

# TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



## **CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y RADIOMÉTRICA DE SEDIMENTOS DE UNA ZONA UBICADA AL NORESTE DEL DELTA DEL RÍO ORINOCO EN EL OCÉANO ATLÁNTICO, VENEZUELA**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por los Brs. Cedillo S., Joseph B.,  
Olaya R., William J.

Caracas, Marzo 2003

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y RADIOMÉTRICA DE SEDIMENTOS DE UNA ZONA UBICADA AL NORESTE DEL DELTA DEL RÍO ORINOCO EN EL OCÉANO ATLÁNTICO, VENEZUELA**

TUTORES ACADÉMICOS: Dr. Franco Urbani  
Prof. Herbert Fournier

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por los Brs. Cedillo S., Joseph B.,  
Olaya R., William J.

Caracas, Marzo 2003

*A Dios ...*  
*A mis Padres ...*

Joseph B. Cedillo S.

*A Dios ...*  
*A mis Padres ...*  
*A la memoria de mis tíos Armando y Ezio ...*

William J. Olaya R.

**Cedillo S., Joseph B.  
Olaya R., William J.**

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y RADIOMÉTRICA  
DE SEDIMENTOS DE UNA ZONA UBICADA AL NORESTE DEL  
DELTA DEL RÍO ORINOCO EN EL OCÉANO ATLÁNTICO,  
VENEZUELA**

**Tutores Académicos: Prof. Franco Urbani & Prof. Herbert Fournier. Tesis. Caracas,  
U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica.  
Departamento de Geología. Año 2003, 195 p.**

**Palabras Claves:** Sedimentos, fluorescencia de rayos x, espectrometría de rayos  $\gamma$ ,  
Plataforma Deltana

**Resumen.** Los cambios geológicos ocurridos durante el Cuaternario en las regiones costeras de Venezuela, son eventos que deben haber afectado la distribución de los distintos sedimentos aportados a las profundidades marinas en la región de la plataforma del delta del río Orinoco (Plataforma Deltana). La zona de estudio se ubica en aguas territoriales de Venezuela, en el Océano Atlántico entre los 100 y los 200 m de profundidad.

Se caracterizaron química y radiométricamente los sedimentos depositados durante el Cuaternario en la Plataforma Deltana venezolana, provenientes de 4 núcleos tipo “piston core” PD-01G P29, S4, C38 y Q3, con el fin de correlacionar los cambios de las variables analizadas con diversos procesos geológicos, así como comparar y establecer las relaciones verticales y laterales entre ellos

Un total de 376 muestras de la fracción limo-arcillosa obtenidas cada 2 cm fueron analizadas, las mismas fueron secadas durante 48 horas y disgregadas con un mortero de ágata para sus respectivos análisis. El análisis químico consistió en la medición de las concentraciones (% en peso) de los componentes mayoritarios  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ; y de los elementos trazas (ppm) V, Zr, Sr, Rb, Pb, Zn, Ni, Co y Cr. En el análisis radioisotópico se determinó la radioactividad gamma natural presente mediante la detección de 10 ventanas principales  $\gamma^{40}\text{K}$ ,  $\gamma^{214}\text{Bi}$ ,  $\gamma^{208}\text{Tl}$ ,  $\gamma^{228}\text{Ac}$ ,  $\gamma\text{F1}$ ,  $\gamma\text{F2}$ ,  $\gamma\text{F3}$ ,  $\gamma\text{F4}$ ,  $\gamma\text{F5}$  y  $\gamma\text{F6}$ .

Se elaboraron perfiles de distribución con las variables determinadas para definir unidades químico-radiométricas, las cuales, mediante el uso de la estadística descriptiva univariante y multivariante permitieron caracterizar estos sedimentos, estableciéndose funciones discriminantes que permitieron relacionar y diferenciar los comportamientos de las variables químicas y radiométricas.

En base a estos perfiles se definieron 2 unidades químico-radiométrica mayores para cada uno de los núcleos; además, fueron determinadas 4 asociaciones químicas (siliciclástica, arcillosa, orgánica y carbonática), que caracterizan a dichas unidades.

El núcleo Q3 se caracteriza por sedimentos carbonáticos que podrían pertenecer a una antigua línea de costa, depositada sincrónicamente con la regresión pleistocénica. El núcleo C38 contiene las mayores concentraciones de arcillas, pertenecientes quizás a la retrogradación deltaica de finales del Pleistoceno, y de similar comportamiento con las unidades basales de los núcleos P29 y S4, pero sin que exista una relación directa con el núcleo C38, debido a la presencia de un fallamiento normal, posiblemente sinsedimentario.

Finalmente, las unidades superiores de los núcleos P29 y S4, pueden ser posibles evidencias de la progradación actual del delta. El límite entre las unidades químico-radiométricas mayores de estos núcleos, definido en este trabajo como el marcador MCO-01, concuerda con una superficie de retrogradación-progradación.

	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. AGRADECIMIENTOS.....	3
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	6
2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.....	6
2.1.1. Generalidades.....	6
2.1.2. Geografía física.....	12
2.1.2.1. Clima.....	15
2.1.2.2. Vegetación.....	16
2.1.2.3. Tasa de sedimentación.....	16
2.1.3. Distribución de facies sedimentarias Holocenas.....	17
2.1.4. Geología histórica desde el Neógeno al Holoceno.....	19
2.1.4.1. Mio-Plioceno.....	19
2.1.4.2. Pleistoceno.....	20
2.1.4.3. Holoceno.....	21
2.1.5. Marco estructural.....	23
2.1.6. Posibles provincias de aporte.....	27
2.2. GEOLOGÍA LOCAL.....	30
2.2.1. Descripción de los núcleos.....	30
2.2.2. Análisis bioestratigráfico.....	32
2.3. TRABAJOS PREVIOS.....	34
3. MARCO TEÓRICO.....	37
3.1. ESPECTROMETRÍA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X POR DISPERSIÓN DE ENERGÍA (FRX-DE).....	37
3.2. ESPECTROMETRÍA DE RAYOS GAMMA.....	38
3.3. GEOESTADÍSTICA.....	41
3.3.1. Métodos estadísticos univariantes y multivariantes.....	41
3.3.1.1. Estadística descriptiva.....	41
3.3.1.2. Diagramas de cajas.....	43
3.3.1.3. Histogramas de frecuencia.....	45
3.3.1.4. Diagramas de dispersión.....	46
3.3.1.5. Funciones discriminantes.....	48
3.3.1.6. Análisis de agrupaciones.....	49
3.3.2. Series secuenciales o perfiles de distribución.....	50
3.4. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA.....	52
3.4.1. Generalidades.....	52
3.4.2. Relaciones químicas.....	56
3.4.3. Trabajos previos.....	56

4. MARCO METODOLÓGICO.....	60
4.1. FASE DE CAMPO.....	60
4.2. FASE DE LABORATORIO.....	63
4.2.1. Etapas del muestreo.....	63
4.2.2. Análisis químicos.....	67
4.2.2.1. Preparación de las muestras.....	67
4.2.2.2. Fluorescencia de rayos x por dispersión de energía (FRX-DE).....	68
4.2.2.2.1. Fuente de tubo de Rh.....	68
4.2.2.2.2. Fuente radiactiva $^{109}\text{Cd}$ .....	72
4.2.3. Análisis radiométricos.....	75
4.2.3.1. Preparación de las muestras.....	75
4.2.3.2. Espectrometría por rayos gamma.....	75
4.3. FASE DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	79
5. RESULTADOS E INTERPRETACIONES.....	80
5.1. RESULTADOS ANALÍTICOS QUÍMICOS.....	80
5.1.1. Estadística univariante.....	81
5.1.1.1. Histogramas de frecuencia.....	81
5.1.1.2. Diagramas de caja.....	91
5.1.1.3. Diagramas de dispersión.....	97
5.2. RESULTADOS ANALÍTICOS RADIOMÉTRICOS.....	108
5.2.1. Estadística univariante.....	108
5.2.1.1. Histogramas de frecuencia.....	108
5.2.1.2. Diagramas de caja.....	115
5.2.1.3. Diagramas de dispersión.....	118
5.3. RESULTADOS ANALÍTICOS QUÍMICO-RADIOMÉTRICOS.....	121
5.4. DEFINICIÓN DE UNIDADES QUÍMICAS-RADIOMÉTRICAS.....	125
5.4.1. Núcleo P29.....	126
5.4.2. Núcleo S4.....	129
5.4.3. Núcleo C38.....	133
5.4.4. Núcleo Q3.....	137
5.5. ESTADÍSTICA MULTIVARIANTE.....	140
5.5.1. Análisis de agrupaciones.....	140
5.5.2. Funciones discriminantes.....	154
5.6. COMPARACIÓN QUÍMICO-RADIOMÉTRICA ENTRE NÚCLEOS.....	169
5.6.1. Estadística univariante.....	170
5.6.1.1. Histogramas de frecuencia.....	170
5.6.1.2. Diagramas de caja.....	170
5.6.1.3. Diagramas de dispersión.....	171
5.6.2. Perfiles de distribución y estadística multivariante.....	173
5.6.2.1. Perfiles de distribución y análisis de agrupaciones.....	173
5.6.2.2. Funciones discriminantes.....	174
5.7. INTERPRETACIONES GENERALES.....	178
5.8. DETERMINACIÓN DEL COLOR MUNSELL.....	184
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	185

6.1. CONCLUSIONES.....	185
6.2. RECOMENDACIONES.....	190
7. BIBLIOGRAFÍA.....	191
8. APÉNDICES	



## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Mapa de ubicación del área de estudio y de los núcleos.....	2
Figura 2.1	Clasificación de los sistemas delataicos en base a los parámetros de flujo de sedimentos, oleaje-corrientes y flujo de mareas (Tomado de MÉNDEZ 2000).....	8
Figura 2.2	Dendograma de 30 deltas, basado en 22 variables morfológicas (Tomado de COLEMAN & WRIGHT 1975).....	9
Figura 2.3	Mapa de ubicación de los principales afluentes del río Orinoco (Tomado de MÉNDEZ 2000).....	12
Figura 2.4	Mapa de ubicación de los principales caños del Delta del Orinoco y sus divisiones (Tomado de MÉNDEZ 2000).....	14
Figura 2.5	Mapa de distribución de facies sedimentarias holocenas del Delta del Orinoco, Golfo de Paria y plataforma continental adyacente (Tomado de GONZÁLEZ DE JUANA <i>et al.</i> 1980).....	18
Figura 2.6	Mapas de distribución de las facies sedimentarias holocenas de los deltas Mississippi, Rhone, Níger y Orinoco (Tomado de VAN ANDEL 1967).....	19
Figura 2.7	Mapa estructural y geológico de la región del Delta del Orinoco y sus adyacencias (Modificado de WARNE <i>et al.</i> 2000).....	25
Figura 2.8	Imagen de Satélite interpretada, que representa los rasgos geológico-estructurales del fondo marino (Tomado de RINCÓN <i>et al.</i> 2002).....	26
Figura 2.9	La zona enmarcada indica una posible bioturbación en la muestra S4-52, envuelta dentro de un material sedimentario mas fino (arcilla).....	31
Figura 3.1	Diagrama de caja (box plot) elaborado mediante el programa estadístico NCSS <sup>®</sup> 2000 (Tomado de CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000).....	44
Figura 3.2	Histograma de frecuencias y polígono de frecuencia elaborado mediante el programa estadístico NCSS <sup>®</sup> 2000 (Tomado de NOGUERA Y YÉPEZ 2002).....	45
Figura 3.3	Diagrama de dispersión %Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> vs. % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Elaborado mediante el programa estadístico NCSS <sup>®</sup> 2000 (Tomado de NOGUERA & YÉPEZ 2002).....	47
Figura 3.4	Representación de dos distribuciones bivariantes mostrando el solape entre los grupos A y B en conjunto con ambas variables X <sub>1</sub> y X <sub>2</sub> (Tomado de DAVIS 1973).....	49
Figura 3.5	Dendograma (Tomado de DAVIS 1973).....	50
Figura 3.6	(A) Perfil de distribución original. (B) Perfil de distribución con promedio móvil 3. En donde es posible observar la variación vertical del contenido de SiO <sub>2</sub> en el núcleo P29.....	51
Figura 4.1	Toma de muestras del subsuelo marino: tecnología <i>Gravity Core</i> .....	61
Figura 4.2	Proceso de obtención y preservación de núcleos: <i>Gravity Core</i> .....	62
Figura 4.3	Preservación de los núcleos a -25 °C dentro de las cavas de PDVSA-INTEVEP.....	62
Figura 4.4	Corte transversal.....	63

Figura 4.5	Corte longitudinal.....	63
Figura 4.6	Preservación de los núcleos en la cava.....	63
Figura 4.7	Medición y descripción longitudinal.....	64
Figura 4.8	Descripción transversal.....	64
Figura 4.9	Muestreo cada 2 cm.....	64
Figura 4.10	Corte de las muestras con una espátula limpia.....	64
Figura 4.11	Muestras en bolsas, en orden estricto.....	64
Figura 4.12	Pesado de las muestras.....	65
Figura 4.13	Colocación de la muestra tamizada en un plato plástico debidamente rotulado.....	65
Figura 4.14	(A), Secado de las muestras frente a un deshumificador. (B), Ampliación de las muestras en pleno proceso de secado.....	65
Figura 4.15	(A) Mortero y pistillo de ágata. (B) Disgregación de las muestras. (C) Muestra disgregada.....	66
Figura 4.16	Medidas del mortero. 80 x 100 x 24 mm.....	67
Figura 4.17	(A) Montaje del portamuestra. (B) Montaje de muestras final.....	68
Figura 4.18	Espectrómetro de rayos x por dispersión de energía. Modelo Minipal PW4025/00, marca Phillips.....	69
Figura 4.19	Montaje de los portamuestras dentro del contenedor del equipo Minipal.....	71
Figura 4.20	Espectrómetro Niton XL-722S, serie 700.....	72
Figura 4.21	Montaje del equipo sobre la muestra en su plataforma de análisis en laboratorio.....	74
Figura 4.22	Características de la pantalla del equipo Niton XL-722S serie 700 (Modificado de NOGUERA & YÉPEZ 2002).....	75
Figura 4.23	Muestra del detector de centelleo conectado al Amptek MCA8000A "Pocket MCA" y una computadora laptop ( <a href="http://amptek.com">http://amptek.com</a> ). 16/12/02.....	76
Figura 4.25	Vista superior del detector de espectrometría, dentro de los cilindros de plomo, donde se puede observar la disposición de una muestra a medir.....	78
Figura 5.1	Histogramas de frecuencia de componentes mayoritarios.....	83
Figura 5.2	Histogramas de frecuencia de elementos traza.....	88
Figura 5.3	Diagramas de caja químicos.....	94
Figura 5.4	Diagramas de dispersión químicos de todos los núcleos.....	100
Figura 5.5	Histogramas de frecuencia de variables radiométricas.....	110
Figura 5.6	Diagramas de caja radiométricos.....	116
Figura 5.7	Diagrama de dispersión radiométrico que presenta la única relación lineal confiable ( $C > 99\%$ ).....	120
Figura 5.8	Diagrama de dispersión químico-radiométrico.....	121
Figura 5.9	Comparación de las unidades químico-radiométricas definidas por medio del dendograma y los perfiles del núcleo P29.....	142
Figura 5.10	Comparación de las unidades químico-radiométricas definidas por medio del dendograma y los perfiles del núcleo S4.....	145
Figura 5.11	Comparación de las unidades químico-radiométricas definidas por medio del dendograma y los perfiles del núcleo C38.....	149

Figura 5.12	Comparación de las unidades químico-radiométricas definidas por medio del dendograma y los perfiles del núcleo Q3.....	152
Figura 5.13	Representación gráfica de las funciones discriminantes químicas para la separación de sub-unidades del núcleo P29.....	156
Figura 5.14	Representación gráfica de las funciones discriminantes radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo P29.....	157
Figura 5.15	Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo P29.....	158
Figura 5.16	Representación gráfica de las funciones discriminantes químicas para la separación de sub-unidades del núcleo S4.....	159
Figura 5.17	Representación gráfica de las funciones discriminantes radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo S4.....	160
Figura 5.18	Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo S4.....	161
Figura 5.19	Representación gráfica de las funciones discriminantes químicas para la separación de sub-unidades del núcleo C38.....	163
Figura 5.20	Representación gráfica de las funciones discriminantes radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo C38.....	164
Figura 5.21	Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo C38.....	165
Figura 5.22	Representación gráfica de las funciones discriminantes químicas para la separación de sub-unidades del núcleo Q3.....	167
Figura 5.23	Representación gráfica de las funciones discriminantes radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo Q3.....	168
Figura 5.24	Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo Q3.....	169
Figura 5.25	Comportamiento de las medianas y los rangos de concentraciones entre los núcleos.....	171
Figura 5.26	Comportamiento de los núcleos en los diagramas de dispersión.....	172
Figura 5.27	Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométrica para la comparación de las unidades superiores entre los 4 núcleos.....	175
Figura 5.28	Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométrica para la comparación de las unidades inferiores entre los 4 núcleos.....	176
Figura 5.29	Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométrica para la comparación de las unidades inferiores y superiores entre los 4 núcleos.....	176
Figura 6.1	Asociaciones químicas definidas en base a la relación de estas variables con el tipo de sedimentos.....	186
Figura 6.2	Diagrama de panel modelo de los núcleos P29, S4, C38 y Q3 pertenecientes a la Plataforma Deltana, en el cual se presenta una correlación en base a las asociaciones químico-radiométricas definidas y a las facies progradantes y retrogradantes.....	189

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1	Coordenadas geográficas y UTM de los núcleos estudiados.....	2
Tabla 2.1	Características de los sistemas deltaicos (Tomado de GALLOWAY 1975)	7
Tabla 2.2	Tabla de correlación estratigráfica simplificada de las unidades ubicadas entre la cuenca Oriental de Venezuela y la cuenca sur y costa afuera de Trinidad (Tomado de WOOD 2000).....	22
Tabla 2.3	Tabla de descripción de los núcleos pertenecientes a la Plataforma Deltana.....	30
Tabla 2.4	Resultados obtenidos de los análisis Bioestratigráfico.....	32
Tabla 3.1	Composición elemental de los sedimentos marinos y material continental (Tomado de CHESTER 1990).....	55
Tabla 3.2	Concentraciones de algunos elementos traza en depósitos marino profundos (Tomado de CHESTER 1990).....	56
Tabla 5.1	Tabla de concentraciones químicas promedio de los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	80
Tabla 5.2	Comportamiento y valores máximos de los polígonos de frecuencia en los histogramas de frecuencia químicos correspondientes a los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	81
Tabla 5.3	Valor de las medianas y coeficiente de variación de las concentraciones obtenidas de los diagramas de caja químicos correspondientes a los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	91
Tabla 5.4	Porcentajes generales químicos de los coeficientes de correlación mayores y menores al $r_c$ , para los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	98
Tabla 5.5	Valores de coeficientes de correlación químicos de los núcleos P29 y S4.....	98
Tabla 5.6	Valores de coeficientes de correlación químicos de los núcleos C38 y Q3.....	99
Tabla 5.7	Tabla promedio de las cuentas radiactivas (cps) obtenidas por espectrometría de rayos gamma en los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	108
Tabla 5.8	Comportamiento y valores máximos de los polígonos de frecuencia en los histogramas de frecuencia radiométricos correspondientes a los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	109
Tabla 5.9	Valor de las medianas y coeficiente de variación de las cuentas (cps) obtenidas de los diagramas de caja radiométricos correspondientes a los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	115
Tabla 5.10	Porcentajes generales radiométricos de los coeficientes de correlación mayores y menores al $r_c$ , para los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	119
Tabla 5.11	Valores de coeficientes de correlación radiométricos de los núcleos P29 y S4.....	119
Tabla 5.12	Valores de coeficientes de correlación radiométricos de los núcleos C38 y Q3.....	120

