR-60	59	3	3	537,388	4	534,327
OR-61	60	3	3	498,435	5	496,071
OR-62	61	3	3	478,599	5	476,264
OR-63	62	3	3	473,391	2	470,417
OR-64	63	3	*2	501,752	3	500,328
OR-65	64	3	3	496,539	2	495,496
OR-66	65	3	3	461,365	5	459,102
OR-67	66	3	3	464,665	0	462,812
OR-68	67	3	3	449,687	2	448,257
OR-69	68	3	3	535,059	1	534,472
OR-70	69	3	*2	492,781	3	491,246
OR-71	70	3	3	507,924	5	507,596
OR-72	71	3	3	461,725	4	459,699
OR-73	72	3	3	520,889	5	520,13
OR-74	73	3	*5	521,237	1	521,093
OR-75	74	3	3	492,465	5	489,269
OR-76	75	3	3	458,178	4	456,591
OR-77	76	3	3	547,727	1	547,474
OR-78	77	3	3	513,681	4	512,623
OR-79	78	3	3	478,719	4	476,284
OR-80	79	3	*1	544,261	0	543,542
OR-81	80	3	3	497,26	5	495,78
OR-82	81	3	3	487,857	5	485,774
OR-83	82	3	3	525,892	5	525,444
OR-84	83	3	3	502,052	1	500,555
OR-85	84	3	*2	528,898	0	528,69
OR-86	85	3	3	499,371	4	499,109
OR-87	86	3	*0	529,807	4	529,744
OR-88	87	3	*5	533,274	0	533,22
OR-89	88	3	3	491,641	4	491,087
OR-90	89	3	3	499,448	5	498,158
OR-91	90	3	3	501,172	5	500,667

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-92	91	3	3	519,306	5	518,908
OR-93	92	3	*0	534,656	4	533,201
OR-94	93	3	*2	484,805	3	484,584
OR-95	94	3	3	518,896	5	518,862
OR-96	95	3	3	479,582	5	477,281
OR-97	96	3	*5	527,486	0	527,438
OR-98	97	3	*5	558,081	0	557,997
OR-100	98	3	*0	548,7	2	548,566
OR-101	99	3	3	488,136	2	486,925
OR-102	100	3	3	423,202	2	422,933
OR-104	101	3	*2	487,311	3	485,818
OR-105	102	3	3	490,576	1	490,446
OR-106	103	3	*5	530,511	3	530,23
OR-107	104	3	*5	520,142	3	520,063
OR-108	105	3	*0	539,383	3	538,862
OR-109	106	3	*4	512,929	0	512,812
OR-110	107	3	*5	513,878	3	513,777
OR-112	108	3	3	515,739	5	513,036
OR-113	109	3	*5	530,571	3	530,155
OR-114	110	3	3	551,413	4	550,86
OR-115	111	4	*0	511,895	4	511,105
OR-116	112	4	*5	511,359	0	511,11
OR-117	113	4	*0	503,436	2	502,879
OR-118	114	4	*5	545,289	0	544,863
OR-121	115	4	*0	526,431	4	525,994
OR-122	116	4	*5	540,368	4	540,077
OR-123	117	4	*5	496,753	4	495,352
OR-124	118	4	*2	423,269	3	420,769
OR-125	119	4	4	530,849	5	529,768
OR-126	120	4	4	498,805	3	497,902
OR-127	121	4	4	517,523	5	516,519
OR-128	122	4	4	511,926	2	511,72
OR-129	123	4	4	546,162	0	545,194
OR-130	124	4	4	529,481	2	527,97
OR-131	125	4	4	484,274	5	483,083
OR-132	126	4	*2	593,967	4	593,726
OR-133	127	4	*3	494,999	0	494,744
OR-134	128	4	*0	539,468	5	538,922
OR-135	129	4	*5	514,334	4	513,796
OR-136	130	4	*0	506,364	2	504,94
OR-137	131	4	*2	560,901	1	559,189
OR-138	132	4	4	525,153	3	525
OR-139	133	4	4	533,032	0	532,485
OR-140	134	4	4	516,059	5	514,728
OR-141	135	4	*0	499,143	1	498,568
OR-143	136	4	*1	530,618	4	523,223

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-144	137	4	*3	498,338	4	494,18
OR-145	138	4	4	579,621	2	578,941
OR-146	139	4	*1	565,789	4	562,206
OR-147	140	4	*3	515,054	5	514,479
OR-150	141	4	4	571,01	5	570,855
OR-151	142	4	4	589,208	0	588,119
OR-152	143	4	*0	549,981	1	549,531
OR-153	144	4	4	505,479	5	504,988
OR-154	145	4	*2	547,912	4	546,755
OR-155	146	4	*2	465,734	3	465,207
OR-156	147	4	4	561,303	2	559,633
OR-157	148	4	*5	536,296	4	535,991
OR-158	149	4	*0	540,962	4	540,704
OR-159	150	4	*0	546,133	5	546,084
OR-160	151	4	4	486,545	5	485,986
OR-161	152	4	*2	535,871	0	535,656
OR-162	153	4	4	555,038	0	554,782
OR-163	154	4	*3	528,531	5	528,497
OR-164	155	4	4	547,365	5	546,752
OR-165	156	4	*0	516,896	5	516,544
OR-166	157	4	4	542,424	2	541,468
OR-167	158	4	4	556,314	5	556,304
OR-168	159	4	*0	560,72	4	559,918
OR-169	160	4	*0	526,37	4	526,098
OR-170	161	4	4	562,744	0	562,718
OR-171	162	4	*3	498,346	5	497,798
OR-172	163	4	*0	559,531	4	556,705
OR-173	164	4	*0	532,759	5	532,732
OR-174	165	4	4	554,266	3	554,233
OR-175	166	4	*5	557,766	4	556,963
OR-176	167	4	*5	561,104	3	560,939
OR-177	168	4	4	585,327	5	584,889
OR-178	169	4	*5	525,978	4	525,75
OR-179	170	4	*5	527,825	0	527,823
OR-180	171	4	*1	521,268	4	521,17
OR-181	172	4	*5	526,265	3	525,45
OR-182	173	4	*5	539,367	4	537,558
OR-183	174	4	*5	555,807	4	554,958
OR-186	175	4	4	583,611	5	581,426
OR-187	176	4	4	581,96	5	580,562
OR-188	177	4	4	545,215	2	543,449
OR-189	178	4	4	601,054	5	597,381
OR-190	179	4	4	562,278	0	561,448
OR-191	180	5	5	508,288	4	507,649
OR-192	181	5	5	489,036	4	488,504
OR-193	182	5	5	534,161	4	534,043

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-196	183	5	5	556,658	4	555,31
OR-197	184	5	5	592,578	3	591,106
OR-198	185	5	5	555,709	4	555,102
OR-199	186	5	5	523,036	3	522,93
OR-200	187	5	*4	562,553	0	562,024
OR-201	188	5	*3	506,816	5	506,562
OR-202	189	5	5	523,698	4	523,519
OR-203	190	5	5	558,031	4	557,198
OR-204	191	5	*3	509,598	5	509,24
OR-205	192	5	5	521,73	0	521,652
OR-206	193	5	*3	516,472	5	515,918
OR-207	194	5	*1	499,067	2	497,626
OR-208	195	5	*3	504,483	1	504,119
OR-209	196	5	*4	555,604	5	555,4
OR-210	197	5	5	531,934	4	531,929
OR-212	198	5	*1	539,298	5	538,663
OR-213	199	5	*4	562,834	0	562,761
OR-214	200	5	5	576,971	0	576,89
OR-215	201	5	5	536,801	0	536,396
OR-216	202	5	*4	512,438	3	511,865
OR-217	203	5	5	778,519	0	771,868
OR-218	204	5	5	530,064	0	529,724
OR-219	205	5	*3	516,3	5	516,11
OR-220	206	5	*3	486,979	5	484,977
OR-221	207	5	*0	545,603	4	545,051
OR-222	208	5	*0	540,266	4	540,258
OR-223	209	5	5	553,429	0	553,008
OR-224	210	5	*3	529,274	5	529,239
OR-225	211	0	0	566,526	5	566,421
OR-226	212	0	0	516,208	4	515,609
OR-227	213	0	*4	553,199	0	553,094
OR-228	214	0	0	560,79	5	560,303
OR-229	215	0	*5	536,874	0	536,345
OR-230	216	0	*4	543,686	0	543,636
OR-231	217	0	0	555,994	5	554,942
OR-232	218	0	0	549,201	4	548,19
OR-233	219	0	0	503,491	3	503,135
OR-234	220	0	*2	479,786	4	478,653
OR-235	221	0	0	501,491	3	500,749
OR-236	222	0	*3	508,848	5	508,586
OR-237	223	0	0	487,738	2	486,548
OR-238	224	0	0	541,457	1	539,319
OR-239	225	0	0	543,003	4	542,919
OR-240	226	0	0	542,114	5	541,614
OR-241	227	0	0	545,107	5	545,03
OR-242	228	0	0	541,729	4	541,002

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-243	229	0	*4	540,983	0	540,893
OR-245	230	0	0	520,542	5	520,394
OR-246	231	0	0	549,37	1	547,659
OR-247	232	0	0	526,372	4	521,736
OR-248	233	0	*2	529,656	0	529,647
OR-249	234	0	*4	554,631	0	554,461
OR-250 (tope)	235	0	*5	520,981	1	520,798
CPR09	236		5	738,621	4	725,421
CPR10	237		5	620,716	4	612,197
CPR11	238		5	886,096	4	867,566
CPR12	239		5	1343,26	4	1341,14
CPR13	240		5	883,631	4	862,822
CPR14	241		5	1118,5	4	1087,63
CPR15	242		5	845,746	4	826,355
CPR16	243		5	1032,88	4	1004,97
CPR17	244		5	880,252	4	862,808
6-19-13	245		5	857,245	4	840,222
CPR19	246		5	710,464	4	700,156
RC-800-12	247		5	2391,74	4	2292,82
6-19-11	248		5	1052,54	4	1032,53
6-19-8	249		5	788,962	4	775,436
6-19-7	250		5	948,644	4	924,979
6-19-5	251		5	1303,48	4	1285,43
CPR20	252		5	731,996	4	718,451
CPR21	253		5	877,053	4	856,511
CPR22	254		5	695,038	4	682,668
RC-800-14	255		5	909,551	4	886,843
6-19-3	256		5	1911,09	4	1848,15
6-19-2	257		5	1235,02	4	1195,29
6-19-1	258		5	1196,47	4	1169,99
CPR23	259		5	843,832	4	833,296
CPR24	260		5	657,084	4	651,289
CPR25	261		5	1510,14	4	1477,34
CPR26	262		5	971,187	4	965,641
CPR27	263		5	913,39	4	908,082
CPR28	264		5	840,163	4	820,798
CPR29	265		5	819,311	4	802,923
CPR30	266		5	735,055	4	726,074
CPR31	267		5	874,517	4	853,559
CPR32	268		5	666,745	4	664,913
CPR33	269		5	598,885	4	592,384
CPR34	270		5	3939,01	4	3745,41
CPR35	271		5	4468,78	4	4333
CPR36	272		5	1448,59	4	1427,61
CPR39	273		5	639,981	4	636,678
CPR40	274		5	743,681	4	736,064

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
CPR41	275		5	709,025	4	698,193
CPR43	276		5	977,943	4	955,002
CPR45	277		5	725,01	4	712,733
CPR47	278		5	641,496	4	635,437
CPR48	279		5	591,791	4	588,852
CPR49	280		5	644,849	4	637,465
CPR50	281		5	765,186	4	750,526
CPR51	282		5	592,399	4	588,263
CPR52	283		5	934,003	4	907,176
CPR53	284		5	762,993	4	751,428
CPR54	285		5	680,021	4	672,841
CPR55	286		5	949,446	3	915,159
CPR56	287		5	731,036	4	724,484
CPR57	288		5	557,406	4	551,745
CPR58	289		5	724,099	4	714,605
CPR59	290		5	769,172	4	760,354
CPR61	291		2	1629,71	4	1621,42
CPR62	292		5	795,109	4	789,046
CPR63	293		5	1220,55	4	1179,13
CPR64	294		5	866,009	4	847,719
CPR65	295		5	5524,3	4	5232,9
CPR66	296		5	727,332	4	715,219
CPR67	297		5	903,892	4	883,728
CPR68	298		5	934,394	4	910,772
6-18-12	299		5	749,716	4	738,213
6-18-10	300		5	888,195	4	868,008
RC-800-15	301		5	914,567	4	897,436
6-18-9	302		5	918,681	4	899,338
RC-800-17	303		5	1377,35	4	1333,68
MN75	304		5	594,862	4	587,752
MN74	305		5	526,628	4	522,905
MN73	306		5	774,305	4	756,728
MN71	307		5	483,797	3	481,889
MN70	308		5	710,13	4	701,784
MN69	309		5	772,163	4	755,623
MN68	310		5	760,231	4	745,654
MN67	311		5	736,365	4	722,353
MN66	312		5	657,802	4	646,799
MN65	313		5	761,97	4	747,337
MN64	314		5	734,455	4	721,371
MN63A	315					
MN63	316		5	607,534	4	599,812
MN62	317		5	1087,7	4	1055,7
MN60	318		5	572,28	3	566,697
MN59	319		5	660,318	3	649,42
MN58	320		5	3978,42	4	3778,15

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
MN57	321		5	1655,82	4	1594,71
MN56	322		5	562,035	4	556,27
MN55	323		5	570,549	3	563,135
MN54	324		5	700,845	3	681,807
MN53	325		5	825,819	4	808,812
MN52	326		5	555,028	3	547,932
MN51	327		5	604,93	3	592,583
MN50	328		5	616,582	4	604,412
MN49	329		5	2064,74	4	1965,17
MN47	330		5	1191,62	4	1153,47
MN45	331		5	644,507	3	637,15
MN35	332		5	497,874	3	494,7
MN34	333		5	698,652	4	687,645

* = Muestra mal clasificada
OR-34: muestra de la sección río Orégano
CPR-12, MN-52, RC-800-15 : muestras de la sección tipo

Grupos:

1: NOR-1
2: NOR-2
3: NOR-3
4: NOR-4
5: NOR-5
0: NOR-X

Tabla VIII.25. Coeficientes de las funciones discriminantes de la Formación Naricual de la sección terciaria (Formaciones Areo, Jabillos, Naricual y Capiricual) (ARREAZA 2002).

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO_2	0,00522326	0,00918947
TiO_2	0,0174196	-0,0528923
Al_2O_3	0,0781631	0,0135547
Fe_2O_3	0,0403801	-0,0153776
MnO	0,271754	0,5987
MgO	-0,144548	-0,0464089
CaO	0,0715713	0,00928648
K_2O	0,077449	0,0341668
V	-0,0313476	-0,00629485
Cr	0,0000153811	-0,000361828
Co	0,0510646	0,0325213
Ni	-0,00180719	0,0032528
Cu	-0,00409796	0,0181162
Zn	-0,00175624	-0,00657623
Se	-0,0494001	-0,000556072
Rb	-0,0102458	0,0139245
Sr	0,0122059	0,0101432
Zr	-0,000994817	0,000116261
Mo	-0,000994817	0,140978
Hg	0,0195574	-0,0166948
Pb	0,0110836	-0,0096373
Constante	-132,807	-58,954

FD 1 = -132,807 + 0,00522326 * SiO_2 + 0,0174196 * TiO_2 + 0,0781631 * Al_2O_3 + 0,0403801 * Fe_2O_3 + 0,271754 * MnO - 0,144548 * MgO + 0,0715713 * CaO + 0,077449 * K_2O - 0,0313476 * V + 0,0000153811 * Cr + 0,0510646 * Co - 0,00180719 * Ni - 0,00409796 * Cu - 0,00175624 * Zn - 0,0494001 * Se - 0,0102458 * Rb + 0,0122059 * Sr - 0,000994817 * Zr - 0,000994817 * Mo + 0,0195574 * Hg + 0,0110836 * Pb

Tabla VIII.26. Clasificación detallada de las muestras de la sección río Orégano de acuerdo a la sección terciaria (Arreaza 2002).