Tabla 5.13	Porcentajes generales químico-radiométrico de los coeficientes de correlación mayores y menores al $r_c$ , para los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	122
Tabla 5.14	Valores de coeficientes de correlación químico-radiométricos del núcleo P29.....	122
Tabla 5.15	Valores de coeficientes de correlación químico-radiométricos del núcleo S4.....	123
Tabla 5.16	Valores de coeficientes de correlación químico-radiométricos del núcleo C38.....	123
Tabla 5.17	Valores de coeficientes de correlación químico-radiométricos del núcleo Q3.....	124
Tabla 5.18	Cuadro comparativo de los componentes químicos de las distintas unidades químicas en el núcleo P29.....	126
Tabla 5.19	Cuadro comparativo de las variables radiométricas de las distintas unidades químicas en el núcleo P29.....	126
Tabla 5.20	Cuadro comparativo de los componentes químicos de las distintas unidades químicas en el núcleo S4.....	129
Tabla 5.21	Cuadro comparativo de las variables radiométricas de las distintas unidades químicas en el núcleo S4.....	130
Tabla 5.22	Cuadro comparativo de los componentes químicos de las distintas unidades químicas en el núcleo C38.....	133
Tabla 5.23	Cuadro comparativo de las variables radiométricas de las distintas unidades químicas en el núcleo C38.....	133
Tabla 5.24	Cuadro comparativo de los componentes químicos de las distintas unidades químicas en el núcleo Q3.....	137
Tabla 5.25	Cuadro comparativo de las variables radiométricas de las distintas unidades químicas en el núcleo Q3.....	137
Tabla 5.26	Datos de estadística descriptiva para los grupos obtenidos del análisis de agrupaciones del núcleo P29.....	143
Tabla 5.27	Datos de estadística descriptiva para los grupos obtenidos del análisis de agrupaciones del núcleo S4.....	147
Tabla 5.28	Datos de estadística descriptiva para los grupos obtenidos del análisis de agrupaciones del núcleo C38.....	150
Tabla 5.29	Datos de estadística descriptiva para los grupos obtenidos del análisis de agrupaciones del núcleo Q3.....	153
Tabla 5.30	Coefficientes de las funciones discriminantes químicas del núcleo P29...	154
Tabla 5.31	Tabla de clasificación química de las muestras según las sub-unidades del núcleo P29.....	155
Tabla 5.32	Tabla de clasificación radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo P29.....	156
Tabla 5.33	Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo P29.....	157
Tabla 5.34	Tabla de clasificación química de las muestras según las sub-unidades del núcleo S4.....	159

Tabla 5.35	Tabla de clasificación radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo S4.....	160
Tabla 5.36	Tabla de clasificación químico-radiométricas de las muestras según las sub-unidades del núcleo S4.....	161
Tabla 5.37	Tabla de clasificación química de las muestras según las sub-unidades del núcleo C38.....	162
Tabla 5.38	Tabla de clasificación radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo C38.....	163
Tabla 5.39	Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo C38.....	165
Tabla 5.40	Tabla de clasificación química de las muestras según las sub-unidades del núcleo Q3.....	166
Tabla 5.41	Tabla de clasificación radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo Q3.....	167
Tabla 5.42	Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo Q3.....	168
Tabla 5.43	Porcentajes de los comportamientos modales entre cada uno de los núcleos.....	170
Tabla 5.44	Porcentajes generales de los coeficientes de correlación químico-radiométrico, mayores y menores al $r_c$ , para los núcleos P29, S4, C38 y Q3.....	172
Tabla 5.45	Nomenclatura y número de unidades y sub-unidades definitivas de los 4 núcleos.....	173
Tabla 5.46	Porcentajes de acierto de las tablas de clasificación de las funciones discriminantes de acuerdo a las variables y sub-unidades.....	174
Tabla 5.47	Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las unidades superiores de los 4 núcleos.....	174
Tabla 5.48	Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las unidades inferiores de los 4 núcleos.....	175
Tabla 5.49	Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las unidades superiores e inferiores de los 4 núcleos.....	177

## ÍNDICE DE APÉNDICES

### APÉNDICE I

Peso (gr) de las muestras por núcleo

### APÉNDICE II

- Tabla general química del núcleo P29
- Tabla general química del núcleo S4
- Tabla general química del núcleo C38
- Tabla general química del núcleo Q3
- Tabla general radiométrica del núcleo P29
- Tabla general radiométrica del núcleo S4
- Tabla general radiométrica del núcleo C38
- Tabla general radiométrica del núcleo Q3

### APÉNDICE III

Tabla de coeficientes críticos de correlación (SNEDECOR 1946, en DIXON *et al.* 1966)

### APÉNDICE IV

- Perfiles químicos originales del núcleo PD-01G P29 y S4
- Perfiles químicos suavizados del núcleo PD-01G P29 y S4
- Perfiles químicos originales del núcleo PD-01G C38 y Q3
- Perfiles químicos suavizados del núcleo PD-01G C38 y Q3
- Perfiles radiométricos originales del núcleo PD-01G P29 y S4
- Perfiles radiométricos suavizados del núcleo PD-01G P29 y S4
- Perfiles radiométricos originales del núcleo PD-01G C38 y Q3
- Perfiles radiométricos suavizados del núcleo PD-01G C38 y Q3

### APÉNDICE V

- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes radiométricas del núcleo P29.
- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes químico-radiométricas del núcleo P29.
- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes químicas del núcleo S4.
- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes radiométricas del núcleo S4.
- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes químico-radiométricas del núcleo S4.
- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes químicas del núcleo C38.

- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes radiométricas del núcleo C38.
- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes químico-radiométricas del núcleo C38.
- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes químicas del núcleo Q3.
- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes radiométricas del núcleo Q3.
- Coeficientes y ecuaciones de las funciones discriminantes químico-radiométricas del núcleo Q3.



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. OBJETIVOS

#### 1.1.1. OBJETIVO GENERAL

El presente Trabajo Especial de Grado tiene como principal objetivo la caracterización química y radiométrica, mediante fluorescencia de rayos x por dispersión de energía (FRX-DE) y espectrometría de rayos  $\gamma$  respectivamente, de cuatro núcleos tipo “piston core”, correspondientes a la Plataforma Deltana Venezolana.

#### 1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Este Trabajo Especial de Grado forma parte del Proyecto General Fachada Atlántica de INTEVEP, dentro del cual se enmarca el Sub-Proyecto n° 2001-00139, titulado “Estudio químico, radiométrico y mineralógico de núcleos y sedimentos de la Fachada Atlántica y Plataforma Deltana”, el cual tiene previsto la realización de trabajos especiales de grado con el fin de caracterizar química, radiométrica y mineralógicamente determinadas secciones de las zonas ya indicadas del territorio venezolano.
- Caracterizar química y radiométricamente los sedimentos depositados durante el Cuaternario en la Plataforma Deltana Venezolana, provenientes de cuatro núcleos tipo “piston core”, con la posibilidad de correlacionar los cambios de estas variables con diversos procesos geológicos.
- Establecer las relaciones verticales y laterales en los núcleos estudiados, para luego obtener una distribución geométrica de las variables químicas y radiométricas.
- La información como parte de los estudios de líneas base para fines de evaluación ambiental ahora que todavía no se ha iniciado la explotación de hidrocarburos.

## 1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en aguas territoriales de Venezuela, en el Océano Atlántico entre los 100 y los 200 m de profundidad, entre el límite fronterizo de Venezuela y Trinidad/Tobago, al norte; y al noreste del Delta del Orinoco, específicamente entre las coordenadas geográficas  $9^{\circ}45'$  -  $9^{\circ}60'$  de latitud norte, y  $59^{\circ}55'$  -  $60^{\circ}30'$  de longitud oeste (Figura 1.1 y Tabla 1.1).

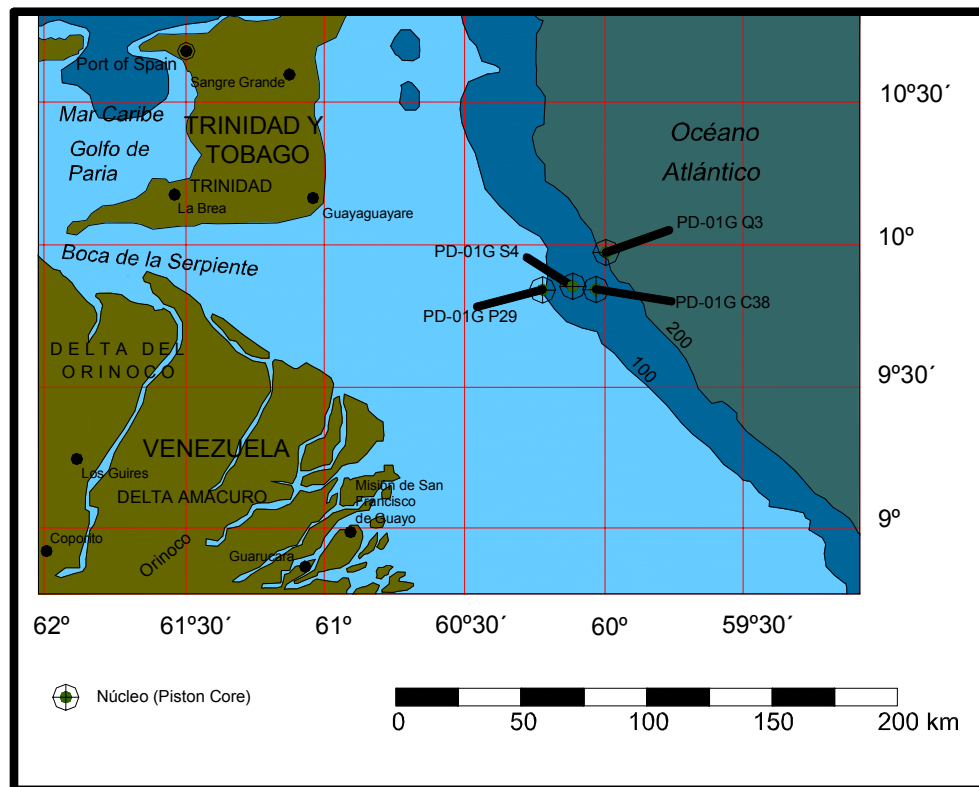


Figura 1.1. Mapa de ubicación del área de estudio y de los núcleos.

Tabla 1.1. Coordenadas geográficas y UTM de los núcleos estudiados.

Núcleo	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud		
PD-01G P29	$9^{\circ}50'19,87''$	$60^{\circ}24'27,9''$	N 1.088.596,7	E 784.335,3
PD-01G S4	$9^{\circ}51'51,05''$	$60^{\circ}16'16,08''$	N 1.091.518,9	E 799.307,9
PD-01G C38	$9^{\circ}49'3,61''$	$60^{\circ}5'46,28''$	N 1.086.532,3	E 818.555,9
PD-01G Q3	$9^{\circ}57'37,26''$	$59^{\circ}59'5''$	N 1.102.434,9	E 830.651,6

### 1.3. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela, nuestra máxima casa de estudios y a la cual le quedamos debiendo más que estas simples palabras.

A nuestra prestigiosa Escuela de Geología, Minas y Geofísica, formadora de hombres sabios e integrales para el desarrollo de nuestra sociedad.

Al CONICIT proyecto “Agenda Petróleo 97-003547” por la obtención de los equipos. Y a INTEVEP, específicamente al Dr. Julio Pérez y al Tec. Freddy Barraez por darnos su atención y colaboración en la obtención de información, recolección y corte de los núcleos.

A Franco Urbani, nuestro tutor y amigo, por haber confiado en nosotros y brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestros conocimientos.

A Herbert Fournier, por ser parte vital de este proyecto, sin sus consejos e indicaciones no lo habiéramos logrado.

A Ricardo Alezones, nuestro padrino geológico, el cual siempre confió en nuestro potencial, nunca nos negó su sapiencia y ahí estuvo en los momentos más difíciles.

Al personal técnico del Laboratorio de Difracción y Fluorescencia de rayos x, Iván Arias, Luis Camposano e Iván Baritto, y nuestra compañera de tesis Claudia Chacín, los cuales fueron apoyo determinante en la realización de este trabajo.

A todo el personal docente, administrativo y obrero del Departamento de Geología, especialmente: André Singer, Aitor Ichaso, Eduardo, Eunice, Franck Audemard, Lilián Navarro, Marino Ostos, Morella Mikatty, Olga Rey, Omar Rojas (†), Rafael Falcón y Ramón González. Y a todos aquellos que colaboraron incondicionalmente en el desarrollo de este trabajo: Blanca Ochoa, Ebelio Espínola, Erick Calderón, Jennifer Flores, María H. Acero, Mariela Noguera, Max Furrer, Saileth Córtez y Santiago Yépez.

**Joseph B. Cedillo S. agradece a:**

A Dios, por darme lo que tengo.

A mis padres, José y Mariela, y mi hermano Joseito, por enseñarme los valores de la familia y estar a mi lado en todo momento.

A mi familia, por estar pendiente de mí, especialmente mi tía Neri.

A mis amigos de siempre Gabriel Antúnez y Esteban Correa, por su amistad, consejos y apoyo incondicional en todas mis metas.

A Blanca Ochoa, mi amor, quien me dio su amistad, amor y apoyo, y estuvo a mi lado hasta en los momentos más críticos, alentándome a continuar. Te Amo.

A mi compañero de tesis William Olaya, en el cual encontré un nuevo amigo que me enseñó el valor del trabajo en equipo y quien sin su ayuda no habríamos podido realizar tan buen trabajo; además agradezco a sus Padres, el Sr. William y la Sra. Nelly, por abrirme las puertas de su casa y recibirme muy bien.

A mis ex alumnos de Introducción a la Geología de Campo, compañeros, amigos y profesores: Adriana, Aitor, Aried, Arturo, Bárbara, Claudia, Corina, Delmiro, Diana, Diego, Ebelio, Erickson, Fernando, Francisco, Freddy, Gilberto, Herbert, Hildemaro, Iván, Jennifer, Jesús, Johana, Jorham, José, Katty, Lenín, Lilián, Luis, Maria Alejandra, María Gabriela, María Herminia, Nancy, Pedro, Ramón, Reinaldo, Ricardo, Richard, Roger, Saileth, Santiago, Verioska y Yulner, quienes me ayudaron, enseñaron y permitieron que mi paso por la Universidad fuera lo más provechosa posible.

**William J. Olaya R. agradece a:**

A Dios, Padre Todopoderoso.

A mis padres, William y Nelly, Reinaldo, Ivet, Arivett y Yanelis, los cuales me inculcaron el valor que tiene la familia en los momentos difíciles.

A toda mi familia, los cuales siempre me motivaron a dar lo mejor de mí, especialmente mis tíos Alfredo, Eliézer, Gloria, Ligia, Nancy y Rosa, mis abuelos y primos.

A mi compañero de tesis Joseph Cedillo el cual se aguantó todas mis inquietudes, “compartimos una gran experiencia; reímos, discutimos y por sobre todo conocimos lo mejor de la amistad, recuerda siempre esto: CERO PRESIÓN”, y su Sra. Madre, Mariela Sánchez, el cual me acogió en su hogar y nunca fui mal recibido, gracias por todo y especialmente por los cafecitos.

A todos aquellos que hicieron la Universidad mi segundo hogar y me hicieron sentir en familia, mis otros primos: Darwin Torrelles, Dennis Velíz, Edwin Rodríguez, Etienne Padilla, Marcos Lazo, Radamés y Ronald Belisario; mis compadres: Alejandro y Gonzalo Alarcón, Américo Da Silva, Ángelo Parisi y Juan Fernández; mis amigos: Adriana, Aitor, Aried, Bárbara, Blanca, Claudia, Corina, Delmiro, Diana, Ebelio, Erickson, Francisco, Freddy, Gilberto, Herbert, Iván, Jennifer, Jesús, Jorham, José, Katty, Lenín, Lilián, Luis, Mariale, María Gabriela, Nancy, Ramón, Reinaldo, Ricardo, Richard, Roger, Saileth, Santiago, Verioska y Yulner; mis compañeros del ETA Panathinaikos Ingeniería FC, mis panas de Petróleo y por supuesto de Geología, mis alumnos, con los cuales compartí y espero haberles motivado en Introducción a la Geología de Campo y todos aquellos que de una manera u otra me han apoyado.

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

### 2.1. GEOLOGÍA REGIONAL

#### 2.1.1. GENERALIDADES

Un delta es una masa continua de sedimentos, parcialmente subaérea, depositada alrededor de un punto donde un río o corriente fluvial entra permanentemente a una masa de agua marina. En etapas tempranas, un delta podría consistir de un lóbulo activo sencillo de deposición, pero como los deltas pueden progradar, agrandar o retrogradar dentro de la cuenca, pueden producir una secuencia estratigráfica más compleja o un sistema deltaico que varía según las condiciones del medio (FISHER *et al.* 1969).

Según ALLEN (1992), los procesos de progradación, agradación y retrogradación están relacionados a la variación del aporte de sedimentos con respecto a la variación del espacio de acomodo (espacio disponible para la acumulación de sedimentos) para un intervalo de tiempo. Dicho espacio está asociado a las variaciones del nivel del mar (eustacia) y al tectonismo (subsistencia o levantamiento). Es decir, cuando el aporte de sedimentos es mayor al espacio de acomodo, se habla de progradación; en cambio, la agradación ocurre cuando el aporte de sedimentos es igual a la variación del espacio de acomodo; y por su parte, la retrogradación se produce cuando el aporte de sedimentos es menor a la variación de dicho espacio para un intervalo de tiempo. Cabe destacar que no se debe confundir este espacio de acomodo con batimetría, ya que la variación del espacio de acomodo puede ocurrir independientemente de la batimetría, donde ésta última está definida por la diferencia entre el espacio disponible o de acomodo y la sedimentación.