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-01(base)	1		6	208,384	9	180,157
OR-02	2		14	186,819	9	186,533
OR-03	3		14	175,979	9	174,874
OR-04	4		14	176,236	9	175,855
OR-05	5		14	179,924	9	179,544
OR-06	6		14	184,442	9	182,011
OR-07	7		9	163,636	14	158,993
OR-08	8		9	171,636	14	169,534
OR-09	9		14	183,229	9	180,691
OR-10	10		9	172,433	14	172,343
OR-11	11		9	189,25	14	187,09
OR-12	12		7	195,863	9	195,434
OR-13	13		9	203,314	14	202,621
OR-14	14		14	174,622	9	174,486
OR-15	15		14	202,843	9	201,355
OR-16	16		14	202,516	9	198,777
OR-17	17		9	178,506	14	175,785
OR-18	18		9	189,396	14	189,033
OR-19	19		14	194,517	9	192,975
OR-20	20		14	181,682	9	180,199
OR-21	21		14	193,797	9	192,144
OR-22	22		14	159,145	9	158,082
OR-23	23		14	202,425	9	198,075
OR-24	24		14	165,136	9	164,907
OR-25	25		14	158,627	9	157,353
OR-26	26		9	168,507	14	166,054
OR-27	27		14	190,94	9	190,008
OR-28	28		14	169,586	9	169,39
OR-29	29		14	163,817	9	163,566
OR-30	30		9	185,687	7	181,158
OR-31	31		9	154,828	14	154,496
OR-32	32		9	171,079	14	169,43
OR-33	33		9	156,603	14	154,538
OR-34	34		9	170,246	14	167,358
OR-35	35		14	210,371	9	205,853
OR-36	36		14	212,876	9	208,403
OR-37	37		9	184,428	14	183,557
OR-38	38		9	170,241	14	168,625
OR-39	39		9	184,688	14	182,585
OR-40	40		9	181,215	14	179,311
OR-41	41		14	180,234	9	180,189
OR-42	42		14	198,221	9	195,947
OR-43	43		9	178,153	14	174,26
OR-44	44		9	185,701	14	185,347

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-45	45		14	200,17	9	198,37
OR-46	46		9	173,258	14	172,897
OR-47	47		9	166,555	14	165,731
OR-48	48		9	184,864	14	184,148
OR-49	49		14	168,866	9	168,74
OR-50	50		9	771,567	14	727,177
OR-51	51		14	178,684	9	175,436
OR-52	52		14	187,07	9	185,668
OR-53	53		9	154,869	14	154,776
OR-54	54		14	183,09	9	179,251
OR-55	55		14	159,04	9	157,951
OR-56	56		14	181,605	9	180,885
OR-57	57		9	147,201	14	146,955
OR-58	58		14	158,797	9	158,312
OR-60	59		9	171,341	14	169,658
OR-61	60		9	163,407	14	163,344
OR-62	61		14	168,475	9	167,455
OR-63	62		14	159,75	9	158,484
OR-64	63		14	167,2	9	165,261
OR-65	64		14	167,551	9	167,335
OR-66	65		9	160,261	14	159,116
OR-67	66		9	156,366	14	154,465
OR-68	67		14	148,746	9	148,226
OR-69	68		9	189,218	14	188,431
OR-70	69		14	162,827	9	162,286
OR-71	70		14	173,656	9	173,554
OR-72	71		14	154,496	9	153,736
OR-73	72		9	193,544	14	193,471
OR-74	73		14	173,172	9	171,987
OR-75	74		7	183,657	14	183,333
OR-76	75		14	165,311	9	164,802
OR-77	76		9	179,15	14	177,621
OR-78	77		9	164,023	14	161,738
OR-79	78		9	158,301	14	156,942
OR-80	79		14	177,193	9	176,106
OR-81	80		14	166,799	9	166,604
OR-82	81		14	165,046	9	164,275
OR-83	82		14	176,62	9	176,059
OR-84	83		14	184,502	9	183,768
OR-85	84		14	182,26	9	181,944
OR-86	85		14	179,03	9	177,768
OR-87	86		14	186,841	9	185,411
OR-88	87		14	178,849	9	177,938
OR-89	88		14	165,987	9	165,374
OR-90	89		14	169,872	9	168,431
OR-91	90		14	169,766	9	169,172

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-92	91		14	185,027	9	184,152
OR-93	92		9	196,805	14	193,734
OR-94	93		9	173,006	14	172,921
OR-95	94		14	186,733	9	185,238
OR-96	95		14	168,122	9	167,771
OR-97	96		14	182,044	9	182,003
OR-98	97		14	193,232	9	192,821
OR-100	98		14	207,631	9	201,186
OR-101	99		9	144,232	14	140,503
OR-102	100		9	134,637	14	133,005
OR-104	101		9	154,381	14	153,908
OR-105	102		9	167,475	14	167,452
OR-106	103		14	181,731	9	180,64
OR-107	104		14	173,358	9	173,001
OR-108	105		14	207,698	9	204,559
OR-109	106		9	182,768	14	182,249
OR-110	107		9	173,918	14	173,876
OR-112	108		14	180,362	9	179,653
OR-113	109		14	170,426	9	170,026
OR-114	110		7	222,631	14	217,959
OR-115	111		14	171,805	9	171,554
OR-116	112		14	172,747	9	172,418
OR-117	113		14	171,451	9	170,105
OR-118	114		14	189,167	9	188,928
OR-121	115		14	176,76	9	176,476
OR-122	116		14	182,933	9	182,325
OR-123	117		14	175,51	9	175,435
OR-124	118		14	120,301	9	116,851
OR-125	119		9	177,307	14	175,582
OR-126	120		9	172,53	14	171,489
OR-127	121		14	184,836	9	184,701
OR-128	122		9	168,946	14	167,483
OR-129	123		9	181,271	14	179,681
OR-130	124		14	199,884	9	199,549
OR-131	125		14	188,796	9	187,492
OR-132	126		14	178,598	9	177,751
OR-133	127		14	157,945	9	156,664
OR-134	128		14	182,51	9	182,275
OR-135	129		14	176,685	9	176,49
OR-136	130		9	169,731	14	166,432
OR-137	131		14	189,9	9	188,576
OR-138	132		14	200,114	9	198,364
OR-139	133		9	183,69	14	182,603
OR-140	134		14	208,767	9	206,301
OR-141	135		14	190,24	9	188,418
OR-143	136		14	213,01	9	208,57

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-144	137		7	221,246	9	209,823
OR-145	138		9	191,202	14	190,019
OR-146	139		14	187,176	9	185,354
OR-147	140		14	171,907	9	171,418
OR-150	141		9	193,013	14	192,492
OR-151	142		7	200,225	9	198,33
OR-152	143		9	179,268	14	176,371
OR-153	144		9	167,013	14	166,046
OR-154	145		9	191,394	14	190,411
OR-155	146		9	159,32	14	159,193
OR-156	147		14	186,609	9	185,199
OR-157	148		14	186,567	9	185,565
OR-158	149		9	186,729	14	184,411
OR-159	150		9	182,559	14	182,115
OR-160	151		9	172,35	14	171,436
OR-161	152		14	183,086	9	182,574
OR-162	153		9	203,412	14	203,186
OR-163	154		14	190,806	9	190,232
OR-164	155		14	200,386	9	199,516
OR-165	156		14	177,489	9	177,469
OR-166	157		14	208,591	9	206,21
OR-167	158		14	188,918	9	188,845
OR-168	159		9	189,996	14	189,674
OR-169	160		14	177,702	9	177,689
OR-170	161		14	195,972	9	194,921
OR-171	162		14	172,456	9	171,668
OR-172	163		9	177,191	7	172,217
OR-173	164		14	180,739	9	180,684
OR-174	165		14	205,829	7	205,707
OR-175	166		14	212,693	9	211,711
OR-176	167		9	188,616	14	187,949
OR-177	168		9	203,351	14	203,157
OR-178	169		9	175,743	14	175,639
OR-179	170		9	184,705	14	184,632
OR-180	171		14	191,203	9	190,614
OR-181	172		14	185,783	9	185,237
OR-182	173		14	180,991	9	180,673
OR-183	174		14	194,535	9	193,507
OR-186	175		9	196,862	14	195,668
OR-187	176		9	189,336	14	188,474
OR-188	177		9	182,151	14	181,209
OR-189	178		14	223,011	9	219,911
OR-190	179		9	195,568	14	193,942
OR-191	180		9	183,277	14	183,229
OR-192	181		14	184,479	9	184,246
OR-193	182		14	200,054	9	199,812

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-196	183		9	192,501	14	192,486
OR-197	184		14	193,591	9	193,053
OR-198	185		14	193,953	9	193,482
OR-199	186		14	178,394	9	177,623
OR-200	187		9	188,688	14	187,198
OR-201	188		14	177,243	9	175,799
OR-202	189		14	187,723	9	187,507
OR-203	190		14	186,362	9	185,783
OR-204	191		14	170,706	9	170,282
OR-205	192		14	175,228	9	174,663
OR-206	193		14	167,628	9	167,402
OR-207	194		14	175,789	9	175,572
OR-208	195		14	169,772	9	169,654
OR-209	196		14	192,143	9	191,87
OR-210	197		14	184,322	9	183,592
OR-212	198		14	204,401	9	202,092
OR-213	199		14	193,046	9	192,475
OR-214	200		14	198,038	9	197,374
OR-215	201		9	172,296	14	170,508
OR-216	202		7	223,776	14	222,406
OR-217	203		14	258,792	9	254,571
OR-218	204		14	178,383	9	178,31
OR-219	205		14	170,393	9	169,641
OR-220	206		14	184,046	9	181,403
OR-221	207		9	186,582	14	182,647
OR-222	208		14	189,043	9	188,89
OR-223	209		9	186,933	14	186,498
OR-224	210		14	179,129	9	178,675
OR-225	211		14	195,718	9	195,276
OR-226	212		14	178,982	9	178,101
OR-227	213		14	197,37	9	194,853
OR-228	214		9	189,502	14	189,231
OR-229	215		9	186,071	14	186,065
OR-230	216		14	187,598	9	186,839
OR-231	217		14	204,877	9	202,824
OR-232	218		14	189,69	9	189,026
OR-233	219		14	167,963	9	167,475
OR-234	220		9	162,526	14	162,307
OR-235	221		14	189,624	9	187,787
OR-236	222		14	164,739	9	164,052
OR-237	223		9	159,764	14	156,098
OR-238	224		9	195,117	14	192,128
OR-239	225		14	187,255	9	186,587
OR-240	226		14	175,757	9	174,589
OR-241	227		14	186,857	9	186,4
OR-242	228		14	186,613	9	185,746

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
OR-243	229		14	185,855	9	184,791
OR-245	230		9	175,26	14	173,914
OR-246	231		9	177,983	14	172,776
OR-247	232		9	171,036	14	165,262
OR-248	233		9	171,001	14	166,358
OR-249	234		14	192,214	9	191,506
OR-250 (tope)	235		14	202,525	9	201,115
CPR01	236	14	14	165,872	9	164,452
CPR02	237	14	14	190,229	9	186,064
CPR03	238	14	14	196,43	9	194,616
CPR04	239	14	14	182,541	9	179,525
CPR05	240	14	14	179,201	9	178,573
CPR06	241	14	*9	168,509	14	168,047
CPR07	242	14	*9	186,088	14	185,993
CPR09	243	9	9	160,063	14	157,897
CPR10	244	9	9	172,063	14	168,58
CPR11	245	9	9	172,27	14	169,548
CPR12	246	9	*14	153,399	9	150,118
CPR13	247	9	9	160,697	14	160,148
CPR14	248	9	*14	214,155	9	211,462
CPR15	249	9	9	153,72	14	152,143
CPR16	250	9	9	161,533	14	159,485
CPR17	251	9	9	189,763	14	186,598
6/19/13	252	9	*14	181,312	9	180,453
CPR19	253	9	9	164,332	14	161,585
RC-800-12	254	9	*7	192,482	9	191,89
6/19/11	255	9	*14	190,056	9	189,657
6/19/08	256	9	*14	176,987	9	175,702
6/19/07	257	9	*7	192,808	9	188,912
6/19/05	258	9	9	179,271	14	177,807
CPR20	259	9	9	182,26	14	180,562
CPR21	260	9	9	172,446	14	169,601
CPR22	261	9	9	163,851	14	161,87
RC-800-14	262	9	9	184,601	14	183,618
6/19/03	263	9	9	180,492	14	179,941
6/19/02	264	9	*14	169,775	9	169,632
6/19/01	265	9	9	193,047	14	192,114
CPR23	266	9	*14	194,882	9	193,899
CPR24	267	9	9	168,199	14	165,569
CPR25	268	9	*14	155,926	9	154,155
CPR26	269	9	9	187,211	14	185,873
CPR27	270	9	9	173,242	14	171,625
CPR28	271	9	9	143,222	14	140,263
CPR29	272	9	9	175,253	14	174,927
CPR30	273	9	9	195,446	14	194,391
CPR31	274	9	9	162,931	14	162,198

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
CPR32	275	9	9	186,739	14	183,909
CPR33	276	9	9	162,695	14	158,19
CPR34	277	9	9	189,022	14	186,215
CPR35	278	9	9	188,819	14	186,681
CPR36	279	9	9	169,225	14	167,443
CPR39	280	9	9	153,425	14	152,491
CPR40	281	9	9	183,155	14	180,914
CPR41	282	9	9	192,117	14	190,931
CPR43	283	9	9	183,07	14	179,007
CPR45	284	9	9	180,271	14	177,829
CPR47	285	9	9	179,175	14	176,437
CPR48	286	9	9	160,211	14	155,536
CPR49	287	9	9	180,024	14	177,033
CPR50	288	9	9	163,276	14	159,474
CPR51	289	9	9	182,094	14	180,632
CPR52	290	9	*14	184,298	9	183,92
CPR53	291	9	9	173,504	14	173,004
CPR54	292	9	9	189,675	14	189,31
CPR55	293	9	*14	193,161	9	190,233
CPR56	294	9	*14	204,01	9	202,063
CPR57	295	9	9	164,945	14	160,591
CPR58	296	9	9	196,212	14	194,248
CPR59	297	9	9	181,269	14	178,9
CPR61	298	9	*14	191,836	9	190,921
CPR62	299	9	9	229,735	14	229,163
CPR63	300	9	*14	208,464	9	205,21
CPR64	301	9	9	181,119	14	179,086
CPR65	302	9	*14	179,042	9	178,827
CPR66	303	9	9	198,051	14	197,563
CPR67	304	9	9	182,871	14	180,87
CPR68	305	9	*7	191,077	9	187,853
6/18/12	306	9	9	183,197	14	178,733
6/18/10	307	9	9	179,453	14	178,72
RC-800-15	308	9	9	182,173	14	176,158
6/18/09	309	9	9	212,011	14	209,912
RC-800-17	310	9	*14	203,662	9	202,429
MN75	311	9	9	180,557	14	179,916
MN74	312	9	9	187,505	14	185,604
MN73	313	9	9	177,402	14	177,309
MN71	314	9	9	179,74	14	177,682
MN70	315	9	9	194,059	14	191,491
MN69	316	9	9	177,082	14	175,153
MN68	317	9	9	184,364	14	182,234
MN67	318	9	9	171,447	14	169,705
MN66	319	9	9	167,499	14	165,971
MN65	320	9	9	184,382	14	181,625