#### *Modelaje de deltas*

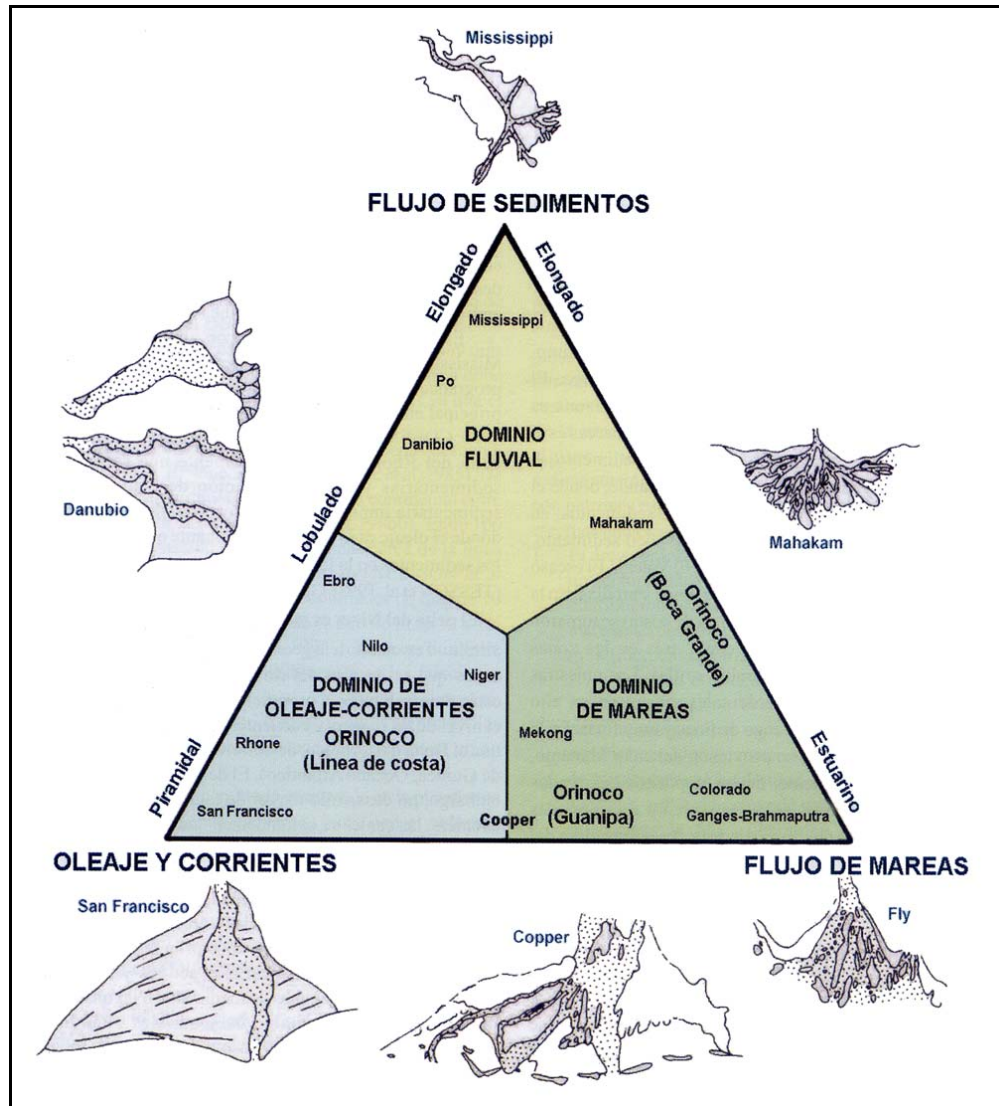
El análisis de los deltas modernos muestra la interacción de los procesos fluviales y marinos, produciendo una gran variedad de tipo de deltas, los cuales han sido clasificados por FISHER *et al.* (1969) como destructores y constructores. La morfología y las características de los destructores o deltas de dominio marino, está dado por las características de la energía del

oleaje y de la marea, los cuales dominan el transporte y retrabajo de los sedimentos (GALLOWAY 1975); al igual que la morfología y las características de los constructores o deltas de dominio fluvial que están definidos por la condiciones de la energía del medio. En la Tabla 2.1 se establece una breve comparación de las características de los sistemas deltaicos en cada uno de sus dominios.

**Tabla 2.1.** Características de los sistemas deltaicos (Tomado de GALLOWAY 1975)

<b>Características</b>	<b>Dominio Fluvial</b>	<b>Dominio de Oleaje</b>	<b>Dominio de Marea</b>
Geometría	Elongado a lobulado	Arqueado	Estuarino a irregular
Tipo de Canal	Distributarios rectos a sinuosos	Distributarios meandriformes	Distributarios rectos ramificados a sinuosos
Composición del cuerpo	Lodoso a mixto	Arenoso	Variable
Estructura de las facies	Barras en las bocas de los distributarios y canales rellenos de arena. Margen del delta arenoso	Islas de barrera y crestas de playa arenosas	Estuario relleno y cresta de marea arenoso
Orientación de las estructuras	Depósitos paralelos inclinados	Depósitos paralelos orientados	Depósitos paralelos inclinados

El patrón de ambientes sedimentarios, desarrollo y geometría de facies y la morfología del Delta del Orinoco, evidencia características determinativas que lo diferencian de otros deltas en el mundo. La descarga de sedimentos (tasa de sedimentación), mareas, corrientes y oleaje, son parámetros que caracterizan o definen los cambios fundamentales en el desarrollo y geometría de las facies de los deltas (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Clasificación de los sistemas deltaicos en base a los parámetros de flujo de sedimentos, oleaje-corrientes y flujo de mareas (Tomado de MÉNDEZ 2000).

COLEMAN & WRIGHT (1975) realizaron un dendograma basado en 22 variables morfológicas de 30 deltas, utilizando la técnica de WISHART (1969). Ellos definieron 6 grupos de deltas que presentaron similares características morfológicas, como se describe en la Figura 2.2. Cabe destacar que dicho dendograma fue calibrado con funciones discriminantes; con lo cual se corrobora aún más la disposición de determinados deltas en los distintos dominios: fluvial, oleaje-corrientes y mareas (Figura 2.1).



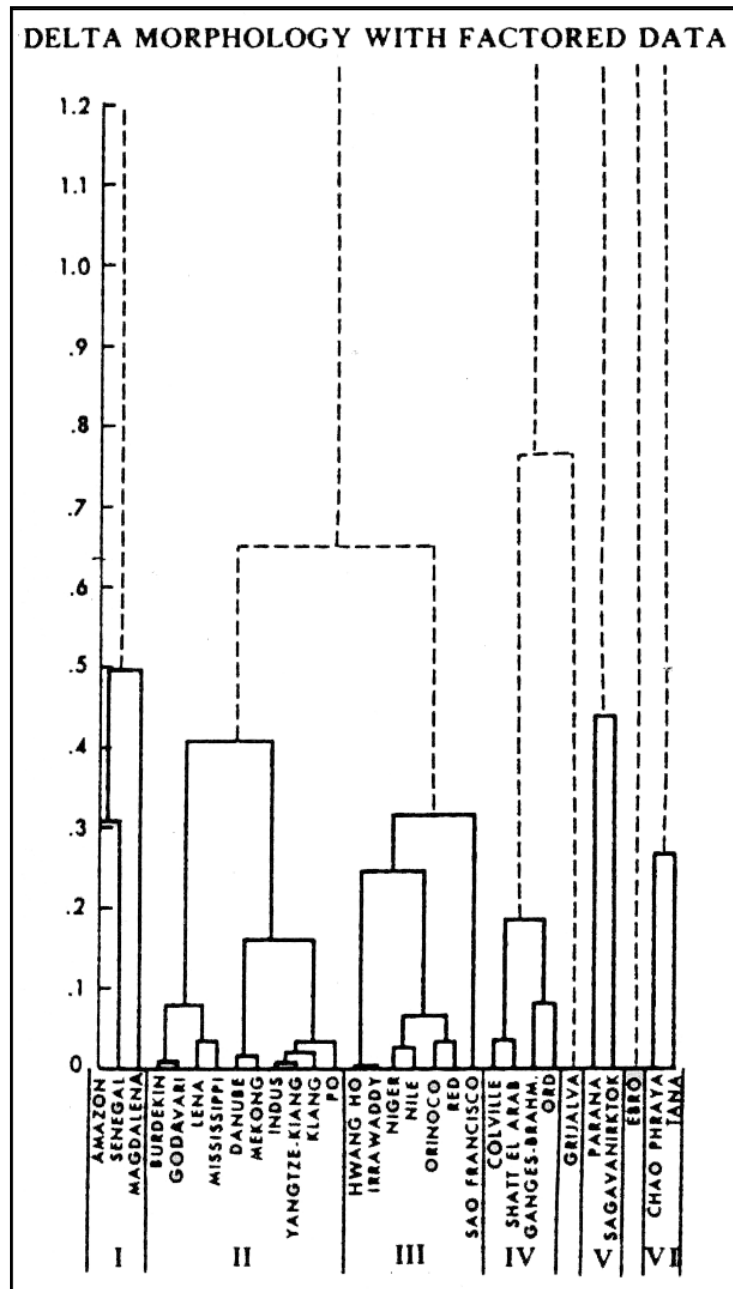


Figura 2.2. Dendrograma de 30 deltas, basado en 22 variables morfológicas (Tomado de COLEMAN & WRIGHT 1975).

La variabilidad de facies deltaicas resulta de la interacción de procesos dinámicos (oleaje, marea, clima, etc.), y de todos aquellos procesos geológicos que ejercen un control en la distribución, orientación y geometría de los deltas. La acción de estos procesos se realiza en conjunto, es decir, son procesos dependientes el uno del otro. Los procesos dinámicos y geológicos mas importantes que se presentan a continuación son descritos según COLEMAN & WRIGHT (1975):

a) Clima

El clima, más que algún otro factor, determina la variación de la intensidad de algunos procesos físicos y químicos que actúan a lo largo de una cuenca hidrográfica, el cual difiere de una cuenca a otra. Además, controla el tipo de vegetación y suelo, la variación relativa de la intensidad de meteorización química y mecánica, la erosión pluvial, la acción del viento y la temperatura. Estos varían notablemente entre cuencas tropicales y árticas, donde las primeras se caracterizan en su mayoría por presentar un alto índice de precipitaciones anuales en comparación al de evaporación, por lo que las condiciones de meteorización, erosión y sedimentación tienden a ser mayores que en las cuencas árticas.

b) Relieve de la cuenca drenada

Refleja y controla factores como la cubierta vegetativa, la densidad del drenaje y el régimen hidráulico; es decir, los altos relieves definen patrones de drenajes con altas descargas de agua y sedimentos en comparación a los bajos relieves.

c) Condiciones de descarga de agua

Depende de los factores climáticos activos en la cuenca.

d) Aporte de sedimentos

Están influenciados por el área de la cuenca, la tasa de sedimentación, la intensidad del medio, fuente de aporte y la tasa de subsidencia de la cuenca.

e) Procesos en las desembocadura de los ríos

Estos procesos varían según diversos factores que actúan en el medio, como lo son las mareas, el oleaje, las corrientes marino costeras y fluviales; las cuales definen la morfología de los deltas, el patrón de drenaje de los ríos y la distribución de las facies.

f) Viento

Es el responsable del transporte eólico de sedimentos por encima del plano del delta, la generación de olas de viento, corrientes costeras y el comportamiento superficial de las aguas a lo largo de la costa.

g) Corrientes

Las corrientes litorales actúan primeramente como un sistema de dispersión de sedimentos a lo largo de la costa, transportando sedimentos que fueron introducidos por un sistema fluvial. Esas corrientes están dominadas por diferentes factores: corrientes oceánicas profundas que afectan los márgenes continentales, la propagación de la marea, los vientos y el oleaje y la densidad.

h) Pendiente de las plataformas

Las fachadas de plataformas continentales muestran deltas con pendientes más bajas que aquellas fachadas de otros ambientes costeros. Las pendientes de los deltas modernos varían de  $0,003^\circ$  a  $0,480^\circ$ . Las pendientes de las plataformas continentales influyen atenuando la fricción del oleaje en ascenso, por lo tanto puede ser utilizadas como un control que determina el poder del oleaje que alcanza la costa. Para algunas pendientes de plataformas continentales regionales, las características de sus costas dependerá de la habilidad de sus ríos para descargar y depositar sedimentos tan rápido antes que el oleaje los retrabaje o los remueva.

i) Tectónica de la cuenca

Está influenciada por la tectónica regional, la cual puede influir en la deformación de la cuenca por la generación de fallas sinsedimentarias, diapirismo, etc., los cuales pueden ayudar al reacomodo de los sedimentos en la cuenca o en la colmatación de la misma. Durante la sedimentación de una cuenca puede ocurrir un fenómeno de profundización denominado subsidencia, el cual puede ser causado por procesos tectónicos o por simple carga sedimentaria.

j) Geometría de la cuenca

La geometría de la cuenca influye en la morfología de las facies deltaicas presentes.

### 2.1.2. GEOGRAFÍA FÍSICA

La cuenca del río Orinoco drena el 75% del territorio nacional de Venezuela y la mayor parte de los llanos orientales de Colombia, abarca una superficie aproximada de  $1,1 \times 10^6 \text{ km}^2$  del norte de Sudamérica, de los cuales  $640.000 \text{ km}^2$  corresponden a Venezuela. El río Orinoco posee una longitud de 2.200 km desde sus cabeceras en el cerro Delgado Chalbaud, entre las sierras Parima y Unturán, hasta la desembocadura en forma de delta en el Océano Atlántico (MÉNDEZ 2000, WARNE *et al.* 2000).

El drenaje de la cuenca del río Orinoco proviene de un 35% del Escudo de Guayana, 15% de la cordillera de los Andes y la Costa, y un 50% de los llanos (WARNE *et al.* 2000). El río Orinoco y sus afluentes (el Guaviare, Meta, Arauca, Apure, etc.) drenan desde el occidente, partiendo de la Cordillera Oriental de Colombia y Los Andes de Venezuela. Luego, al pasar el Orinoco por la Serranía del Interior de la Cordillera de La Costa, su afluente más importante es el río Guárico; así como también los son el Ventuari, Caura y Caroní, los cuales provienen del sur y sureste del Escudo de Guayana (MÉNDEZ 2000) (Figura 2.3).

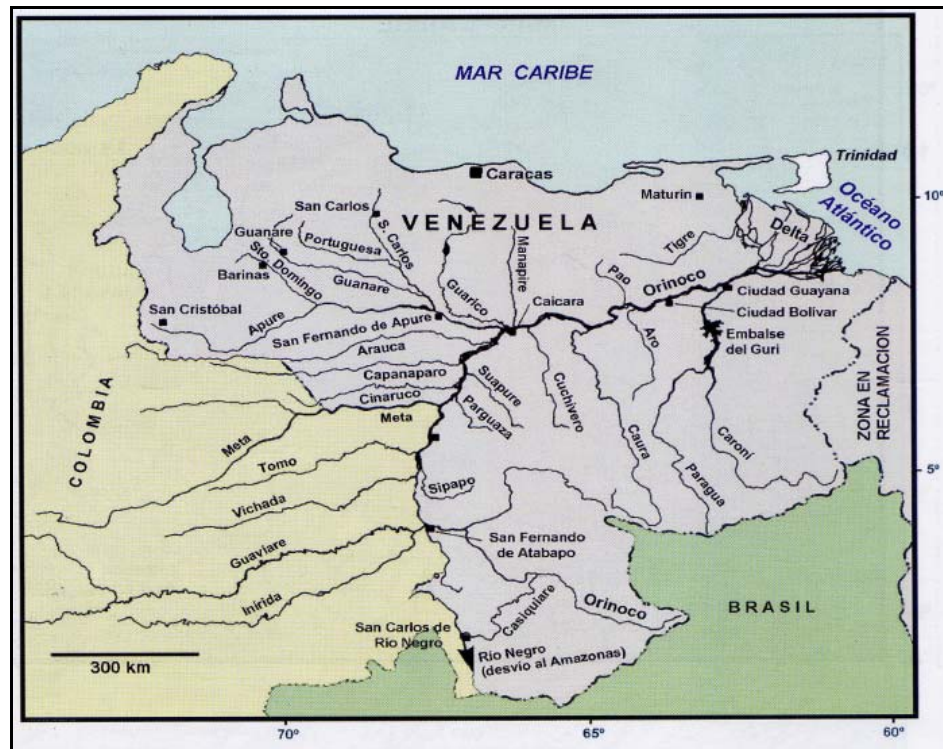


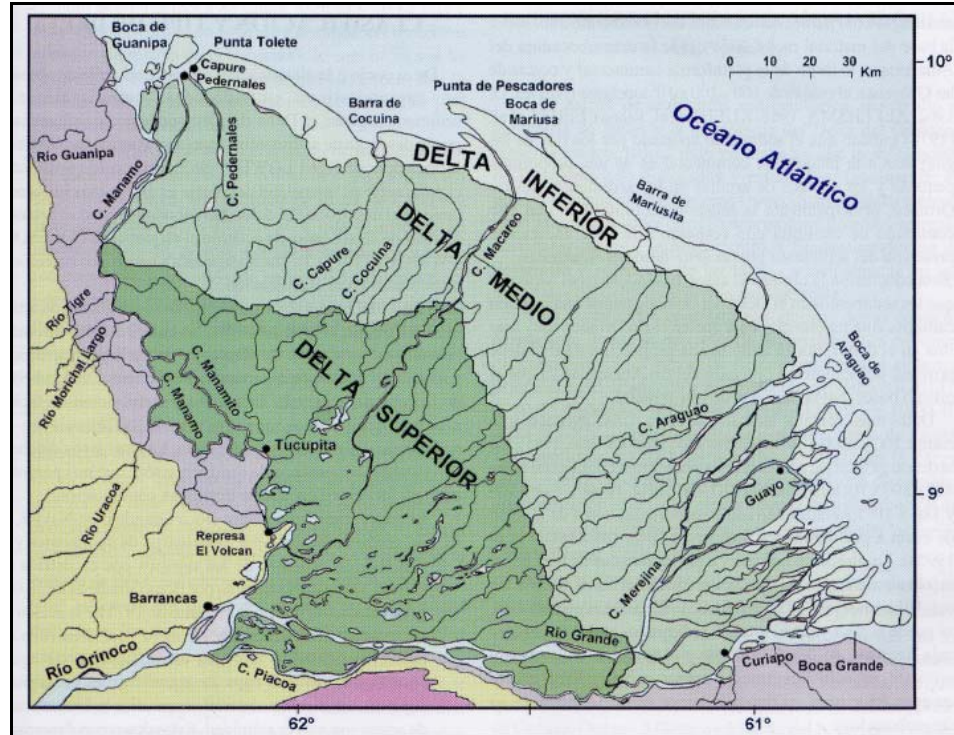
Figura 2.3. Mapa de ubicación de los principales afluentes del río Orinoco (Tomado de MÉNDEZ 2000).

Aproximadamente 2/5 partes de la cuenca del Orinoco está ocupada por planos aluviales de los llanos orientales colombianos y occidentales de Venezuela, con elevaciones que no exceden de los 200 m por encima del nivel del mar. Esta región, se caracteriza por corrientes generalmente bajas, y cuyo patrón de drenaje tiene un muy pobre desarrollo, por lo que la mayoría de la sedimentación gruesa termina depositada en estas zonas llanas antes de llegar al Orinoco (VAN ANDEL 1967, MÉNDEZ 2000).

La cuenca del río Orinoco desemboca en el Océano Atlántico en forma de delta, abarcando aproximadamente 30.000 km<sup>2</sup>, como producto de la actividad del río Orinoco y todos sus afluentes que aportan grandes cantidades de sedimentos a la costa atlántica venezolana, lo que indica que dicha área del delta sigue en un proceso de formación generando el crecimiento del mismo.

El Delta del Orinoco es un depocentro que presenta una forma triangular a trapezoidal, con 5 a 6 distributarios principales, los cuales se encuentran radiando al delta desde su vértice hasta la costa atlántica venezolana (WARNE *et al.* 2000). El vértice del delta está situado entre los sectores de Barrancas y Piacoa en el estado Delta Amacuro; la costa atlántica forma su base, la cual posee 275 km de largo entre Pedernales al norte y Punta Barima al sur. Su área no se limita solamente por el Orinoco, ya que el delta se extiende por la plataforma marina hacia el Golfo de Paria al norte y por el Amacuro al sur (MÉNDEZ 2000).