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
MN64	321	9	9	174,311	14	170,463
MN63A	322					
MN63	323	9	9	156,222	14	153,683
MN62	324	9	9	176,919	14	175,339
MN60	325	9	*14	180,955	9	179,997
MN59	326	9	9	166,851	14	165,418
MN58	327	9	*14	169,667	9	167,722
MN57	328	9	9	170,62	14	169,455
MN56	329	9	*7	176,562	9	175,98
MN55	330	9	9	172,728	14	171,568
MN54	331	9	9	105,052	14	104,615
MN53	332	9	9	184,354	14	182,1
MN52	333	9	9	146,954	14	144,896
MN51	334	9	9	999,824	14	992,903
MN50	335	9	9	152,258	14	150,055
MN49	336	9	9	145,814	14	141,864
MN47	337	9	9	184,085	14	179,156
MN45	338	9	*6	145,524	9	144,389
MN35	339	9	9	169,176	14	168,542
MN34	340	9	9	181,398	14	178,102
MN33B	341	6	6	211,927	9	199,193
MN33	342	6	*14	196,133	6	190,997
MN27	343	6	6	182,003	9	172,155
MN24	344	6	6	215,866	9	199,283
MN44	345	7	7	213,476	9	201,473
MN43	346	7	7	207,281	9	192,688
MN42	347	7	7	199,243	9	196,56
MN41	348	7	7	223,611	9	208,901
MN40	349	7	*9	223,947	14	223,205
MN39	350	7	7	196,531	9	183,189
MN38	351	7	7	205,518	9	194,054
MN37	352	7	7	185,376	9	183,947
MN36	353	7	7	205,818	9	191,893
MN32	354	7	7	206,092	9	200,124
MN31A	355	7	*9	201,254	14	200,692
MN30	356	7	7	189,41	9	185,664
MN29	357	7	7	204,596	9	192,879
MN28	358	7	7	190,403	9	182,071
MN27A	359	7	7	183,747	9	175,096
MN26A	360	7	7	205,717	9	192,456
MN26	361	7	7	196,992	9	187,854
MN25A	362	7	7	226,158	9	202,041
MN25	363	7	7	190,245	9	184,059
MN23	364	7	*9	172,856	14	170,04
MN21	365	7	7	193,723	9	186,046
MN20	366	7	7	190,505	9	185,815

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor prob.	Valor más alto	2do grupo de mayor prob.	2do valor más alto
MN19	367	7	7	228,407	9	207,405
MN18	368	7	7	233,512	9	211,152
MN17	369	7	7	198,134	9	186,823
MN16	370	7	7	183,338	9	176,401
MN14	371	7	7	174,023	9	171,369
MN13	372	7	7	146,708	9	145,256
MN12	373	7	7	203,646	9	198,348
MN11	374	6	6	143,369	9	141,581
MN10	375	6	6	193,996	14	175,952
MN09	376	6	6	191,24	9	177,004
MN07	377	6	6	191,976	14	174,95
MN06	378	6	6	214,53	14	189,582
MN05	379	6	6	183,772	9	173,504
MN04	380	6	6	208,49	9	193,489
MN-9002-0	381	6	*14	175,124	6	174,663
MN-9002-1	382	6	6	178,108	9	175,605
MN-9002-1.16	383	6	6	220,09	9	192,963
MN-9002-1.8	384	6	6	213,085	9	200,151
MN-9002-3.03	385	6	6	208,078	9	194,404
MN-9002-4	386	6	6	215,103	9	199,082
MN-9002-5	387	6	6	211,497	9	192,978
MN-9002-6	388	6	6	221,775	9	203,978
MN-9002-9.23	389	6	6	278,664	9	264,313
MN-9002-9.53	390	6	6	249,161	9	231,675
MN-9002-10	391	6	6	259,856	9	242,926
MN-9002-11	392	6	6	227,812	9	211,467
MN-9002-12	393	6	6	190,584	9	187,904
MN-9002-13	394	6	6	202,234	9	200,556
MN-9002-14	395	6	*9	169,641	14	166,64
MN-9002-14.49	396	6	6	203,319	14	191,866
MN-9002-14.84	397	6	*9	191,833	7	191,034

* = Muestra mal clasificada
OR-34: muestra de la sección río Orégano
CPR-12, MN-52, RC-800-15 : muestras de la sección tipo

Grupos:
6: Formación Areo
7: Formación Jabillos
8: Formación Naricual
9: Formación Capiricual

Tabla VIII.27. Coeficientes de las funciones discriminantes para la diferenciación entre las formaciones Querecual Areo y Naricual.

Variables químicas	FD1	FD2
SiO_2	-0,0204215	0,0124508
TiO_2	0,580251	0,843431
Al_2O_3	0,0248879	-0,306245
Fe_2O_3	0,0429429	-0,0980235
MnO	-16,416	571,033
MgO	0,280429	0,499636
CaO	-0,251234	-0,0510941
K_2O	0,0647642	-0,261814
V	0,00124813	-0,000323011
Cr	0,00162232	0,00199342
Co	0,0342056	-0,156874
Ni	0,000168204	0,000318517
Cu	-0,0453997	0,025198
Zn	-0,000796986	-0,000281543
Se	-0,100349	0,0309332
Rb	-0,0630086	0,112607
Sr	0,00210476	0,00173979
Zr	0,000829857	0,0029044
Mo	-0,000470839	-0,00261023
Hg	0,188815	-0,206599
Pb	0,0860005	-0,0369586
Constante	352,347	-147,713

FD 1= 352,347- 0,0204215* SiO_2 + 0,580251* TiO_2 + 0,0248879* Al_2O_3 + 0,0429429 * Fe_2O_3 - 16,416* MnO + 0,280429* MgO - 0,251234* CaO +0,0647642 * K_2O+ 0,00124813* V + 0,00162232* Cr + 0,0342056* Co + 0,000168204* Ni - 0,0453997* Cu - 0,000796986* Zn - 0,100349* Se - 0,0630086* Rb + 0,00173979* Sr + 0,000829857* Zr - 0,000470839* Mo + 0,188815* Hg + 0,0860005*Pb

FD 2 = -147,713 + 0,0124508 * SiO_2 + 0,843431 * TiO_2 - 0,306245 * Al_2O_3 - 0,0980235 * Fe_2O_3 + 571,033 * MnO + 0,499636 * MgO - 0,0510941 * CaO -0,000323011 * V + 0,00199342 * Cr -0,156874 * Co + 0,000318517 * Ni +0,025198 * Cu - 0,000281543 * Zn + 0,0309332 * Se + 0,112607 * Rb + 0,00173979 * Sr + 0,0029044 * Zr - 0,00261023 * Mo -0,206599 * Hg - 0,0369586 * Pb

Tabla VIII.28. Tabla de clasificación detallada de muestras para la comparación entre formaciones (Querecual, Areo y Jabillos).

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor probabilidad	Valor más alto	2do grupo de mayor probabilidad	2do valor más alto
OR-01(base)	1	1	1	230,195	3	217,921
OR-02	2	1	1	286,101	2	268,719
OR-03	3	1	1	273,598	2	251,335
OR-04	4	1	1	245,502	2	226,419
OR-05	5	1	1	264,496	2	250,011
OR-06	6	1	1	263,316	2	242,429
OR-07	7	1	1	257,159	2	241,205
OR-08	8	1	1	284,432	2	269,186
OR-09	9	1	1	274,026	2	260,19
OR-10	10	1	1	281,529	2	253,662
OR-11	11	1	1	313,502	2	297,629
OR-12	12	1	1	296,311	2	282,044
OR-13	13	1	1	328,499	2	317,373
OR-14	14	1	1	252,382	2	241,47
OR-15	15	1	1	298,22	2	279,195
OR-16	16	1	1	298,781	2	280,637
OR-17	17	1	1	247,381	2	238,778
OR-18	18	1	1	273,431	2	265,611
OR-19	19	1	1	302,278	2	284,548
OR-20	20	1	1	283,44	2	265
OR-21	21	1	1	265,541	2	251,361
OR-22	22	1	1	238,245	2	214,026
OR-23	23	1	1	318,321	2	293,854
OR-24	24	1	1	249,293	2	233,496
OR-25	25	1	1	231,759	2	226,439
OR-26	26	1	1	248,22	2	236,318
OR-27	27	1	1	282,55	2	267,634
OR-28	28	1	1	252,291	2	240,312
OR-29	29	1	1	247,731	2	229,3
OR-30	30	1	1	297,15	2	283,243
OR-31	31	1	1	245,332	2	228,218
OR-32	32	1	1	262,684	2	247,704
OR-33	33	1	1	258,295	2	241,628
OR-34	34	1	1	270,459	2	258,523
OR-35	35	1	1	286,125	2	263,166
OR-36	36	1	1	298,998	2	289,973
OR-37	37	1	1	314,72	2	307,533
OR-38	38	1	1	288,893	2	269,169
OR-39	39	1	1	285,404	2	271,949
OR-40	40	1	1	281,111	2	261,681
OR-41	41	1	1	274,418	2	264,563
OR-42	42	1	1	298,708	2	275,406