La morfología del Delta del Orinoco, la cual es definida por diversos factores, ha generado la formación de numerosas islas (la Tortola, Mata-Mata, etc.) que se separan por brazos y caños. Los caños mas grandes e importantes poseen mas de 30 km de largo y 20 metros de profundidad, entre los que se mencionan el Macareo, Sacupana, Araguao, Tucupita, Pedernales, Cocuima y el brazo del río Grande (Figura 2.4). La dirección, sitio y amplitud de estos caños pueden variar, debido a las variaciones del nivel de las aguas del Orinoco (MÉNDEZ 2000)



**Figura 2.4.** Mapa de ubicación de los principales caños del Delta del Orinoco y sus divisiones (Tomado de MÉNDEZ 2000).

El relieve del Delta del Orinoco se caracteriza por presentar una altitud sobre el nivel del mar que oscila entre 5,5 y 0 m, a partir de las desembocaduras hasta Tucupita, donde alcanza la máxima altitud.

El Delta del Orinoco moderno es un complejo sistema deltaico híbrido o compuesto, ya que su morfología está definida claramente por zonas dominadas por oleaje, marea y ambiente fluvial (WOOD 2000).

La plataforma costa afuera del Delta del Orinoco es amplia, con una pendiente suave de 0,1 a 0,2 % hasta el borde del talud, ubicado a unos 150 km de la línea de costa y con una profundidad de 100-120 m. El Golfo de Paria se caracteriza por un fondo suave con una profundidad máxima de 30 m. Sobre la parte media y externa de la plataforma se observan varias terrazas, prominencias y cambios en la pendiente, ubicadas entre los 22 y 110 m de profundidad, y pueden interpretarse como remanentes de líneas de costa relacionadas con el

ascenso del nivel del mar durante la transgresión holocena. El talud tiene una pendiente de 2,5 a 3 % (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

#### **2.1.2.1. Clima**

El Delta del Orinoco se caracteriza por una temperatura media de 26,7 °C, donde la máxima se ubica en 28 °C y la mínima en 25 °C. Los meses más fríos corresponden a enero y febrero, en cambio, los más calurosos se ubican en septiembre y octubre (MÉNDEZ 2000, WARNE *et al.* 2000).

La humedad relativa presenta una media de 84%, máxima 95% y una mínima de 46%; con una tasa de precipitación anual de 200 mm en el sector de Tucupita y en las zonas del delta superior, con ligeros aumentos hacia el este del caño Macareo y en las áreas cercanas al río Grande, alcanzando hasta 260 mm/año en el delta inferior y la línea de costa; por lo que la tasa de precipitación aumenta hacia el este y sureste del delta (MÉNDEZ 2000). Según WARNE *et al.* (2000), la tasa de precipitación en el Delta del Orinoco varía de 120 a 360 mm/año.

La época de lluvia comienza entre los meses de mayo y junio y se extiende hasta noviembre o diciembre. La época de sequía se extiende de enero hasta marzo o abril y las aguas llegan a su punto más bajo en marzo (BARNOLA 1959, MÉNDEZ 2000).

Los vientos soplan del sureste durante la estación lluviosa y del noreste durante la estación seca (BARNOLA 1959).

Según MÉNDEZ (2000), el clima del Delta del Orinoco se puede clasificar como de Selva Tropical Húmedo, donde la zona oriental está dominada por un Clima Tropical Lluvioso de Selva Tropical muy Húmedo. Además el autor lo clasifica como un Clima Tropical Lluvioso de Sabanas y Bosques Tropófilos tipo Aw'i, según la clasificación de Köppen (1940) en STRAHLER & STRAHLER (1997).

### 2.1.2.2. Vegetación

Según MÉNDEZ (2000), una de las clasificaciones generales de la vegetación en el Delta del Orinoco, permite diferenciar seis grandes zonas: zonas de bosques, sabanas, pantanos, predominio de palmas y moriches, rabanales y zonas de manglares, los cuales promueven una gran variedad de flora incluyendo árboles frutales, orquídeas, bromelias, helechos, entre otros. Los pantanos y las ciénagas están colmados de plantas acuáticas y los estuarios que van hacia el océano están cubiertos de manglares. A través de todo el delta, los caños presentan diferentes formas, donde los anchos canales se convierten en pequeños riachuelos, lagunas y piscinas aisladas. Muchos están cubiertos de enormes prados flotantes de bora (lirio acuático) y gramas, que son arrastrados lentamente con la corriente.

### 2.1.2.3. Tasa de sedimentación

En la costa afuera atlántica venezolana, la corriente norte ecuatorial (corriente de Guayana) fluye con velocidades que varían entre 0,25 y 0,75 m/seg, dirigida hacia el noroeste. Estos efectos inducidos por los cambios del viento, generan una sedimentación de  $1 \text{ a } 2 \times 10^8$  tons provenientes del río Amazonas, los cuales son distribuidos anualmente a lo largo de la costa atlántica (MÉNDEZ 2000, WARNE *et al.* 2000). El suministro de sedimentos por parte del río Amazonas y del Orinoco, han ayudado para el crecimiento del plano deltaico y el relleno del Golfo de Paria (EISMA *et al.* 1978). Este último autor también indica que la tasa de sedimentación del delta del Orinoco no es está muy bien establecida, aunque si se considera un caudal de agua promedio de  $40.000 \text{ m}^3/\text{seg}$  para el lapso de julio a septiembre (estación de lluvia), la tasa de sedimentación se ubicaría en  $1,5 \times 10^8$  toneladas/año. MÉNDEZ (2000) y WARNE *et al.* (2000) indican que en base a ese total de sedimentos depositados por el delta, un 85-90 % provienen de los tres grandes tributarios del Orinoco que drenan desde los Andes: el río Meta ( $80 \times 10^6$  tons/año, 50%), el río Guaviare ( $25\text{-}30 \times 10^6$  tons/año, 20%) y el río Apure ( $20\text{-}25 \times 10^6$  tons/año, 20%); mientras que el 10% restante del total de sedimentos depositados por el delta provienen del Escudo de Guayana, por medio de la intervención del río Caura y Caroní.



Cerca del 85 % de agua dulce y sedimentos son descargados por el Delta del Orinoco a través del río Grande a lo largo del margen sur del delta, por lo que el margen noroeste del delta está dominado por condiciones marinas (WARNE *et al.* 2000).

El río Amazonas tiene un promedio de descarga de agua anual de 175.000 m<sup>3</sup>/seg, el cual es 4,6 veces más que el río del Congo y 11 veces más que el río Mississippi (OLTMAN 1965). Por su parte, el caudal medio del Orinoco registrado en Ciudad Guayana y en Punta Cabrián a la entrada del delta es de 36.500 a 40.000 m<sup>3</sup>/seg (MÉNDEZ 2000).

Por otra parte, la cuenca Columbus, es una cuenca que se ubica en costa afuera, al sureste de Trinidad, entre la cordillera Darien al norte y la Plataforma Deltana venezolana al sur, la cual, según WOOD (2000), muestra un suministro de sedimentos durante el Plio-Pleistoceno muy alto, provenientes del Delta del Orinoco, el cual ha sido la fuente de sedimentos principal que ha rellenado sus depocentros desde el Mioceno Medio. La tasa de sedimentación de esta cuenca durante ese período sobrepasa al de otros sistemas deltaicos terciarios, tales como el delta del río Mississippi, Níger o Nilo. Dicha tasa de sedimentación se ubica entre 15-20 pies (5-6 m) por 1000 años a lo largo de la cuenca, pero en algunos depocentros se han determinado tasas de acumulación de hasta 26 pies (8 m) por 1000 años. Evidencia de esta rápida tasa de sedimentación se observa en la morfología y el tamaño de las estructuras sedimentarias presentes en la cuenca, tales como rizaduras, mega estratificación cruzada, marcas de corrientes, ichnofósiles (*Skolitos*), y algunas bioturbaciones que alcanzan hasta los 5 pies (15 m) de longitud. Todas estas evidencias indican una sedimentación en plataforma marina somera (WOOD 2000).

### **2.1.3. DISTRIBUCIÓN DE FACIES SEDIMENTARIAS HOLOCENAS**

Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), la plataforma interna constituye la parte submarina del Delta del Orinoco, y se caracteriza por una sedimentación de material fino en un ambiente parcialmente reductor. Por su parte, los mismos autores indican que la facies de plataforma deltaica está dominada por arenas finas intercaladas con arcillas limosas oscuras

ricas en materia orgánica y sulfuro de hierro hasta profundidades de 5 a 10 m. La facies prodeltaica interna se caracteriza por una sedimentación de arcillas limosas negras piríticas y restos de plantas entre los 35-40 m de profundidad en la Plataforma Atlántica, a diferencia de la facies prodeltaica externa que presenta arcillas limosas ligeramente calcáreas hasta profundidades de 37-67,7 m (Figura 2.5).

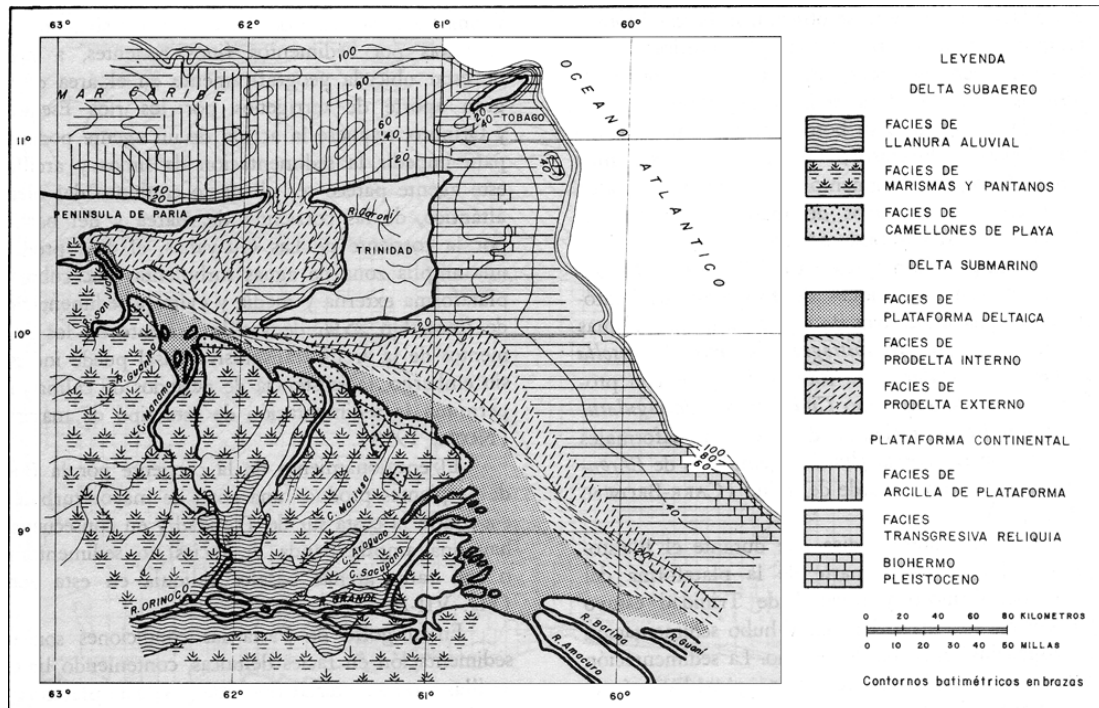
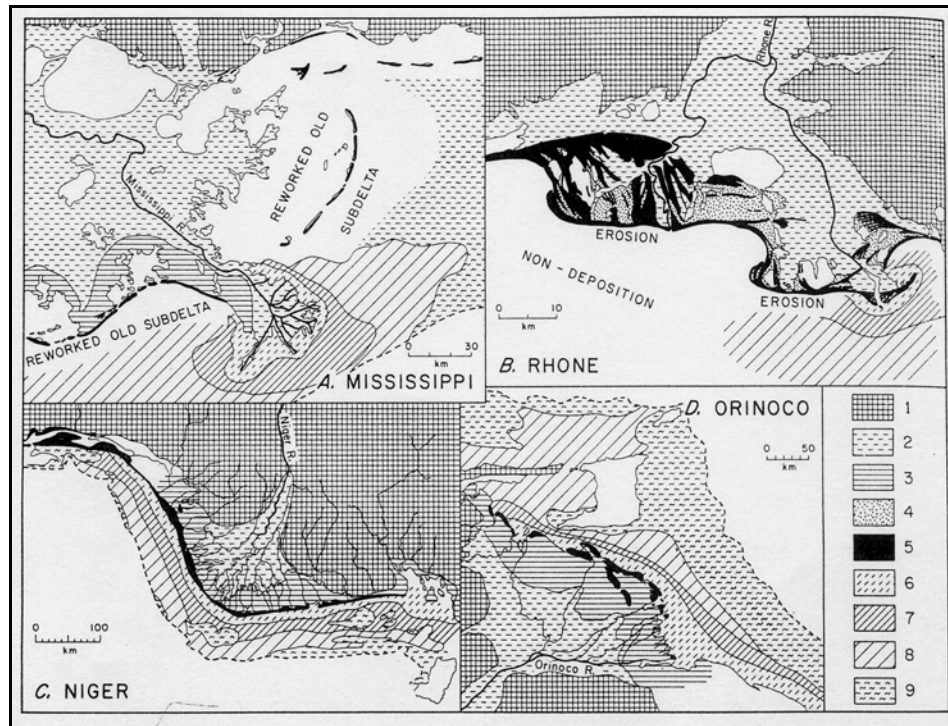


Figura 2.5. Mapa de distribución de facies sedimentarias holocenas del Delta del Orinoco, Golfo de Paria y plataforma continental adyacente (Tomado de GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

VAN ANDEL (1967) comparó y explicó la distribución de las facies sedimentarias holocenas en 4 sistemas deltaicos: Mississippi, Rhone, Níger y Orinoco (Figura 2.6).



**Figura 2.6.** Mapas de distribución de las facies sedimentarias holocenas de los deltas Mississippi, Rhone, Níger y Orinoco. 1, tierras altas pre Reciente; 2, planos aluviales, diques, canales, marismas; 3, planos pantanosos y de marea; 4, planos arenosos; 5, playas, islas de barrera; 6, plataforma deltaica; 7, pro – delta; 8, plataforma externa o prodelta externo; 9, depósitos basales transgresivos reliquia (no depositacionales) (Tomado de VAN ANDEL 1967).

## 2.1.4. GEOLOGÍA HISTÓRICA DESDE EL NEÓGENO AL HOLOCENO

### 2.1.4.1. Mio – Plioceno

A finales del Mioceno se inicia la depositación de la Formación La Pica en un ambiente marino litoral, con el inicio de la regresión marina epi-continental, cubriendo una zona deltaica antigua que posiblemente pertenecía al proto Orinoco; mientras que en Trinidad se depositaba la Formación Lengua de ambiente litoral poco profundo (PALACIOS 2001).

Durante el Mioceno Tardío - Plioceno continúa la sedimentación de las formaciones La Pica, Quiriquire y Las Piedras en Venezuela, y Cruse, Forest, Palmiste y Morne L' Enfer en Trinidad. Las formaciones en Venezuela y Trinidad se caracterizan por ser una transición de

ambientes litorales pocos profundos a continentales de aguas dulces - deltaicos y litorales totalmente lagunar respectivamente (WOOD 2000, PALACIOS 2001) (Tabla 2.2).

La Cuenca Oriental de Venezuela durante este período, recibió sedimentos arcillosos y limolíticos de facies fluviales de baja energía que corresponden a la Formación Las Piedras. Esta unidad es transicional con sedimentos de las formaciones La Pica y Freitas hacia el centro de la cuenca; hacia el borde norte recubre discordantemente a sedimentos del Mioceno Inferior o más antiguo. Lateralmente hacia la región de Quiriquire se desarrolló una facies de abanicos piemontinos con conglomerados que caracterizan a la Formación Quiriquire (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

#### **2.1.4.2. Pleistoceno**

Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), durante el Pleistoceno se desarrolló una sedimentación fluvio-deltaica en la parte oriental de la región de los llanos piemontinos (zonas de planicie y aluvionales); encajonada entre el Escudo de Guayana por el sur y la Serranía del Interior por el norte. Los sedimentos de este desarrollo se conocen con el nombre de Formación Mesa, y su característica fisiográfica resaltante es la topografía de extensas mesas en Anzoátegui y Monagas. Dicha unidad se debe al avance de un complejo delta que recibía aportes laterales de abanicos aluviales con clastos gruesos del norte y arenas desde el sur, con zonas pantanosas hacia el centro. A grandes rasgos, la Formación Mesa se debe a la intercalación coalescente de abanicos aluviales, sedimentos fluviales, deltaicos y pantanosos (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980) (Tabla 2.2).

A finales del Pleistoceno, la mayor parte de la plataforma del Delta del Orinoco y oriental de Trinidad estuvo por encima del nivel del mar y hubo sedimentación fluvio-marina en su borde externo (CARR – BROWN 1972).

En Trinidad, el Pleistoceno quedó representado por la sedimentación de la Formación Cedros, compuesta por depósitos de playas antiguas y niveles aterrizados en los cauces

fluviales principales y formaciones aluvionales de arcillas y gravas, arena fina cuarcífera y depósitos litorales calcáreos (BUTENKO 1978) (Tabla 2.2).

En los períodos interglaciares durante este período, predominaron condiciones tropicales semejantes a las del Holoceno, que contribuyeron a la formación de lateritas y al desarrollo y preservación de suelos por la densa vegetación. El delta del Orinoco actual es resultado de procesos sedimentarios alternantes entre condiciones interglaciares y glaciares (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

### **2.1.4.3. Holoceno**

La sedimentación holocena en la plataforma externa y media está representada solamente por un revestimiento con un espesor entre 5 cm y 180 cm de depósitos arenosos calcareníticos, compuesto principalmente por arenas pleistocenas redepositadas, sedimentadas entre 11.500 y 6.000 años (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980) y las cuales son redefinidas como nuevas formaciones por otros autores.

El final del Pleistoceno marca el comienzo de la transgresión holocena, con un nivel de mar ubicado alrededor de los 110 m más bajo del nivel actual, e interrumpida por tres cortas regresiones (Glaciación Wisconsiniana); las cuales se evidencian en la plataforma continental Orinoco-Guayana por superficies de erosión o no depositación, ocasionadas por la influencia fluvial; debido a que el proto Orinoco durante el Pleistoceno descargaba los sedimentos directamente en los ambientes marinos profundos del Océano Atlántico, desarrollando facies turbidíticas (MÉNDEZ 2000, PALACIOS 2001).

A partir de la transgresión holocena, cuando el ascenso del nivel del mar se hizo más lento hace 7500-7000 años, se establecieron las condiciones de equilibrio entre la descarga de sedimentos y el espacio de acomodo (eustacia y subsidencia o tectónica) en el Delta del Orinoco (MÉNDEZ 2000).

La sedimentación de la plataforma externa es de facies transgresivas no cubiertas por sedimentos finos recientes, a pesar de estar ubicada en un área de gran aporte de terrígenos por los ríos Esequibo y Orinoco, ya que existe la acción de las corrientes provenientes de la Guayana, la cual produce una amplia zona de aguas turbulentas y evita la sedimentación de finos. Un 25% de arcilla presente en los sedimentos de la arena basal puede indicar, sin embargo, la existencia de períodos de calma que permiten la sedimentación de este tipo de sedimentos (NOTA 1958).