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor probabilidad	Valor más alto	2do grupo de mayor probabilidad	2do valor más alto
OR-43	43	1	1	268,57	2	249,215
OR-44	44	1	1	276,104	2	265,968
OR-45	45	1	1	301,064	2	285,295
OR-46	46	1	1	256,797	2	247,731
OR-47	47	1	1	236,595	2	228,387
OR-48	48	1	1	255,17	2	253,327
OR-49	49	1	1	255,595	2	240,161
OR-50	50	1	1	135,617	2	121,841
OR-51	51	1	1	268,913	2	252,801
OR-52	52	1	1	286,943	2	264,935
OR-53	53	1	1	229,155	2	216,553
OR-54	54	1	1	292,249	2	278,119
OR-55	55	1	1	239,271	2	222,669
OR-56	56	1	1	289,212	2	270,039
OR-57	57	1	1	219,277	2	209,039
OR-58	58	1	1	230,059	2	217,275
OR-60	59	1	1	282,2	2	257,659
OR-61	60	1	1	230,579	2	214,898
OR-62	61	1	1	240,441	2	224,231
OR-63	62	1	1	232,51	2	214,572
OR-64	63	1	1	240,531	2	222,792
OR-65	64	1	1	252,74	2	236,517
OR-66	65	1	1	228,943	2	219,591
OR-67	66	1	1	230,75	2	215,488
OR-68	67	1	1	213,541	2	200,455
OR-69	68	1	1	282,493	2	276,647
OR-70	69	1	1	239,812	2	229,569
OR-71	70	1	1	262,786	2	247,464
OR-72	71	1	1	226,393	2	209,328
OR-73	72	1	1	271,611	2	257,006
OR-74	73	1	1	262,407	2	239,933
OR-75	74	1	1	246,811	2	231,458
OR-76	75	1	1	236,779	2	222,345
OR-77	76	1	1	291,476	2	284,752
OR-78	77	1	1	249,067	2	235,776
OR-79	78	1	1	229,112	2	217,292
OR-80	79	1	1	268,691	2	244,778
OR-81	80	1	1	243,699	2	229,161
OR-82	81	1	1	245,72	2	228,177
OR-83	82	1	1	270,225	2	249,64
OR-84	83	1	1	262,887	2	242,365
OR-85	84	1	1	278,573	2	261,566
OR-86	85	1	1	257,058	2	237,538
OR-87	86	1	1	279,135	2	257,484
OR-88	87	1	1	271,913	2	249,836

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor probabilidad	Valor más alto	2do grupo de mayor probabilidad	2do valor más alto
OR-89	88	1	1	242,971	2	226,079
OR-90	89	1	1	258,144	2	241,649
OR-91	90	1	1	253,645	2	239,024
OR-92	91	1	1	273,645	2	257,836
OR-93	92	1	1	257,763	2	251,231
OR-94	93	1	1	249,668	2	238,52
OR-95	94	1	1	273,4	2	252,49
OR-96	95	1	1	237,557	2	224,075
OR-97	96	1	1	270,884	2	257,513
OR-98	97	1	1	287,234	2	268,645
OR-100	98	1	1	304,122	2	283,202
OR-101	99	1	1	227,254	2	210,086
OR-102	100	1	1	190,28	2	178,857
OR-104	101	1	1	224,713	2	214,758
OR-105	102	1	1	252,142	2	235,761
OR-106	103	1	1	272,352	2	248,299
OR-107	104	1	1	255,661	2	240,267
OR-108	105	1	1	293,109	2	274,509
OR-109	106	1	1	258,429	2	246,998
OR-110	107	1	1	261,197	2	244,884
OR-112	108	1	1	249,92	2	226,436
OR-113	109	1	1	256,029	2	241,109
OR-114	110	1	1	295,477	2	275,015
OR-115	111	1	1	262,681	2	249,822
OR-116	112	1	1	249,962	2	234,765
OR-117	113	1	1	257,388	2	244,694
OR-118	114	1	1	276,097	2	264,439
OR-121	115	1	1	264,197	2	247,757
OR-122	116	1	1	272,127	2	253,114
OR-123	117	1	1	243,933	2	233,551
OR-124	118	1	1	177,724	2	164,119
OR-125	119	1	1	262,758	2	251,627
OR-126	120	1	1	247,575	2	240,177
OR-127	121	1	1	254,298	2	245,229
OR-128	122	1	1	260,618	2	249,64
OR-129	123	1	1	282,221	2	272,157
OR-130	124	1	1	266,546	2	255,467
OR-131	125	1	1	252,166	2	243,89
OR-132	126	1	1	294,376	3	286,428
OR-133	127	1	1	233,491	2	208,148
OR-134	128	1	1	273,298	2	257,252
OR-135	129	1	1	260,594	2	246,032
OR-136	130	1	1	279,032	2	260,42
OR-137	131	1	1	308,303	2	295,887
OR-138	132	1	1	277,297	2	258,958

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor probabilidad	Valor más alto	2do grupo de mayor probabilidad	2do valor más alto
OR-139	133	1	1	293,274	2	279,605
OR-140	134	1	1	283,802	2	269,845
OR-141	135	1	1	278,31	2	262,239
OR-143	136	1	1	336,724	2	312,36
OR-144	137	1	1	263,059	2	247,368
OR-145	138	1	1	294,364	2	277,245
OR-146	139	1	1	302,481	2	296,263
OR-147	140	1	1	258,509	2	238,47
OR-150	141	1	1	285,498	2	274,235
OR-151	142	1	1	283,997	2	271,418
OR-152	143	1	1	283,741	2	264,756
OR-153	144	1	1	237,138	2	229,762
OR-154	145	1	1	307,893	2	289,442
OR-155	146	1	1	219,901	2	212,612
OR-156	147	1	1	268,838	2	265,692
OR-157	148	1	1	273,631	2	252,773
OR-158	149	1	1	270,003	2	257,247
OR-159	150	1	1	270,093	2	258,26
OR-160	151	1	1	246,309	2	242,927
OR-161	152	1	1	274,602	2	261,003
OR-162	153	1	1	291,385	2	283,475
OR-163	154	1	1	279,803	2	264,739
OR-164	155	1	1	288,924	2	271,01
OR-165	156	1	1	266,066	2	251,625
OR-166	157	1	1	297,361	2	288,928
OR-167	158	1	1	280,495	2	267,444
OR-168	159	1	1	282,666	2	270,803
OR-169	160	1	1	269,355	2	254,79
OR-170	161	1	1	291,179	2	275,726
OR-171	162	1	1	254,118	2	240,815
OR-172	163	1	1	268,017	2	255,19
OR-173	164	1	1	267,1	2	250,899
OR-174	165	1	1	286,922	2	264,597
OR-175	166	1	1	293,107	2	284,654
OR-176	167	1	1	273,04	2	258,894
OR-177	168	1	1	296,804	2	285,645
OR-178	169	1	1	257,581	2	243,284
OR-179	170	1	1	275,153	2	261,836
OR-180	171	1	1	279,563	2	266,684
OR-181	172	1	1	277,053	2	262,205
OR-182	173	1	1	275,281	2	260,18
OR-183	174	1	1	287,477	2	268,751
OR-186	175	1	1	293,759	2	285,108
OR-187	176	1	1	310,482	2	295,728
OR-188	177	1	1	281,155	2	269,249