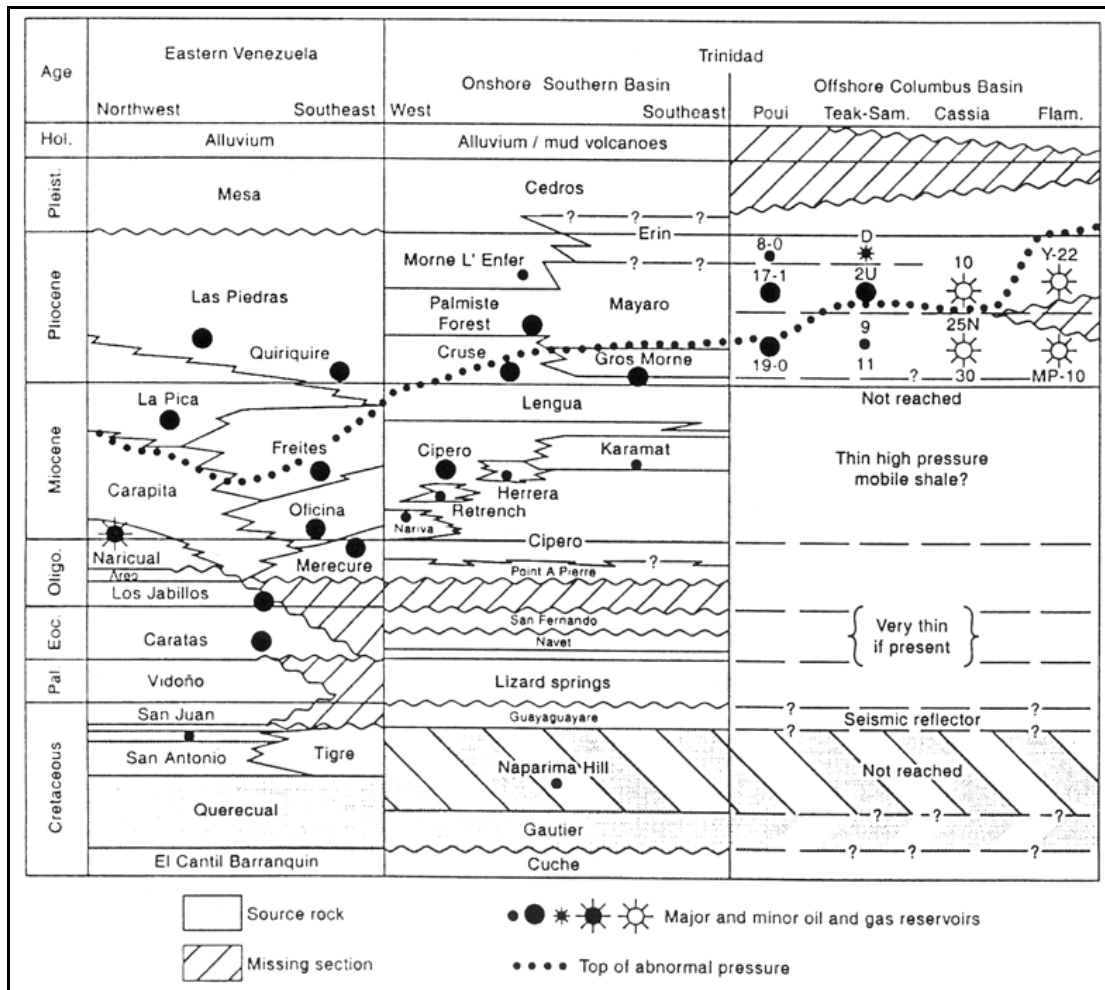


Tabla 2.2. Tabla de correlación estratigráfica simplificada de las unidades ubicadas entre la cuenca Oriental de Venezuela y la cuenca sur y costa afuera de Trinidad (Tomado de WOOD 2000).

### 2.1.5. MARCO ESTRUCTURAL

La región norte de Venezuela se ubica en la zona que muchos autores han indicado como la frontera entre las Placas Caribe y Sudamericana, la cual no está simplemente definida por sistemas de fallas, sino que está comprendida por una amplia zona de deformación que abarca aproximadamente 100 km de ancho (PALACIOS 2001).

La Placa Caribe ha migrado hacia el este a lo largo del margen norte de la Placa Sudamericana desde el Eoceno. El resultado de la compleja historia tectónica se puede observar a lo largo del margen continental desde el oeste de Venezuela hasta el frente de deformación del prisma de acreción de Barbados, localizado al noreste de Trinidad (Figura 2.7). Durante el Cenozoico se han desarrollado una serie de cuencas tipo “foreland” con tendencia E-NE, a lo largo del margen norte de Sudamérica. La cuenca más oriental formada por la interacción de estas placas es la Cuenca Columbus. Las estructuras transpresionales, extensionales y compresionales están relacionadas a la interacción de las placas existentes en el área de Trinidad (BURKE *et al.* 1984).

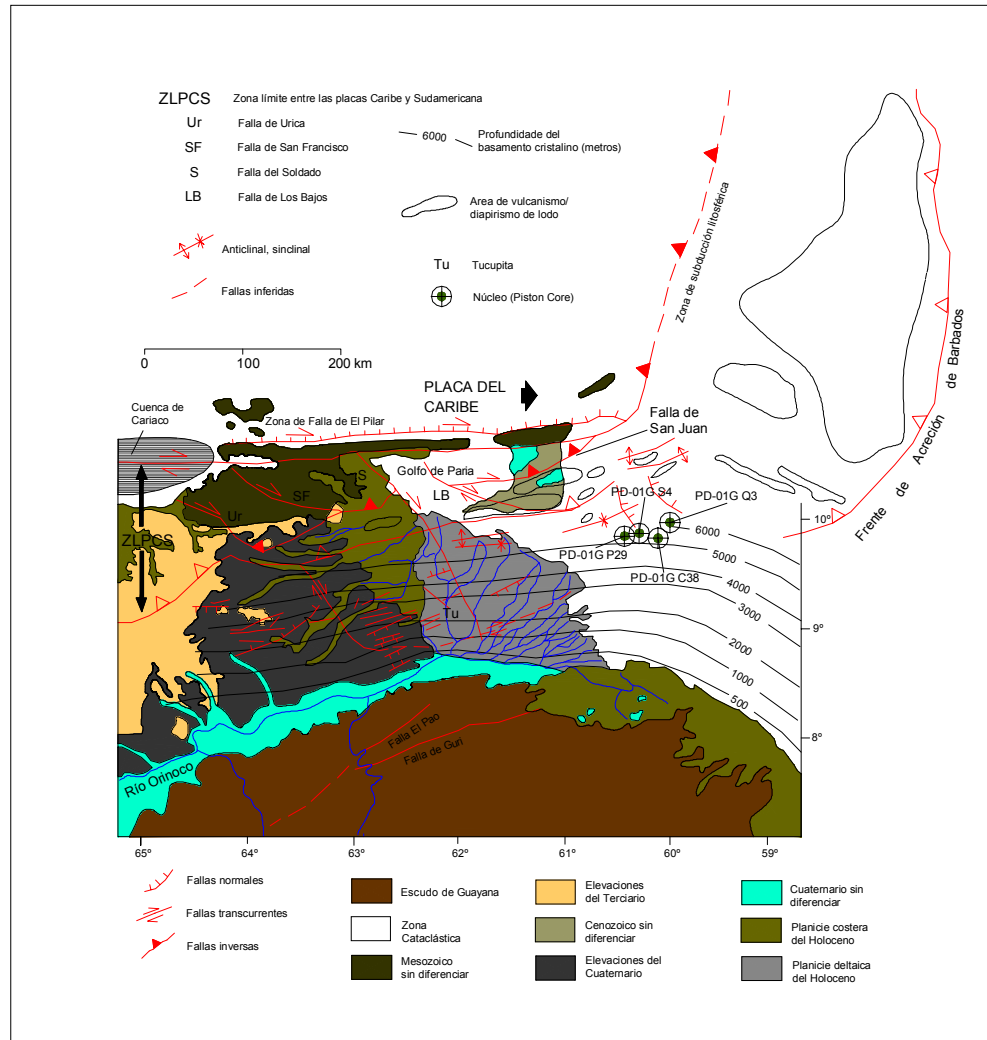
El Delta del Orinoco se ubica al este de la cuenca Oriental de Venezuela, entre el Escudo de Guayana y el borde sureste de la Placa Caribe, donde uno de sus límites está definido por la falla de El Pilar, por lo que se encuentra cerca del límite de las placas Caribe y Sudamericana, cuyo frente de deformación se ubica al este de la isla de Trinidad (MÉNDEZ 2000). Dicha cuenca Oriental es definida por WARNE *et al.* (2000) como una cuenca tipo “foreland”, asociada a la zona límite de las placas Caribe y Sudamericana. Aunque no se han tenido eventos de actividad sísmica en el delta, las evidencias neotectónicas como volcanes de lodo, anticlinales y sinclinales, proveen información sobre la actividad tectónica a lo largo de la zona límite de placas, la cual ha sido un factor importante en el desarrollo del Delta del Orinoco.

La Plataforma Continental Atlántica, costa afuera del estado Delta Amacuro, es una plataforma continental del tipo pasivo, en el lado divergente del continente americano, relativo a la Prominencia Centro Atlántica. Esta plataforma tiene un perfil típico de

plataforma plana y talud continental que termina en el umbral continental (continental “rise”), considerado ausente en el margen norte de Venezuela hacia el Caribe (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980). Las zonas de fallas de movimiento transcurrentes más importantes son las de El Pilar, El Soldado, Los Bajos, y las zonas de falla de la costa norte de Trinidad.

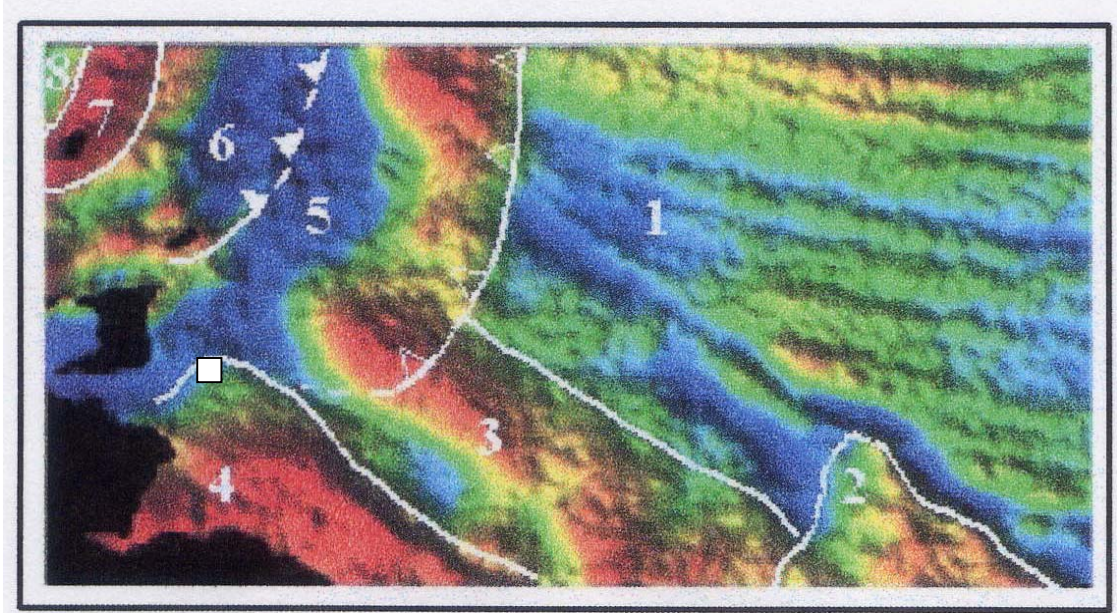
La zona de fallas de Los Bajos-El Soldado, está caracterizada por fallas activas de deslizamiento transcurrentes con orientación noroeste, a lo largo del Golfo de Paria; y las cuales pueden continuar al sur como fallamiento inverso, como ocurre en la falla del Southern Range (segmento sur de la falla Los Bajos que corre paralela al borde Sur de Trinidad) y a lo largo del Galeota Ridge (sur de Trinidad). La extensión de la falla Los Bajos al sur de Trinidad se caracteriza por evidenciar manifestaciones de deformaciones compresivas y extensivas, lo que genera un juego de bloques levantados, deprimidos y basculados, semejando un sistema de fallas tipo “teclas de piano”, las cuales están asociadas a condiciones de esfuerzos locales (WOOD 2000, PALACIOS 2001).





**Figura 2.7.** Mapa estructural y geológico de la región del Delta del Orinoco y sus adyacencias (Modificado de WARNE *et al.* 2000).

Según RINCÓN *et al.* (2002), determinaron ocho zonas definidas por los rasgos geológicos estructurales del fondo marino dentro de las aguas territoriales de la plataforma continental al noreste de Venezuela, aguas de Trinidad y Tobago, Barbados y aguas internacionales, cubriendo la totalidad del área conocida como la Fachada Atlántica y Plataforma Deltana venezolana. En base a sus resultados, el área que comprende este Trabajo Especial de Grado queda enmarcado entre las zonas definidas como margen pasivo y prisma de acreción de Barbados (Figura 2.8).



**Figura 2.8.** Imagen de Satélite interpretada, que representa los rasgos geológico-estructurales del fondo marino. 1, expresión gravimétrica de las fallas transformantes del Océano Atlántico; 2, formación volcánica del “Demerara Plateau”; 3, zona de transición Continente-Océano; 4, margen pasivo; 5, prisma de acreción de Barbados; 6, cuenca “forc – arc” de Tobago; 7, arco de islas Caribeñas; 8, cuenca “back – arc” de Grenada. Entre 5-6 se observa la traza superficial litosférica y el frente de deformación de la placa de subducción Atlántica entre 1-5 (RINCÓN *et al.* 2002). El cuadro blanco representa la zona de trabajo.

A lo largo del sistema de fallas transcurrentes al sur de Trinidad, el anticlinal de Pedernales y las fallas de corrimiento este-oeste que atraviesan el estado Monagas en Venezuela hasta cerca de la falla de Urica, se encuentran numerosos volcanes de barro siguiendo la alineación estructural de la zona. En el sector norte del Delta del Orinoco, se hallan en las islas de Capure, Pedernales, Plata y continúan en el estado Monagas hasta las cercanías de Maturín. La mayoría de ellos son de formación reciente, como el que se ubica en Pedernales, cuyo levantamiento fue datado hace 30 años (MÉNDEZ 2000) (Figura 2.7).

Se han desarrollado muchas teorías sobre el origen de los volcanes de barro, pero varios autores coinciden en indicar que se pueden deber a un aumento de presión debido a procesos tectónicos, es decir, por procesos endogénicos. BARNOLA (1959), ZANNIN & MARIÑO (1983), ASLAN *et al.* (2000) y MÉNDEZ (2000) indican que la formación de los volcanes de barro o diapiros de lodo se puede deber a:

- La diferencia de densidad específica de las arcillas con respecto a los limos y arenas, ayudado por la compresión tectónica de la zona.
- La acumulación de líquidos y gases en los estratos neógenos saturados de hidrocarburos, los cuales pueden ascender por el aumento de la presión del medio.
- Por lubricación del flujo de barro por la acción de gas, petróleo y agua.
- Por fallas que alcanzan la superficie y permiten la extrusión de los flujos de barro.

ASLAN *et al.* (2000), asocian todas estas condiciones de formación a los volcanes de lodo ubicados en el Delta del Orinoco, diferenciándolo de otros deltas modernos como el del Mississippi, Changjaing (Yangtze) y Níger, los cuales se ubican en zonas tectónicamente inactivas, y donde la formación de los volcanes de lodos está asociado a una rápida sedimentación y compactación diferencial en el frente de progradación del delta, por lo que la mayoría de dichos volcanes ocurren en costa afuera.

#### **2.1.6. POSIBLES PROVINCIAS DE APORTE**

Basándose en trabajos anteriores en el área, varios autores coinciden en definir tres fuentes posibles de aporte de sedimentos, la Provincia de Imataca en el Escudo de Guayana, la Cordillera de Los Andes y la región centrorientales de Venezuela, además indican como posible fuente al río Amazonas.

VAN ANDEL (1967), estableció que sólo parte de los sedimentos que conforman el Delta del Orinoco es suplida por el río Orinoco, ya que un gran volumen de sedimentos es aportado probablemente por el río Amazonas, esto a causa de las corrientes en la línea de costa de la Guayana.

ROMERO (1975), determinó que la composición química media de los sedimentos y su madurez son similares a los de las subarcosas y sublitareniscas. La principal fuente de sedimentos está representada probablemente por el Complejo de Imataca, de composición

félsica, con porcentajes apreciables de feldespatos y alto contenido de minerales de óxidos de Fe, con ausencia de ilmenita.

EISMA *et al.* (1978), determinaron que la mayor parte de los sedimentos arcillosos del Delta del Orinoco provienen del río Amazonas, en base a los resultados que obtuvieron de una relación aritmética de los porcentajes de minerales de arcilla (caolinita, clorita, illita y montmorillonita).

STAINFORTH (1978), mediante el estudio de las areniscas productoras del sur de Trinidad y en la región de Pedernales en el este de Venezuela, considera que la fuente de sedimentos de estas rocas se ubica hacia el sureste de Trinidad y que la cuenca del Orinoco queda en el suroeste, lo que puede sugerir que fue el Proto-Esequibo y no el Proto-Orinoco la fuente principal de estos sedimentos.

BUTENKO *et al.* (1981), establecieron que a partir de la desembocadura deltaica y hasta una distancia entre los 30 y 80 km de la costa, se extiende una cuña de fango cuyo espesor máximo alcanza unos 50 m. Dicha cuña se compone básicamente de arcillas orgánicas de alta plasticidad y limo orgánico provenientes de la descarga del río Orinoco. La fracción arcilla proviene del río Amazonas transportada por la corriente de Guayana. Hacia el noreste afloran los sedimentos subyacentes a la cuña de fango, compuestos por una mezcla de arena, limo y arcilla derivados de antiguos depósitos deltaicos.

ESCAMILLA & ROMERO (2000), determinaron que la fuente de aporte de sedimentario propuesta para los sedimentos del delta superior corresponde a: el Escudo de Guayana, la Formación Mesa, la Cordillera de la Costa, los Andes y otros sedimentos transportados por la corriente de Guayana.

ALMENARA & OCHOA (2000), determinaron cuatro asociaciones de minerales pesados con sus posibles fuentes de aporte. La asociación 1 sugiere rocas ígneas máficas como fuente de aporte de sedimentos, la asociación 2 rocas ígneas félsicas, la asociación 3 rocas metamórficas y la asociación 4 rocas sedimentarias. Las rocas del Escudo de Guayana podrían dar origen a

las asociaciones 1, 2 y 3 y la Formación Mesa del Pleistoceno del estado Monagas a la asociación 4. Además, proponen como posibles áreas fuentes de sedimentos de carga de fondo en primer lugar al Escudo de Guayana (Provincia de Imataca) y en segundo lugar a la Formación Mesa. Para los sedimentos en suspensión se proponen como posibles fuentes al río Amazonas, las rocas metamórficas de la Cordillera de Los Andes y la Cordillera Oriental de Colombia.