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor probabilidad	Valor más alto	2do grupo de mayor probabilidad	2do valor más alto
OR-189	178	1	1	352,19	2	332,543
OR-190	179	1	1	299,392	2	287,082
OR-191	180	1	1	255,629	2	251,49
OR-192	181	1	1	250,369	2	247,215
OR-193	182	1	1	281,275	2	275,925
OR-196	183	1	1	285,223	2	273,26
OR-197	184	1	1	295,114	2	283,065
OR-198	185	1	1	287,407	2	272,313
OR-199	186	1	1	271,579	2	251,25
OR-200	187	1	1	290,755	2	283,658
OR-201	188	1	1	265,467	2	246,373
OR-202	189	1	1	262,562	2	257,523
OR-203	190	1	1	279,565	2	260,077
OR-204	191	1	1	252,435	2	233,929
OR-205	192	1	1	261,772	2	241,97
OR-206	193	1	1	251,121	2	231,486
OR-207	194	1	1	263,065	2	246,511
OR-208	195	1	1	255,878	2	238,149
OR-209	196	1	1	288,852	2	276,481
OR-210	197	1	1	276,246	2	255,419
OR-212	198	1	1	301,272	2	282,125
OR-213	199	1	1	288,54	2	271,538
OR-214	200	1	1	297,527	2	279,619
OR-215	201	1	1	249,203	2	238,665
OR-216	202	1	1	279,179	2	267,357
OR-217	203	1	1	268,747	2	253,056
OR-218	204	1	1	269,523	2	256,212
OR-219	205	1	1	260,485	2	245,475
OR-220	206	1	1	266,835	2	248,713
OR-221	207	1	1	249,07	2	245,575
OR-222	208	1	1	278,661	2	266,796
OR-223	209	1	1	276,232	2	264,581
OR-224	210	1	1	267,862	2	248,055
OR-225	211	1	1	293,734	2	277,223
OR-226	212	1	1	265,631	2	247,859
OR-227	213	1	1	303,233	2	278,945
OR-228	214	1	1	285,799	2	272,598
OR-229	215	1	1	276,999	2	263,016
OR-230	216	1	1	284,173	2	266,952
OR-231	217	1	1	307,137	2	287,254
OR-232	218	1	1	287,344	2	273,916
OR-233	219	1	1	237,51	2	223,387
OR-234	220	1	1	236,741	2	228,662
OR-235	221	1	1	282,694	2	266,125
OR-236	222	1	1	251,758	2	236,903

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor probabilidad	Valor más alto	2do grupo de mayor probabilidad	2do valor más alto
OR-237	223	1	1	237,508	2	229,432
OR-238	224	1	1	290,064	2	279,924
OR-239	225	1	1	285,564	2	269,062
OR-240	226	1	1	265,781	2	241,784
OR-241	227	1	1	277,053	2	261,401
OR-242	228	1	1	281,381	2	262,303
OR-243	229	1	1	276,078	2	259,423
OR-245	230	1	1	251,768	2	244,408
OR-246	231	1	1	260,601	2	245,604
OR-247	232	1	1	269,79	2	262,723
OR-248	233	1	1	272,889	2	258,675
OR-249	234	1	1	291,699	2	273,078
OR-250 (tope)	235	1	1	249,299	2	239,212
DO-01 (base)	236	3	3	315,432	1	286,989
DO-02	237	3	3	301,637	1	265,847
DO-03	238	3	3	309,113	2	274,312
DO-04	239	3	3	314,822	2	284,902
DO-05	240	3	3	303,317	2	272,007
DO-06	241	3	3	302,275	2	272,159
DO-07	242	3	3	300,089	1	276,173
DO-08	243	3	3	306,128	2	272,508
DO-09	244	3	3	312,61	2	278,734
DO-10	245	3	3	319,264	1	285,301
DO-11	246	3	3	336,24	1	305,248
DO-12	247	3	3	315,401	1	280,097
DO-13	248	3	3	333,605	2	300,569
DO-14	249	3	3	307,73	2	270,574
DO-15	250	3	3	317,098	2	282,819
DO-16	251	3	3	305,387	2	271,451
DO-17	252	3	3	317,475	2	273,922
DO-18	253	3	3	329,4	1	296,011
DO-19	254	3	3	326,596	2	287,059
DO-20	255	3	3	319,089	2	283,651
DO-21	256	3	3	287,204	2	260,329
DO-22	257	3	3	324,29	1	295,746
DO-23	258	3	3	329,465	2	291,097
DO-24	259	3	3	313,852	2	279,268
DO-25	260	3	3	309,151	2	278,159
DO-26	261	3	3	314,293	2	279,172
DO-27	262	3	3	336,759	2	300,826
DO-28	263	3	3	312,206	1	286,088
DO-29	264	3	3	315,09	2	280,336
DO-31	265	3	3	334,762	2	299,75
DO-32	266	3	3	330,111	2	298,149
DO-33	267	3	3	294,919	2	274,473

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor probabilidad	Valor más alto	2do grupo de mayor probabilidad	2do valor más alto
DO-34	268	3	3	320,451	1	288,297
DO-35	269	3	3	303,434	2	267,037
DO-36	270	3	3	311,863	2	278,797
DO-37	271	3	3	339,199	2	301,181
DO-38	272	3	3	317,084	2	283,684
DO-39	273	3	3	306,027	2	272,587
DO-40	274	3	3	291,915	2	267,105
DO-41	275	3	3	333,02	2	297,626
DO-42	276	3	3	309,823	1	284,262
DO-43	277	3	3	307,437	2	280,915
DO-44	278	3	3	313,503	2	274,024
DO-45	279	3	3	328,186	2	291,842
DO-46	280	3	3	353,631	2	310,434
DO-47	281	3	3	321,13	2	274,457
DO-48	282	3	3	346,224	2	309,35
DO-49	283	3	3	318,296	2	279,992
DO-50	284	3	3	319,768	2	281,027
DO-51	285	3	3	288,714	2	258,653
DO-52	286	3	3	311,903	1	279,975
DO-53	287	3	3	274,27	1	252,523
DO-54	288	3	3	305,745	2	287,692
DO-55	289	3	3	251,88	1	243,524
DO-56	290	3	3	265,503	2	240,866
DO-57	291	3	3	321,595	2	281,658
DO-58	292	3	3	317,406	2	283,906
DO-59	293	3	3	317,373	1	288,783
DO-60	294	3	3	292,277	2	256,551
DO-61	295	3	3	310,592	1	281,758
DO-62	296	3	3	311,624	2	277,408
DO-63	297	3	3	297,607	2	265,138
DO-64	298	3	3	311,946	2	287,452
DO-65	299	3	3	319,764	2	286,192
DO-66	300	3	3	314,285	2	281,012
DO-67	301	3	3	324,613	2	292,858
DO-68	302	3	3	311,315	1	277,912
DO-69	303	3	3	324,366	2	288,299
DO-70	304	3	3	275,212	1	256,665
DO-71	305	3	3	302,724	2	268,936
DO-72	306	3	3	290,75	1	268,7
DO-73	307	3	3	347,393	1	296,946
DO-74	308	3	3	269,561	1	257,639
DO-75	309	3	3	265,791	1	251,292
DO-76	310	3	3	296,552	2	279,282
DO-77	311	3	3	323,973	2	291,31
DO-78	312	3	3	293,576	2	266,597

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor probabilidad	Valor más alto	2do grupo de mayor probabilidad	2do valor más alto
DO-79	313	3	3	260,845	1	248,407
DO-80	314	3	3	284,99	2	264,072
DO-81	315	3	3	302,214	1	281,185
DO-82	316	3	3	294,069	2	273,494
DO-83	317	3	3	308,526	1	291,028
DO-84	318	3	3	316,517	1	295,239
DO-85	319	3	3	277,228	1	265,307
DO-86	320	3	3	300,26	2	273,597
DO-87	321	3	3	317,738	1	295,146
DO-88	322	3	3	313,505	2	282,456
DO-89	323	3	3	317,477	2	290,654
DO-90	324	3	3	299,141	2	269,165
DO-91	325	3	3	278,74	1	269,287
DO-92	326	3	3	295,61	2	273,589
DO-93	327	3	3	304,627	2	273,386
DO-94	328	3	3	295,684	1	280,186
DO-95	329	3	3	311,555	1	296,445
DO-96	330	3	3	286,25	1	266,819
DO-97	331	3	3	295,691	1	283,526
DO-98	332	3	3	279,711	1	262,678
DO-99	333	3	3	307,935	1	291,723
DO-100	334	3	3	294,213	1	293,027
DO-101	335	3	3	306,458	1	299,078
DO-102	336	3	3	340,497	2	295,768
DO-103	337	3	3	297,372	1	294,076
MN33B	338	2	2	284,538	1	271,204
MN33	339	2	2	346,818	1	336,099
MN27	340	2	*1	209,942	2	207,887
MN24	341	2	2	288,888	1	263,827
MN11	342	2	*1	184,997	2	182,226
MN10	343	2	2	254,672	3	240,438
MN09	344	2	2	238,28	1	235,169
MN07	345	2	2	271,421	3	257,107
MN06	346	2	2	265,847	1	242,28
MN05	347	2	2	224,823	1	223,849
MN04	348	2	2	268,762	1	260,445
MN-9002-0	349	2	2	260,173	3	250,053
MN-9002-1	350	2	2	259,651	1	246,886
MN-9002-1.16	351	2	2	308,14	1	270,518
MN-9002-1.8	352	2	2	281,944	1	266,221
MN-9002-3.03	353	2	2	259,502	1	242,455
MN-9002-4	354	2	2	268,543	1	252,432
MN-9002-5	355	2	2	279,348	1	265,996
MN-9002-6	356	2	2	328,226	1	293,755

Muestra	Fila	Grupo actual	Grupo de mayor probabilidad	Valor más alto	2do grupo de mayor probabilidad	2do valor más alto
MN-9002-9.23	357	2	2	291,495	1	283,324
MN-9002-9.53	358	2	2	282,359	1	268,813
MN-9002-10	359	2	2	311,697	1	302,86
MN-9002-11	360	2	2	304,822	1	295,686
MN-9002-12	361	2	2	280,527	1	265,129
MN-9002-13	362	2	2	288,633	1	282,211
MN-9002-14	363	2	2	266,602	1	250,999
MN-9002-14.49	364	2	2	276,848	1	252,232
MN-9002-14.84	365	2	2	340,617	1	301,907

Leyenda:

OR-45: Muestra de la Formación Naricual en la sección río Orégano

DO-34: Muestra de la Formación Querecual en la sección Río de Oro

MN-9002-4: Muestra de la Formación Areo en la sección de río Capiricual (ARREAZA 2002)

APÉNDICE IX

Palinoestratigrafía de la sección río Orégano (Formación Naricual) por DI GIACOMO (2002)

Este estudio se realizó a partir del análisis en muestras de lutitas ubicadas en los extremos superior e inferior de la sección. Las muestras corresponden con los números OR-10, OR-237, OR-246 y OR-248. A continuación se presenta el informe presentado por DI GIACOMO (2002).

INTRODUCCIÓN.

Se presentan los resultados palinoestratigráficos de 4 muestras de superficie **(OR-10, OR- 237, OR-246 y OR- 248)** de la sección río Orégano (Cuenca Oriental); con la finalidad de determinar la cronoestratigrafía y los ambientes de sedimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se analizó un total de cuatro muestras de superficie. Las muestras se prepararon de acuerdo a la metodología estándar utilizada por el Laboratorio de Servicios Geológicos Especializados de PDVSA Exploración y Producción Caracas, la cual consiste en el tratamiento con ácido fluorhídrico (48%) y ácido clorhídrico (37%); separación de la materia orgánica de la inorgánica con bromuro de zinc (densidad 2,2) y montaje de láminas fijas con glicerina-gelatina en láminas de 24x40 mm.

Los análisis consistieron en la identificación y conteo de polen, esporas de helechos, restos de hongos microplancton, cámaras de microforaminíferos y algas de agua dulce.

RESULTADOS.

Para la interpretación de los resultados se aplicaron los criterios de la "zonación de M.A LORENTE (1986)".

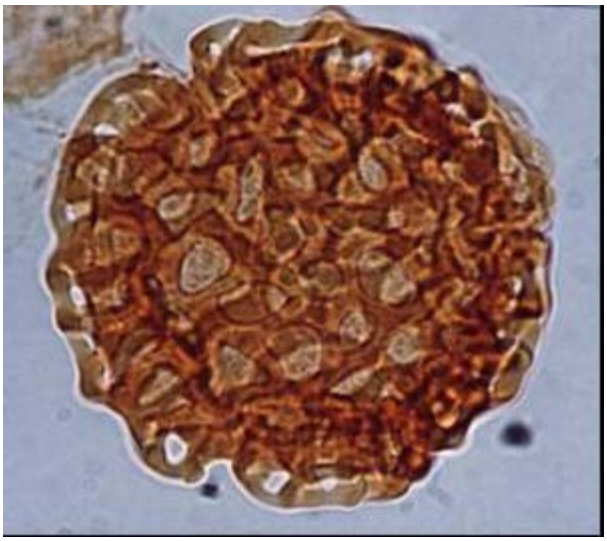
Las muestras **10** y **237** resultaron pobres en su contenido polínico.

En las muestras **246** y **248** la presencia de las especies: *Jandouforia seamrogiformis, Scabratricolporites planetensis, Verrutricolporites rotundiporus, Retitricolporites amapaensis y Retitricolporites irregularis* sugieren una edad de Mioceno temprano, Las muestras no presentan los indicadores del Oligoceno, sin embargo se considera esta edad por la abundancia de *Jandouforia seamrogiformis* cuyo rango estratigráfico se extiende hasta el Oligoceno.

Jandouforia seamrogiformis

Mauritiidites franciscoi

Retitricolporites irregularis



Retitricolporites amapaensis

Verrutricolporites rotundiporus

Verrucatosporites usmensis

CARTA DE DISTRIBUCIÓN DE PALINOLOGÍA

DE LA SECCION RÍO ORÉGANO

Nº DE MUESTRA	Verucatosporites usmensis	Verrumonoletes sp.	Proteacicidites sp.	Jandouforia seamrogiformis	Psilatricolporites maculosus	Mauritiidites franciscoi	Psilamonocolpites medius	Echimonocolpites sp.	Levigatosporites vulgaris	Perisyncolporites pokornyi	Scabratricolporites planetensis	Verrucatosporites rotundiporus	Retitricolporites amapaensis	Echitriletes muelleri	Psilatricolporites operculatus	Monoporites annulatus	Retitricolporites irregularis	Psilatricolporites trnansversalis	Retitricolporites hispidus	Bombacacidites baumfalki	Retistephanocolpites cf. angeli	Clavatricolpotes cf. leticiae	Retistephanoporites crassiannulatus	Zonocostites ramonae	Striatricolpites catatumbus	B.ombacacidites baculatus	Incerti sedis	Verrutriletes sp.	Retitricolporites sp.	Deltoidospora adriennis	Esporas de hongos	Botryococcus	Dinoflagelados	Bombacacidites sp.	Psilatricolporites sp.	ZONA PALINOLOGICA	CRONOESTRATIGRAFIA	AMBIENTE SEDIMENTARIO
10	1	1	1	2	1																																	
237	2	2					3	1	2							1					2									1	4							
246	15			8		5	4	12	8	2	4		4	1	1	1	3	5	4	2		1	1	2	2	1	2	1	2	2								
248	12			8		11	3	7	46	3	4	1	4			2	5	3	2	3			1				1	4		2	5	1	7			Zona Verrucatosporites	Oligoceno / Mioceno Temprano	

LEYENDA

E. DI GIACOMO

Llanura costera sin influencia de marea

Llanura costera con influencia de marea.