## 2.2. GEOLOGÍA LOCAL

### 2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS NÚCLEOS

Se describieron 4 núcleos tipo “piston core” (PD-01G P29, PD-01G S4, PD-01G C38, PD-01G Q3), determinándose: color, variación granulométrica, posibles estructuras sedimentarias, niveles de minerales pesados, materia orgánica o conchas; respetando el orden de sedimentación, así como se observa en las figuras 4.7 y 4.8 del capítulo de Marco Metodológico. En la Tabla 2.3 se presenta la descripción de los núcleos ya mencionados:

**Tabla 2.3.** Tabla de descripción de los núcleos pertenecientes a la Plataforma Deltana.

Núcleo	Longitud Total (cm)	Total de Muestras	Descripción
PD-01G P29	235,7	117	Muestras 1 – 24: Color verde oliva oscuro al centro, con un borde de color marrón. La granulometría es tipo arena fina. Evidencia de pocas conchas y mal preservadas hacia el tope, las cuales aumentan hacia la base. Muestras 25 – 81: Color verde oliva más claro al centro con un borde de color marrón. La granulometría disminuye a fino tipo arcilla. No hay evidencias de conchas. En la muestra 63 se observa posiblemente un nivel de arena de aproximadamente 2 a 3 mm de espesor y de color rojizo. Evidencias de posibles laminaciones hacia la base. Muestras 82 – 117: Color gris verdoso al centro con un borde de color marrón claro con tonos de negro y gris. La granulometría se mantiene fina.
PD-01G S4	136,1	68	Muestras 1 – 68: Color marrón claro. Granulometría tipo arena. Evidencia de conchas mal preservadas. En la muestra 14, aproximadamente a los 9 cm del tope, se observa un contacto transicional grueso (arena) – fino (limo/arcilla). La fracción fina presenta hacia el centro un color gris verdoso de granulometría fina con un borde marrón de granulometría más gruesa. Hay evidencias de conchas bien ( <i>Turritella sp.</i> y otros gasterópodos) y mal preservadas. Entre las muestras 25 y 30 ocurre una transición granulométrica a tipo arcilla, de color marrón verdoso. La muestra 41 presenta un cuerpo arenoso hacia el centro. Hacia la base el color varía a verde oliva oscuro al centro con un borde marrón claro. Se evidencia un posible bioturbación rellena entre las muestras 51 y 53, abarcando 6 cm aproximadamente a lo largo del núcleo. Hacia la base se observa esa misma estructura pero no abarca más de 2 cm de largo.
PD-01G C38	219,6	109	Muestras 1 – 66: Color gris oscuro hacia el tope, y hacia la base ese mismo color presenta un borde marrón claro. Granulometría tipo arcilla. Muestras 67 – 109: Color gris oscuro hacia el centro con borde de color marrón claro. La granulometría es tipo arcilla. Evidencia de un nivel de materia orgánica hacia el tope
PD-01G Q3	165,2	82	Muestras 1- 10: Color verde oliva con tonos de negro. Granulometría tipo arcilla. Muestras 11 – 50: Color verde oliva oscuro con tonos de negro. A partir de la muestra 18 se observan algunos niveles de materia orgánica y de fragmentos de conchas mal preservados. Granulometría tipo limo – arcilla, la cual a partir de la muestra 42 la granulometría pasa a limo – arena. Muestras 51 – 82: Color verde oliva claro con tonos de negro. Evidencias de fragmentos de conchas y rocas (1 – 2 mm) hacia el tope. La granulometría aumenta hacia la base (arena), así como el contenido de fragmentos de conchas y rocas.

Cabe destacar, que entre las muestras 51 y 53 del núcleo S4, así como se indica en la tabla anterior, se observa una estructura arenosa recubierta de un material sedimentario más fino, de 6 cm de largo y 1,5 cm de diámetro, dispuesta verticalmente a lo largo del núcleo, asemejando una posible bioturbación. Por otra parte, en el Apéndice II, se presentan los análisis químicos del envoltorio y la posible bioturbación (muestras S4-52 y 52a respectivamente). La figura 2.9 representa una foto de dicha estructura dentro del núcleo.



**Figura 2.9.** La zona enmarcada indica una posible bioturbación en la muestra S4-52, envuelta dentro de un material sedimentario mas fino (arcilla).

### 2.2.2. ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO

Se analizaron 2 muestras por cada uno de los 4 núcleos trabajados, las cuales fueron tomadas en la base y la otra a 20 cm aproximadamente de la base, generando así un total de 8 muestras analizadas. Este análisis bioestratigráfico comprendió la identificación de la microfauna presente y por consiguiente, la determinación de la edad y el ambiente de depositación de las muestras y fue realizado con la ayuda del Dr. Max Furrer (Tabla 2.4).

**Tabla 2.4.** Resultados obtenidos de los análisis Bioestratigráfico.

Muestra	Descripción Bioestratigráfica	Descripción Litológica y Mineralógica	Edad	Ambiente
P29 – 107	Estéril	Fragmentos de roca sedimentario (arenisca), cuarzo y pirlita	Indeterminada	Indeterminado
P29 – 117	Estéril	Sin identificar	Indeterminada	Indeterminado
S4 – 58	Fragmentos de Bivalvos. Foraminíferos pláncnicos: <i>Globorotalia tosaensis ssp.</i>	Fragmentos de cuarzo	Plio – Pleistoceno	Probablemente Plataforma exterior -Talud superior
S4 – 68	Estéril	Fragmentos de cuarzo y otros minerales	Indeterminada	Indeterminado
C38 – 100	Estéril	Fragmentos de cuarzo	Indeterminada	Indeterminado
C38 – 109	Muy pocos foraminíferos bénticos calcáreos: <i>Cancris sagra</i> , <i>Hanzawaia sp.</i>	Fragmentos de cuarzo y metamórficos	Indeterminada	Indeterminado
Q3 – 72	Muy abundantes macro y micro fósiles. Macrofósiles: Bivalvos (Taxodontos y otros), Gasterópodos, Espinas de Equinodermos. Foraminíferos bénticos arenáceos: <i>Gaudryna sp.</i> , <i>Verneuilina sp.</i> , <i>Liebusella sp.</i> Foraminíferos bénticos calcáreos: <i>Dentalina sp.</i> , <i>Astacolus sp.</i> , <i>Pseudograldulina sp.</i> , <i>Stilostomella sp.</i> , <i>Lenticulina sp.</i> , <i>Bolivina sp.</i> , <i>Uvigerina sp.</i> Foraminíferos pláncnicos: <i>Orbulina universa</i> , <i>Globigerinoides ruber</i> , <i>Globigerinoides trilobus trilobus</i> , <i>Neogloboquadrina dutertrei</i> , <i>Globorotalia menardii ssp.</i> , <i>Globorotalia menardi cultrata</i> , <i>Globorotalia tosaensis tosaensis</i> , <i>Pulleniatina finalis</i> . Miliólidos: <i>Quinqueloculina sp.</i> , <i>Pyrgo sp.</i>	Sin identificar	Pleistoceno	Plataforma exterior-Talud superior
Q3 – 82	Fauna como en la muestra Q3 – 72. Adicionalmente: Se notan fragmentos de Equinodermos. Foraminíferos bénticos calcáreos: <i>Fronicularia sp.</i> , <i>Cibicidoides sp.</i> , <i>Lenticulina iota</i> . Foraminíferos pláncnicos: <i>Globigerinoides trilobus sacculiferus</i> , <i>Globorotalia truncatulinoides truncatulinoides</i>	Sin identificar	Pleistoceno	Plataforma exterior-Talud superior



PONCKNALL *et al.* (2001), identificaron foraminíferos en una sección perteneciente a depósitos del Delta del Orinoco al este de Venezuela y sureste de Trinidad (Cuenca Columbus), de edades Plioceno y Pleistoceno, entre los que se destacan los plácticos como la *Globorotalia tosaensis* y los béticos como la *Bolivina spinata* y la *Bolivina multicostata*, estos últimos indicando ambientes de plataforma interna-media y externa a talud superior respectivamente, los cuales se asemejan a los encontrados en los núcleos S4 y Q3.

### 2.3. TRABAJOS PREVIOS

En esta sección se resumen los trabajos más importantes realizados cercanos a la zona de estudio:

BARNOLA (1959), realizó un estudio estratigráfico y estructural del campo Pedernales desde el Paleoceno al Reciente, en el estado Delta Amacuro, Venezuela.

VAN ANDEL & SACHS (1964), estudiaron los patrones de sedimentación en la región ubicada entre el Golfo de Paria y la costa Oeste de Trinidad, en base al análisis de superficies de reflexión acústica, durante las transgresiones del Holoceno.

GIBBS (1967), determinó los factores que controlan la cantidad y composición de sedimentos suspendidos y la cantidad de sales disueltas transportadas por el río Amazonas, por medio de la técnica de difracción de rayos x (DRX).

VAN ANDEL (1967), recopiló la información existente del Delta del Orinoco y realizó una caracterización sedimentológica y estructural, y en base a esto, definió la génesis y la dinámica del delta.

ROMERO (1975), relacionó los diferentes parámetros físicos y químicos de los sedimentos y la coherencia geoquímica de los elementos presentes (Si, Al, Fe, Ti, Ca, Mg, Mn, Zr, Cr, Sr, Zn, Rb) entre las zonas de Pto. Ordaz y Boca Grande. La distribución de elementos en los sedimentos está controlada por el tamaño de estos, aún cuando este autor notó cierto efecto de la distancia del transporte que produce aumento en la concentración del Si por resistencia del cuarzo a la meteorización; así mismo, observó una disminución de Ni, Mn, Fe y Zr por deposición temprana de minerales pesados y del Al y K por alteración de minerales que los contienen.

EISMA *et al.* (1978), estudió la variación de la turbidez y el origen de los sedimentos suspendidos y del fondo en la región de Boca Grande, al norte del Delta del Orinoco, por medio del análisis mineralógico y de componentes químicos mayoritarios y elementos traza.

ZANNIN & MARIÑO (1983), caracterizaron geológica y geoquímicamente las fuentes termales, aguas sulfurosas y volcanes de barro de los estados Monagas y Delta Amacuro.

ALMENARA & OCHOA (2000) y ESCAMILLA & ROMERO (2000), caracterizaron la sedimentología y la distribución de facies sedimentarias en el delta inferior y superior del Delta del Orinoco, respectivamente.

ASLAN *et al.* (2000), describieron las características geológicas de los volcanes de lodo del Delta del Orinoco, interpretaron su origen y determinaron su influencia e importancia en la evolución del delta.

BRAMI *et al.* (2000), caracterizaron la morfología del talud continental dentro de un complejo escenario tectónico como lo es la costa afuera de Trinidad y Tobago, en base a observaciones locales y a trabajos adyacentes a la región. Además, caracterizaron las facies, la geometría y la distribución de algunos cuerpos sedimentarios por encima de los 500 m de la columna sedimentaria del talud continental, por medio de sismica; haciendo un mayor énfasis en como influenciaron los diversos cambios del nivel del mar y la tectónica regional en dichos cuerpos sedimentarios.

MÉNDEZ (2000), realizó una caracterización de la sedimentación, facies y ambientes sedimentarios presentes en el Delta del Orinoco.

WARNE *et al.* (2000), describieron los principales procesos regionales que controlan el movimiento de aguas y sedimentos en el Delta del Orinoco y en la costa atlántica venezolana.

WOOD (2000), explicó la cronoestratigrafía en la Cuenca Columbus en la costa sureste de Trinidad, enmarcado en la tectónica regional y en las fuentes sedimentarias presentes, por lo

que definió un modelo tectonoestratigráfico para el Plio-Pleistoceno. Además, comparó la sedimentación en dicha cuenca con la del Delta del Níger.

PALACIOS (2001), evaluó los riesgos geológicos y geotectónicos en un área de costa afuera del Delta del Orinoco.

POCKNALL *et al.* (2001), interpretaron los ambientes sedimentarios de una sección perteneciente a depósitos del Delta del Orinoco al este de Venezuela y Trinidad, entre el Mioceno y Pleistoceno, en base a datos palinológicos y foraminíferos.

RINCÓN *et al.* (2002), determinaron un mapa batimétrico, topográfico y estructural del fondo marino, en la región comprendida por aguas territoriales de la plataforma continental al noreste de Venezuela, aguas de Trinidad y Tobago, Barbados y aguas internacionales.

### 3. MARCO TEÓRICO

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

La fluorescencia de rayos x (FRX) es comúnmente la técnica analítica más usada en la determinación de elementos químicos mayoritarios y traza en muestras de rocas. Es una técnica sumamente versátil y puede analizar cerca de 80 elementos en un amplio rango de sensibilidad, detectando concentraciones en porcentaje y partes por millón. Es un método rápido, para un gran número de análisis, estos pueden ser realizados en un relativo corto espacio de tiempo. La principal limitación es que los elementos por debajo del Sodio (Na,  $Z=11$ ), no pueden ser analizados por FRX (ROLLINSON 1993).

La fluorescencia de rayos x se produce cuando se elimina un electrón de las capas internas de un átomo, lo cual se origina cuando un haz primario de rayos x, procedente de un tubo de rayos x o de una fuente radiactiva, es absorbido parcialmente por la materia y lleva la suficiente energía para expulsar a los electrones internos de los átomos. La espectrometría por fluorescencia de rayos x por dispersión de energía, se basa en irradiar la muestra con rayos x o  $\gamma$ , la cual produce la excitación de los elementos presentes en ella, de manera que estos emiten radiación x característica con una intensidad directamente proporcional a la concentración del elemento en el material (SKOOG *et al.* 1992).

Los espectros muestran los resultados en forma de información cualitativa, 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 (CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000).

**Efectos de la matriz:**

Según SKOOG *et al.* (1992) 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.

Un segundo efecto de la matriz, llamado *efecto de intensificación*, puede dar lugar, también, a resultados mayores de lo esperado. Este comportamiento se observa cuando la muestra contiene un elemento cuyo espectro de emisión característico se excita mediante el haz incidente y este espectro a su vez produce una excitación secundaria de la línea analítica (SKOOG *et al.* 1992).

### 3.2. ESPECTROMETRÍA DE RAYOS GAMMA

La *radiometría* es aquella parte de la geofísica que estudia la corteza terrestre por medio de la detección de las radiaciones que provienen de los elementos radiactivos naturales (CALZADILLA 1978).

Este mismo autor indica que la *radiactividad* es la propiedad que poseen los núcleos de algunos elementos de desintegrarse emitiendo o absorbiendo radiaciones radiactivas. Los elementos radiactivos son aquellos que se desintegran en el transcurso del tiempo, convirtiéndose en otros elementos sin importar las condiciones externas. Los elementos

radiactivos naturales son K, Rb, In, Sn, Re, Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Re, Nd, Ac, Th, Pa y U. Cuando estos elementos radiactivos naturales se desintegran emiten radiación, la cual puede ser de tres tipos:  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ .

También indica que, la *Radiación  $\gamma$*  está constituida por ondas electromagnéticas de mayor frecuencia y menor longitud de onda que los rayos x, y que no altera la carga nuclear. El espectro de la radiación  $\gamma$  tiene estructura de líneas, la causa es que los elementos radiactivos al desintegrarse emiten cuantos  $\gamma$  de una o varias energías determinadas. Cuando se emiten cuantos  $\gamma$  con energías muy próximas unas a otras, es frecuentemente agruparlas y darles, como energías características, el valor promedio de ellos (ej: Th= 60 Kev). En la actualidad, las características de los espectros energéticos  $\gamma$ , son utilizados ampliamente en la determinación de distintos tipos de elementos (determinación de la naturaleza de la radiactividad), *in situ* y en muestras (CALZADILLA 1978).

Es importante señalar que los rayos gamma no se distinguen de los rayos x de igual energía excepto por su fuente. Así, los rayos gamma se producen por relajaciones nucleares, mientras que los rayos x provienen de relajaciones electrónicas. El espectro de emisión de los rayos gamma es característico para cada núcleo y, por tanto, útil para identificar radioisótopos (SKOOG *et al.* 1992).

Así mismo este autor sugiere que no es sorprendente que la radiación gamma sea muy penetrante. En su interacción con la materia, los rayos gamma pierden energía por tres mecanismos; el que predomine uno u otro depende de la energía del fotón de rayos gamma. Con radiación gamma de baja energía, predomina el *efecto fotoeléctrico*. En este caso, el fotón de rayos gamma desaparece después de la expulsión de un electrón de un orbital atómico del átomo diana (normalmente un orbital K). La energía del fotón se consume totalmente en superar la energía de enlace del electrón y en proporcionar energía cinética al electrón expulsado. El *efecto Compton* aparece con rayos gamma relativamente energéticos. En este caso, también es expulsado un electrón del átomo, pero éste sólo adquiere parte de la energía del fotón. El fotón, ahora con menor energía, sale del electrón y puede dar lugar a nuevos efectos Compton o interacciones fotoeléctricas. Si el fotón de radiación gamma posee

energía lo suficientemente elevada (al menos 1,02 MeV), puede tener lugar una *producción de pares*. En este caso, el fotón es totalmente absorbido creándose un positrón y un electrón en el campo que rodea al núcleo.

Ya que el espectro de amplitudes de los pulsos que se originan del contador están relacionados con el espectro de energía de los cuantos  $\gamma$ , a los espectrómetros  $\gamma$  también se les conoce como espectrómetros de amplitudes o analizadores de amplitud (CALZADILLA 1978).

Los espectrómetros de rayos gamma están equipados generalmente con detectores que convierten la energía radiante en señal eléctrica (SKOOG *et al.* 1992).

### **Series de desintegración:**

Los átomos de elementos pesados sufren transformaciones que dan lugar a las series de desintegración, en las cuales existen hasta 19 elementos. Las series radiactivas producidas en la naturaleza son tres: la serie del  $^{238}\text{U}$ , la del  $^{232}\text{Th}$  y la del Ac – U (FRIEDLANDER *et al.* 1964).

Este mismo autor indica que, el primer elemento de cada una de estas series posee una existencia muy larga, estando su período de semidesintegración entre los  $10^8$  y  $10^{10}$  años, mientras que el último de ellos es un isótopo estable de plomo. El  $^{40}\text{K}$  no forma series radioactivas ya que al desintegrarse pasa a ser un isótopo estable, pero debido a su gran abundancia en la corteza terrestre (2,7 %) brinda un gran aporte a la radiactividad total de las rocas. En general, en rocas con un contenido normal de elementos radiactivos, cerca del 42 % de la energía radiada se debe al  $^{40}\text{K}$ , 32 % al  $^{232}\text{Th}$ , 25 % a las series del  $^{238}\text{U}$  y Ac – U y el 1 % a los demás elementos radioactivos de la parte central de la tabla de Mendeleev.



### 3.3. 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 (PEINADO 2001).

Según este mismo autor 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 determinístico y por consiguiente están caracterizadas por la presencia de incertidumbre.

#### 3.3.1. MÉTODOS ESTADÍSTICOS UNIVARIANTES Y MULTIVARIANTES

##### 3.3.1.1. Estadística descriptiva

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. 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 (NOGUERA & YÉPEZ 2002).

##### **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.

## Media

Constituye una de las medidas de tendencia central, las cuales tienden a localizar en algún sentido, la parte central de un conjunto de datos (JOHNSON 1994). Representa el promedio de los datos, correspondientes a una misma variable y se expresa como la sumatoria de cada uno de los datos u observaciones entre el número total de las mismas (NOGUERA & YÉPEZ 2002). Viene expresada mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n xi / n$$

## 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 (NOGUERA & YÉPEZ 2002).

## Moda

Es el valor de la variable que presenta mayor frecuencia absoluta. Puede haber más de una (NOGUERA & YÉPEZ 2002).

## Medidas de variabilidad

Según DAVIS (1973) la *variabilidad* de un conjunto de datos es la dispersión de las observaciones en el conjunto,

## Varianza

Es, en esencia, el promedio del cuadrado de las distancias entre cada observación y la media del conjunto de observaciones (GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001). La varianza se denota por:

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2 / (n - 1)$$

## Desviación estándar

Constituye una medida de dispersión, las cuales dan idea de cómo se distribuyen los datos alrededor de las medidas de tendencia central. Es una medida que representa el grado de dispersión que muestran los datos de una misma variable (GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001). Se calcula como la raíz cuadrada de la varianza:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$$

## Covarianza

Es una medida de la variabilidad conjunta de dos variables X e Y. De esta forma la covarianza es una medida de asociación entre los valores de X y de Y, y sus respectivas dispersiones (NOGUERA & YÉPEZ 2002). Esta denotada por la siguiente fórmula:

$$S_{xy} = \frac{\sum f_i(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N} = \frac{\sum f_i x_i y_i}{N} - \bar{x} * \bar{y}$$

## Coefficiente de variación

Es un valor numérico que permite evitar los problemas de dimensionalidad de palabras como alto, bajo, mucho, poco, etc.; teniendo en cuenta la proporción existente entre desviación estándar y media (promedio). A mayor coeficiente de variación mayor será el rango de dispersión de los datos y viceversa (JOHNSON 1994). Se define del siguiente modo:

$$CV = \frac{S_x}{\bar{x}}$$

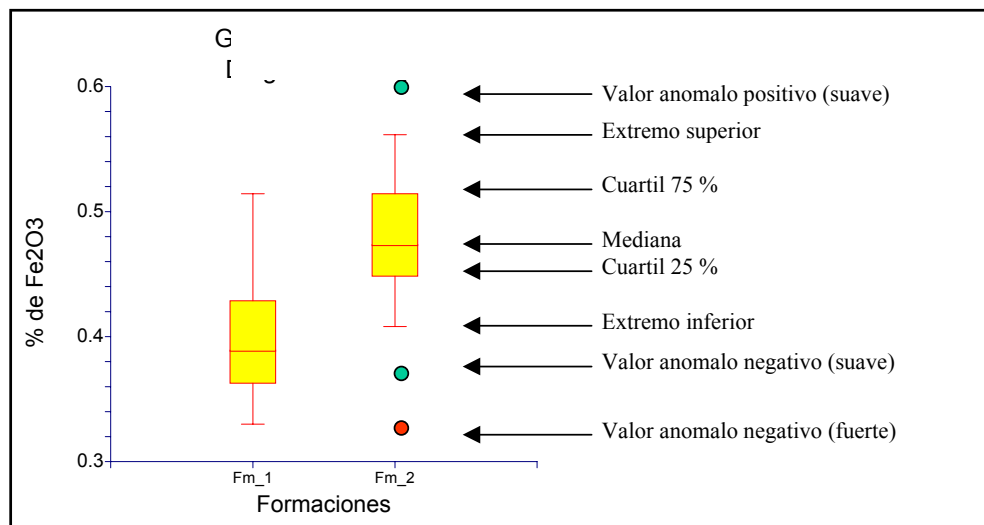
### 3.3.1.2. Diagramas de caja

Este tipo de gráfico constituye una de las diversas técnicas disponibles, que permiten estudiar la distribución de un conjunto de números, observaciones o medidas. Más específicamente a partir de éste es posible conocer el centro de los valores, valores extremos,

valores anómalos y en general la distribución de los datos respecto al valor central (CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000).

Estos mismos autores expresan que los diagramas de caja están estructurados de tal manera que 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. A su vez los valores extremos, la mayor observación y la menor observación, se representan con una línea que se extiende del tercer cuartil al máximo y otra del primer cuartil al mínimo (Figura 3.1).

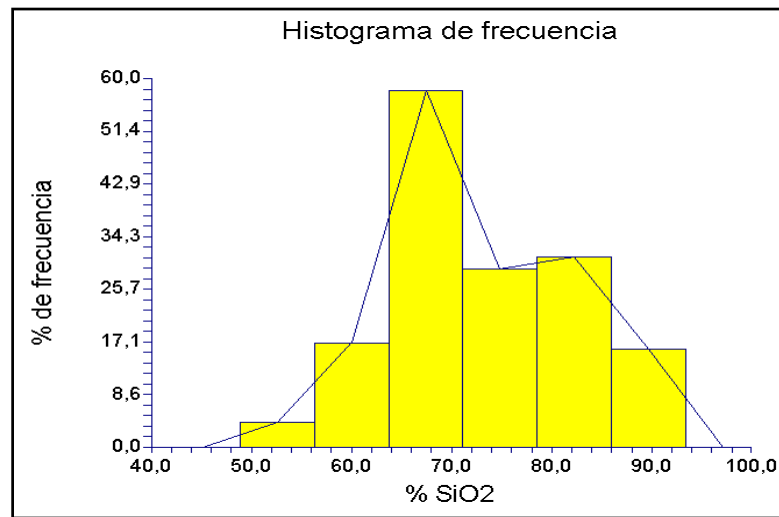
Aquellos valores que se encuentran por encima del valor superior o por debajo del inferior se denominan valores anómalos y se representan como un punto, estos se consideran “anómalos suaves” si su valor está por debajo de tres veces el rango intercuartil (que constituye el 50 % de los datos) a partir de los percentiles 75 y 25 respectivamente, o “anómalos severos” si van mas allá de tres veces el rango intercuartil (CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000).



**Figura. 3.1.** Diagrama de caja (box plot) elaborado mediante el programa estadístico NCSS<sup>®</sup> 2000 (Tomado de CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000).

### 3.3.1.3. Histogramas de frecuencia

Un histograma es la representación de un número de observaciones en el cual se grafica la distribución de los valores a lo largo de una línea numérica real. Es un gráfico de la distribución de frecuencias, en el cual el eje vertical representa la frecuencia, y el eje horizontal los posibles rangos de los valores de los datos (Figura 3.2). Otra descripción gráfica de la frecuencia con que ocurre cada medida viene dada por un *Polígono de Frecuencia*, el cual se construye dibujando segmentos de línea que unen los puntos medios de la parte superior de cada columna del histograma (GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001).



**Figura 3.2.** Histograma de frecuencias y polígono de frecuencia elaborado mediante el programa estadístico NCSS® 2000 (Tomado de NOGUERA Y YÉPEZ 2002).

Según NOGUERA & YÉPEZ (2002) los histogramas de frecuencia, así como los polígonos de frecuencia, se pueden comportar de manera diferente, lo cual indica la movilidad de la variable a través de la población, algunos ejemplos importantes se muestran a continuación:

Las curvas de frecuencia simétricas o bien formadas se caracterizan por el hecho de que las observaciones que equidistan del máximo central tienen la misma frecuencia.

Las curvas de frecuencia moderadamente asimétricas o sesgadas, la cola de la curva a un lado del máximo central es mayor que el otro lado. Si la cola mayor se presenta a la derecha

de la curva se dice que está sesgada a la derecha o que tiene sesgo positivo, mientras que si ocurre lo contrario se dice que la curva está sesgada a la izquierda o que tiene sesgo negativo.

En las curvas en forma de **J** o de **J** invertida, el máximo se presenta en un extremo.

Las curvas de frecuencia con forma de **U** tienen los máximos en ambos extremos.

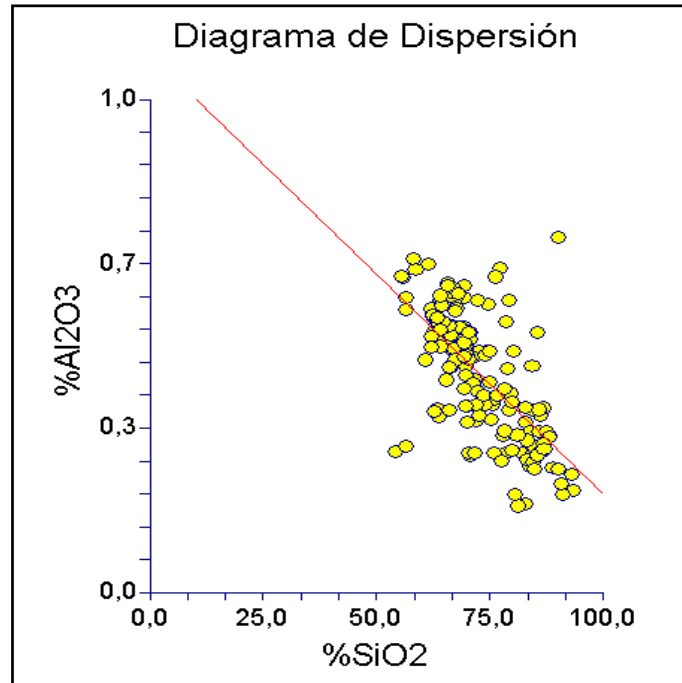
Una curva de frecuencia bimodal tiene dos máximos.

Una curva de frecuencia multimodal tiene más de dos máximos.

#### **3.3.1.4. Diagramas de dispersión**

Los diagramas de dispersión en dos dimensiones es una de las herramientas más poderosas para analizar datos o variables. La intención principal de este gráfico es establecer patrones de correlación o relaciones entre las variables que conforman la data (Figura 3.3) (GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001).

El *coeficiente de correlación*,  $r$ , es una medida estadística que describe la fuerza de la relación entre dos variables. El mismo varía entre  $-1 < r < 1$ . El coeficiente de correlación se calcula mediante:  $r = S_{xy} / (S_x * S_y) = \text{Covarianza}_{xy} / (\text{Desviación estándar}_x * \text{Desviación estándar}_y)$



**Figura 3.3.** Diagrama de dispersión  $\% \text{Al}_2\text{O}_3$  vs.  $\% \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Elaborado mediante el programa estadístico NCSS® 2000 (Tomado de NOGUERA & YÉPEZ 2002).

Según GONZÁLEZ & SÁNCHEZ (2001) cuando la recta o línea de regresión es horizontal indica que no existe relación alguna entre las dos variables comparadas y se refleja con un coeficiente de correlación igual a cero. De manera distinta, cuando esta recta de regresión presenta pendiente, significa que las variables comparadas si se relacionan entre sí. Si la pendiente de esta recta es positiva, indica que la relación existente entre las variables comparadas es directa o positiva y el coeficiente de correlación será positivo, por el contrario, si esta recta tiene pendiente negativa indica que la relación entre las dos variables es inversa o negativa.

Para saber cuando un coeficiente de correlación resulta estadísticamente representativo de una buena combinación lineal, se usa el *coeficiente de correlación crítico* ( $R_c$ ), el cual indica a partir de que valor los coeficientes de correlación expresan correlaciones lineales con un 95 y un 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.* 1966), según el número de muestras para cada núcleo (NOGUERA & YÉPEZ 2002).

### 3.3.1.5. Funciones Discriminantes

Según DAVIS (1973) este es uno de los procedimientos multivariados 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.

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 significativa, ésta puede ser usada para ubicar en uno de los dos grupos originales, nuevas muestras de origen desconocido (DAVIS 1973).

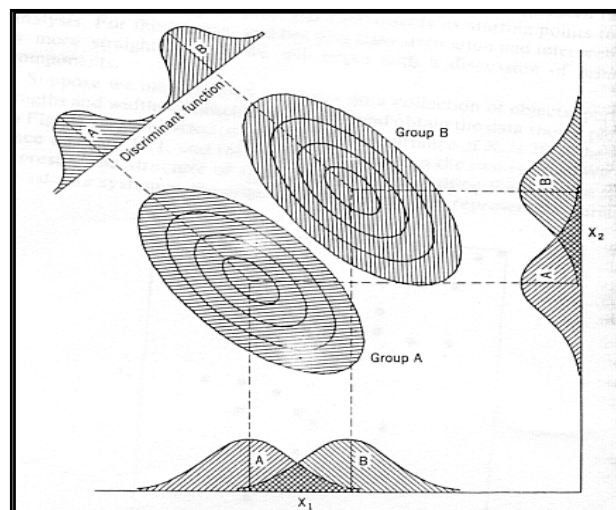
Este mismo autor también indica que el proceso de clasificación por su parte, consiste en separar las muestras en grupos relativamente homogéneos y siendo distintos de otros grupos, sobre la base de las variables medidas. Existen pues, varias diferencias obvias entre el proceso de clasificación y el 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.

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. 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. Esto puede ser



representado gráficamente para casos en dos dimensiones como es mostrado en la figura 3.4. 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).

Se puede decir que es una combinación lineal de las variables de discriminación que maximiza la distancia (separación) entre grupos. El número 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" (NOGUERA & YÉPEZ 2002).



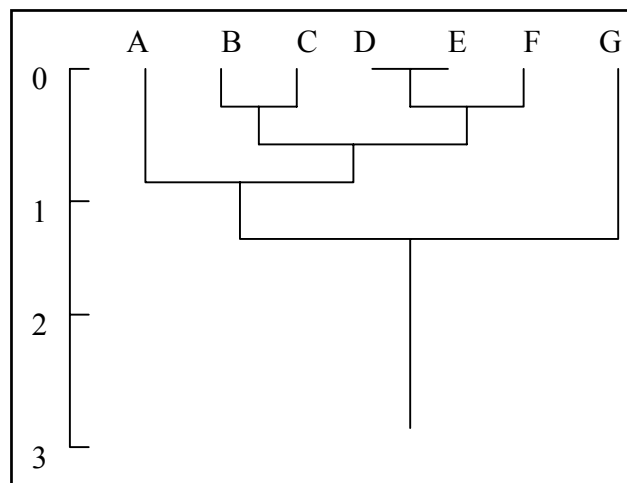
**Figura 3.4.** Representación de dos distribuciones bivariantes mostrando el solape entre los grupos A y B en conjunto con ambas variables  $X_1$  y  $X_2$  (Tomado de DAVIS 1973).

### 3.3.1.6. Análisis de agrupaciones

Es el procedimiento estadístico que identifica grupos homogéneos de casos en función de los valores de un conjunto de variables (NOGUERA & YÉPEZ 2002).

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 3.5), 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 (KENDALL 1980).



**Figura 3.5.** Dendrograma (Tomado de DAVIS 1973).

### 3.3.2. SERIES SECUENCIALES O PERFILES DE DISTRIBUCIÓN

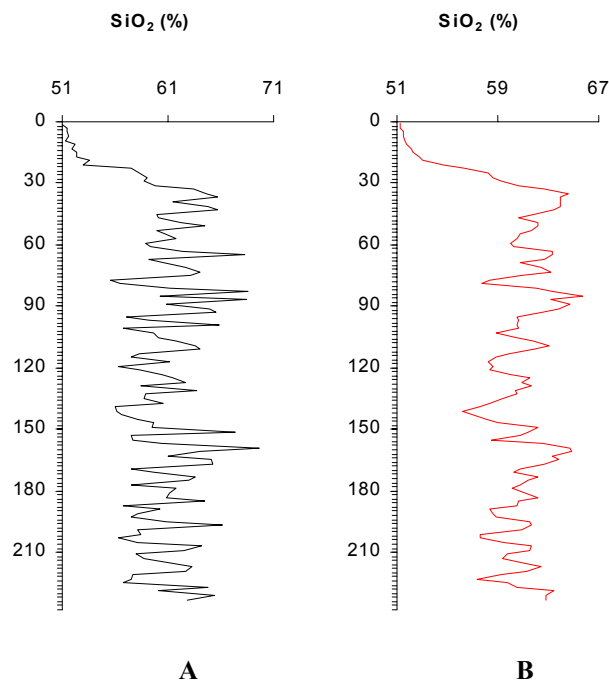
Son representaciones gráficas de los datos que ayudan a visualizar los valores atípicos. Normalmente, las variables se representan en el eje horizontal y los valores de escala en el eje

vertical. Las puntuaciones de objetos (originales o estandarizadas) se representan como puntos del gráfico (Figura 3.6.a) (NOGUERA & YÉPEZ 2002).

### Técnicas de estimación de tendencias (Promedio móvil)

Usando promedios móviles de ordenes apropiados, es posible eliminar esquemas cíclicos, estacionales e irregulares, dejando así tan sólo el movimiento de tendencia, es decir, para reducir el ruido o las fluctuaciones en las series (SPIEGEL 1988).

En la figura 3.6.b se puede apreciar una curva de tendencias correspondientes a la variación presentada en la figura 3.6.a, obtenida con la aplicación de la técnica de los promedios móviles con un período de 9 observaciones.



**Figura 3.6.** **A** Perfil de distribución original. **B** Perfil de distribución con promedio móvil 3. En donde es posible observar la variación vertical del contenido de SiO<sub>2</sub> en el núcleo P29.

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 o 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 1988).

Los eventos geoquímicos que definen el patrón de los perfiles, pueden reflejarse como máximos, mínimos y deflexiones de las curvas, los cuales definen a su vez, a los marcadores quimioestratigráficos de primero y segundo orden (ESTÉVEZ 2000). Los marcadores de primer orden representan eventos geoquímicos caracterizados por más de un elemento o por una deflexión excepcional de las curvas. Por su parte los marcadores de segundo orden se definen a partir de un solo elemento o por fluctuaciones elementales menos significativas (JORGENSEN 1986).

Para el caso particular de este TEG los perfiles construidos para la visualización de las variaciones verticales de las variables fueron suavizados utilizando un promedio móvil de 3, con la finalidad de mejorar la visualización de los mismos.

### **3.4. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA**

#### **3.4.1. GENERALIDADES**

La geoquímica es aquella ciencia que se ocupa de la distribución y migración de los elementos químicos en el interior de la corteza en el espacio y tiempo (MASON 1960).

Este mismo autor indica que, las principales tareas a realizar por la geoquímica se pueden resumir del modo siguiente:

Determinación de la abundancia absoluta y relativa de los elementos y de las especies atómicas (isótopos) en la Tierra.

Estudio de la distribución y la migración de los elementos, en particular en las diversas partes de la Tierra (atmósfera, hidrosfera, corteza, etc.), y en los minerales y rocas, con el objeto de descubrir los principios que rigen esta distribución y migración.

La interpretación de la data geoquímica de sedimentos es complicada debido a la gran variedad de constituyentes orgánicos e inorgánicos que pueden coexistir, los cuales, químicamente hablando, no pueden formar un equilibrio el uno con el otro (FAIRBRIDGE 1972).

La geoquímica de los diferentes sedimentos reflejan las variaciones en el proceso de formación de los sedimentos, así como la distribución de la masa de agua y tierra en el planeta, corrientes de aire y agua, ríos, cambios climáticos, actividad biológica, roca fuente, vulcanismo, etc. Para muchos de estos procesos geoquímicos el factor tiempo es muy importante (FAIRBRIDGE 1972).

Según FAIRBRIDGE (1972), geoquímicamente, los sedimentos se clasifican en:

*Sedimentos residuales* o *Resistatos*: que consisten en minerales que son resistentes a los agentes químicos, tales como el cuarzo y algunos minerales pesados, circón, turmalina, apatito, ilmenita, anfíboles y oro, entre otros.

*Hidrolisatos*: consiste de arcillas derivadas de la alteración de silicatos, son sedimentos ricos en Al y K, los cuales enriquecen los minerales de arcilla.

*Oxidatos*: consiste principalmente de óxidos de hierro y manganeso, y en menor escala elementos traza, tales como Ar, Hg, Cu, Co, Ni, Pb y V.

*Carbonatos*: consiste principalmente de carbonatos de Ca y Mg, y en escasas ocasiones de Mn y Fe. Un típico componente traza es el Sr.

*Evaporatos*: consiste en cloratos y sulfatos de Na, K, Mg y Ca.

*Redustatos*: son sedimentos enriquecidos en materia orgánica. Muchos elementos trazas se encuentran relacionados a ellos, pero principalmente el U y el V.

Otra clasificación muy usada es con respecto al ambiente de depositación, continentales o marinos. A su vez, CHESTER (1990) clasifica los sedimentos marinos de la siguiente manera:

*Sedimentos Próximo Costeros*, se refiere a sedimentos depositados en los márgenes de los continentes, bajo una ancha variedad de condiciones en ambientes químicos que presentan como característica un amplio rango que van desde completamente anóxicos hasta condiciones totalmente oxidantes. Como consecuencia de esto, las condiciones físicas, químicas y biológicas en estas zonas son mucho más variables que en las zonas marinas profundas.

*Sedimentos Marino Profundos*, son usualmente depositados en profundidades mayores a los 500 m, y presentan características tales como la lejanía del área fuente, reacciones entre las partículas y componentes disueltos en la columna de agua y la presencia de distintivas biomas que interaccionan con estos sedimentos. Ellos, a su vez, se dividen en: *Sedimentos Hemipelágicos*, los cuales son depositados en áreas que bordean a los continentes, y *Sedimentos Pelágicos*, los cuales son acumulados en áreas de mar abierto.

El estudio de la composición química de los sedimentos marinos ha sido un amplio tema del cual CHESTER (1990), resume de la siguiente manera: los elementos mayoritarios de los sedimentos marinos son ampliamente controlados por las relativas proporciones de minerales formadores de sedimentos. Los principales minerales son las arcillas, los carbonatos biogénicos y los siliciclásticos (Tabla 3.1). En cambio los elementos traza presentan variaciones dependiendo del fraccionamiento oceánico entre los sedimentos próximocosteros y marino profundos, lo cual puede introducir un enriquecimiento o exceso de elementos (Tabla 3.2).

**Tabla 3.1.** Composición elemental de los sedimentos marinos y material continental.  
Los valores se encuentran en ppm. Tomado de CHESTER (1990).

Elemento	Corteza Continental (1)	Suelo Continental (1)	Partículas de Río (1)	Material de Corteza (2)	Lodo Próximo-costero (3)	Arcilla Marina Profunda (1)	Carbonatos Profundos (3)
Ag	0,07	0,05	0,07	-	-	0,1	-
Al	69300	71000	94000	82000	84000	95000	20000
As	7,9	6	5	-	5	13	1
Au	0,01	0,001	0,05	-	-	0,003	-
B	65	10	70	-	-	220	55
Ba	445	500	600	-	-	1500	190
Br	4	10	5	-	-	100	70
Ca	45000	15000	21500	-	29000	10000	312400
Cd	0,2	0,35	1	-	-	0,23	0,23
Ce	86	50	95	-	-	100	35
Co	13	8	20	23	13	55	7
Cr	71	70	100	79	60	100	11
Cs	3,6	4	6	-	-	5	0,4
Cu	32	30	100	47	56	200	50
Er	3,7	2	3	-	-	2,7	1,5
Eu	1,2	1	1,5	-	-	1,5	0,6
Fe	35000	40000	48000	48000	65000	60000	9000
Ga	16	20	25	-	-	20	13
Ge	1,5	-	-	-	-	1,2	0,1
Gd	6,5	4	5	-	-	7,8	3,8
Hf	5	-	6	-	-	4,5	0,41
Ho	1,6	0,6	1	-	-	1	0,8
K	24000	14000	20000	20000	25000	28000	2900
La	41	40	45	-	-	45	10
Li	42	25	25	-	79	45	5
Lu	0,45	0,4	0,5	-	-	0,5	0,5
Mg	16400	5000	11800	-	21000	18000	-
Mn	720	1000	1050	865	850	6000	1000
Mo	1,7	1,2	3	1,8	1	8	3
Na	14200	5000	5300	5100	40000	40000	20000
Nd	37	35	35	-	-	40	14
Ni	49	50	90	73	35	200	35
P	610	800	1150	-	550	1400	350
Pb	16	35	100	52	22	200	9
Pr	9,6	-	8	-	-	9	3,3
Rb	112	150	100	-	-	110	10
Se	0,05	0,01	-	-	-	4,5	0,5
Sb	0,9	1	2,5	-	-	0,8	0,15
Sc	10	7	18	-	12	20	2
Si	275000	330000	285000	-	250000	283000	32000
Sm	7,1	4,5	7	-	-	7	3,8
Su	2	0,1	-	-	2	1,5	-
Sr	278	250	150	-	160	250	2000
Ta	0,8	2	1,2	-	-	1	-
Tb	1,05	0,7	1	-	-	1	0,6
Th	9,3	9	14	-	-	10	-
Ti	3800	5000	5600	5700	5000	5700	770
Tm	0,5	0,6	0,4	-	-	0,4	0,1
U	3	2	3	-	-	2	-
V	97	90	170	120	145	150	20
Y	33	40	30	-	-	32	42
Yb	3,5	-	3,5	-	-	3	1,5
Zn	127	90	250	75	92	120	35
Zr	165	300	-	-	240	150	20

Un guión indica valor no reportado.

(1) Sin ubicación exacta. (2) Sahara. (3) Océano Atlántico.

**Tabla 3.2.** Concentraciones de algunos elementos traza en depósitos marino profundos. Los valores se encuentran en ppm. Tomado de CHESTER (1990).

ELEMENTO	Lodo Próximo-costero	Carbonatos Profundos	Arcillas M:arinas Profundas (1)	Arcillas M:arinas Profundas (2)	Sedimentos de Ridge Activo	Nódulos Ferromagnesianos
Cr	100	11	86	77	55	10
V	130	20	140	130	450	590
Ga	19	13	21	19	-	17
Cu	48	30	130	570	730	3300
Ni	55	30	79	293	430	5700
Co	13	7	38	116	105	3400
Pb	20	9	45	162	-	1500
Zn	95	35	130	-	380	3500
Mn	850	1000	4000	12500	60000	220000
Fe	69900	9000	82000	65000	180000	140580

Un guión indica valor no reportado.

(1) Océano Atlántico. (2) Océano Pacífico.

### 3.4.2. RELACIONES QUÍMICAS

En este trabajo se presentan las mismas relaciones elementales utilizadas por NOGUERA & YÉPEZ (2002):  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  el cual expresa variaciones de energía del medio (BRICEÑO *et al.* 1996),  $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2)/\text{CaO}$  y  $(\text{Zr}+\text{Rb})/\text{Sr}$  indican la relación entre sedimentación siliciclástica y carbonática (BRICEÑO *et al.* 1996, DYPVIK & HARRIS 2001),  $\text{MnO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  definen condiciones de óxido-reducción (YARINCIK *et al.* 2000),  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$  clasifica los tipos de arcilla (YARINCIK & MURRAY 2000, BRICEÑO *et al.* 1996),  $\text{TiO}_2/\text{V}$  determinan la oxigenación del medio (YARINCIK *et al.* 2000) y  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Zr}/\text{Rb}$  muestran las relaciones granulométricas (YARINCIK & MURRAY 2000, DYPVIK & HARRIS 2001).

### 3.4.3. TRABAJOS PREVIOS

En esta sección se resumirán los trabajos considerados más importantes orientados hacia la geoquímica sedimentaria, con especial énfasis en la caracterización química de sedimentos.

FIGUEREDO (1984), realizó una caracterización geoquímica de sedimentos fluviales provenientes de la zona septentrional del estado Bolívar, determinando que los sedimentos



provenientes de las cuencas de los ríos Suapure, Maniapure, Cuchivero y Caura se diferencian geoquímicamente del resto de las cuencas estudiadas, las cuales muestran un comportamiento semejante.

HILL (1990), realiza un estudio preliminar de la distribución vertical de elementos en el Deposito N° 1 en Hat Creek, British Columbia, determinando que las variaciones que presentan los elementos son debidos a la incorporación de cenizas volcánicas o sedimentos detríticos de diferentes fuentes, y/o a la concentración o removimiento de elementos por aguas subterráneas afectadas por un alto gradiente geotérmico.

MURRAY *et al.* (1993), realizan el estudio de sedimentos superficiales en el Océano Pacífico Ecuatorial para determinar fluctuaciones biogénicas en la sedimentación, determinando que la relación Al/Ti puede sugerir incrementos en la productividad de carbonatos durante episodios glaciares.

MURRAY & LEINEN (1993), realizan el análisis de elementos mayoritarios, traza y tierras raras en sedimentos superficiales en el Océano Pacífico Ecuatorial, comparando los valores de CaCO<sub>3</sub>, ópalo y C<sub>org</sub>, para determinar los distintos caminos por los cuales son transportados los elementos traza hacia el piso oceánico del Pacífico Ecuatorial, determinando que fases íntimamente asociadas a material terrígeno son procesos extremadamente importantes en el transporte de elementos en dicho fondo marino.

MURRAY *et al.* (1995), realizan el estudio de la relación del aporte de Fe terrígeno con la acumulación de material biogénico en períodos glaciares e interglaciales en el Océano Pacífico Ecuatorial, determinando que el hierro esta estrechamente relacionado con la acumulación del material terrígeno y no presenta coherencia con la periodicidad glacial.

PEARCE & JARVIS (1995), realizan un estudio quimioestratigráfico en turbiditas distales cuaternarias en más de 160 núcleos de la planicie abisal de Madeira, en el NE Atlántico, demostrando la viabilidad de la quimioestratigrafía para la correlación y análisis de secuencias sedimentarias.

MURRAY & LEINEN (1996), realizan análisis químicos de Al y Ti en sedimentos superficiales biogénicos del Océano Pacífico Ecuatorial, planteando una hipótesis sobre el incremento de Al por la sedimentación de partículas biogénicas.

SCHROEDER *et al.* (1997), realizan el análisis de concentración de Ba en sedimentos carbonáticos del Océano Pacífico Ecuatorial para evaluar los efectos cambiantes de sedimentación a través del tiempo, determinando que el Ba indica un régimen sedimentario biogénico dominante durante las fases de diagénesis temprana.

LU *et al.* (2000), realizan un estudio geoquímico de elementos mayoritarios y traza de sedimentos, provenientes del sitio 997 en Blake Ridge al oeste del Océano Atlántico, interpretando que la zona ha sufrido cambios en el ambiente de sedimentación, variaciones de área fuente, composición química, así como en la tasa de sedimentación, disolución del carbonato biogénico y posiblemente retrabajo del material terrígeno.

IRINO & PEDERSEN (2000), realizan una caracterización geoquímica de sedimentos glaciares e interglaciares del sitio 1017 en los márgenes suroeste del estado de California, USA. Determinando que las variaciones en 12 elementos de origen detríticos son causadas por 3 factores, el tamaño de grano, y las características félsicas y máficas de la fracción fina.

MURRAY *et al.* (2000), realizan un análisis químico en 5 “piston cores” localizados en el Océano Pacífico Ecuatorial, para determinar cambios en la producción de exportación y disolución de carbonatos, indicando que dichos cambios son producidos por cambios climáticos, y que en altas latitudes, la disolución de carbonatos aparece, pero más importantes son los cambios en la exportación.

YARINCIK & MURRAY (2000), realizan el estudio de las relaciones Al/Ti y K/Al en sedimentos recientes de la cuenca de Cariaco, Venezuela, para interpretar depositación hemipelágica, determinando que la relación Al/Ti indica la producción de caolinita procedente de los ríos locales, debido al descenso del nivel del mar durante el período glacial

y la K/Al muestra una gran acumulación de rútilo eólico procedente del norte del Sahara durante el mismo período.

PETERS *et al.* (2000), obtienen las concentraciones de material terrígeno y cenizas dispersas en sedimentos del Mar Caribe, determinando que los cambios composicionales de los sedimentos son debidos a la distancia con respecto a la fuente de vulcanismo, pequeños períodos de actividad volcánica precedidas por grandes erupciones y el transporte al fondo marino de cenizas depositadas en el continente precedidas de grandes erupciones.

DYPVIK & HARRIS (2001), realizan un análisis de facies geoquímicas siliciclásticas de grano fino, usando las relaciones Th/U, Zr/Rb y (Zr + Rb)/Sr, en rocas jurásicas y cretácicas del Mar de Barents y Svalbard, al norte de Europa. Ellos determinaron que el análisis de dichas relaciones proveen información sobre sedimentación siliciclástica y condiciones redox.

## 4. MARCO METODOLÓGICO

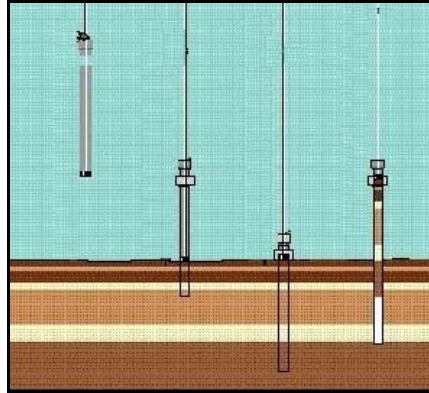
### 4.1. FASE DE CAMPO

La recolección de muestras de sedimentos se realizó entre los meses de julio y septiembre del 2001, con la ayuda del Buque Oceanográfico de la Armada de Venezuela, "Punta Brava, (BO-11)". Cabe destacar, que no se formó parte del grupo de trabajo para la obtención de los núcleos tipo "piston core", es decir, la obtención de los núcleos fue realizado enteramente por el personal de este buque.

El posicionamiento del buque en cada una de las estaciones se hizo mediante el uso de correcciones diferenciales GPS transmitidas por satélite, la cual garantiza una precisión en la posición menor a un metro.

Para la toma de núcleos se utilizó un saca-testigos EWING modificado por la Armada, para realizar el muestreo de núcleos por gravedad (*Gravity Core*), marca KHALSICO modelo 217WA320 con tubo de sondeo de 2,5", y hasta 3 m de largo.

La metodología de muestreo de núcleos por gravedad (*Gravity Core*) utilizada en la toma de muestras de núcleos del suelo marino, consiste en el lanzamiento del nucleador que cae y se entierra en el fondo marino, gracias a la acción de la gravedad. Un dispositivo de bloqueo que posee este toma-muestras, llamado capturador (*Core Catcher*), impide que el sedimento recuperado se salga del tubo al momento de subir a la superficie. Es importante hacer notar que el lanzamiento del "torpedo" se realiza en varias etapas, ya que si se lanza de una sola vez, puede romperse al tocar fondo por la fuerza con que llega al mismo. Además, es necesario detener varias veces el torpedo durante su descenso, para que de este modo se estabilice y la guaya que lo sostiene se tense, y no forme nudos ni se enrede cuando el dispositivo alcance el fondo. La Figura 4.1 ilustra las diversas posiciones en que se encuentra el tubo toma-muestras a la hora del ejercicio.



**Figura 4.1.** Toma de muestras del subsuelo marino: tecnología *Gravity Core*.

La secuencia de pasos que se siguió fue:

- Preparación del toma-muestras.
- Colocación del muestreador de núcleos por gravedad (*Gravity Core*) en la plataforma del buque, con la ayuda de una grúa.
- Lanzamiento e inmersión por etapas del muestreador.
- Captura del núcleo con el muestreador (*Gravity Core*),
- Subida del toma-muestras.
- Extracción de la muestra del tubo.
- Identificación, descripción y anotaciones referentes al núcleo.
- Corte del núcleo.

En la Figura 4.2 se pueden apreciar, gráficamente, la anterior secuencia de pasos que se siguen durante el proceso de obtención, preparación y preservación de muestras de núcleos:



**Figura 4.2.** Proceso de obtención y preservación de núcleos: *Gravity Core*.

Tan pronto como fueron etiquetadas y empacadas a bordo del buque, los núcleos fueron refrigeradas entre 3 y 5 °C en las cavas de la embarcación. Posteriormente, se transportaron en camiones cavas refrigerados y finalmente fueron almacenados en dos cavas ubicadas en PDVSA-INTEVEP, donde fueron congelados a - 25 °C (Figura 4.3).



**Figura 4.3.** Preservación de los núcleos a -25 °C dentro de las cavas de PDVSA-INTEVEP.

## 4.2. FASE DE LABORATORIO

### 4.2.1. ETAPAS DEL MUESTREO

#### *Corte de los “piston core”*

El corte de los núcleos fue realizado en el taller de la nucleoteca de PDVSA-INTEVEP, con la ayuda del personal técnico que labora en dicho taller. Se trabajó con una cortadora hidratada Buehler Ltd. 41 A, de 115 V y 60 Hz.

Los núcleos fueron cortados transversalmente cada 20 cm (Figura 4.4) y longitudinalmente (Figura 4.5), para su mejor manipulación y descripción; manteniéndose siempre un control del tope y la base de los mismos. Luego, fueron envueltos en papel aluminio, etiquetados y preservados nuevamente en la cava a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 4.6).



**Figura 4.4.** Corte transversal.



**Figura 4.5.** Corte longitudinal.



**Figura 4.6.** Preservación de los núcleos en la cava.

#### *Descripción y muestreo*

Luego se prosiguió a sacar la sección de su tubo de PVC, para su medición, descripción longitudinal y transversal, determinándose: color, granulometría, posibles estructuras sedimentarias, niveles de minerales pesados, materia orgánica o conchas de organismos (Figura 4.7 y 4.8), respetando el orden de sedimentación.



**Figura 4.7.** Medición y descripción longitudinal.



**Figura 4.8.** Descripción transversal.

Posteriormente, se definió el intervalo de muestreo cada 2 cm (Figura 4.9 y 4.10), para así realizar un análisis químico y radiométrico detallado de los núcleos. Dichas muestras fueron descritas, enumeradas e identificadas con el nombre del núcleo, y preservadas en pequeñas bolsas plásticas con cierre clip (Figura 4.11), las cuales fueron llevadas a un refrigerador, para evitar que se secan.



**Figura 4.9.** Muestreo cada 2 cm.



**Figura 4.10.** Corte de las muestras con una espátula limpia.



**Figura 4.11.** Muestras en bolsas, en orden estricto.

### *Tratamiento de las muestras para los análisis*

#### *a) Pesado, tamizado y secado de las muestras*

Las muestras fueron pesadas por medio de una balanza digital, previamente calibrada (Figura 4.12). Luego, se realizó el tamizado húmedo de las muestras por medio de una malla 150  $\phi$ , para la obtención de la fracción más fina, utilizando agua desmineralizada (Figura 4.13). La fracción fina fue colocada en platos plásticos rotulados, frente a un deshumificador, para así acelerar su proceso de secado (Figura 4.14). Por otra parte, la fracción gruesa retenida por el tamiz fue guardada en pequeñas bolsas plásticas debidamente rotuladas, y además,



pesadas para así obtener el peso de la fracción fina húmeda por medio de la diferencia entre el peso total y el peso de la fracción gruesa.



**Figura 4.12.** Pesado de las muestras.



**Figura 4.13.** Colocación de la muestra tamizada en un plato plástico debidamente rotulado.



**A**

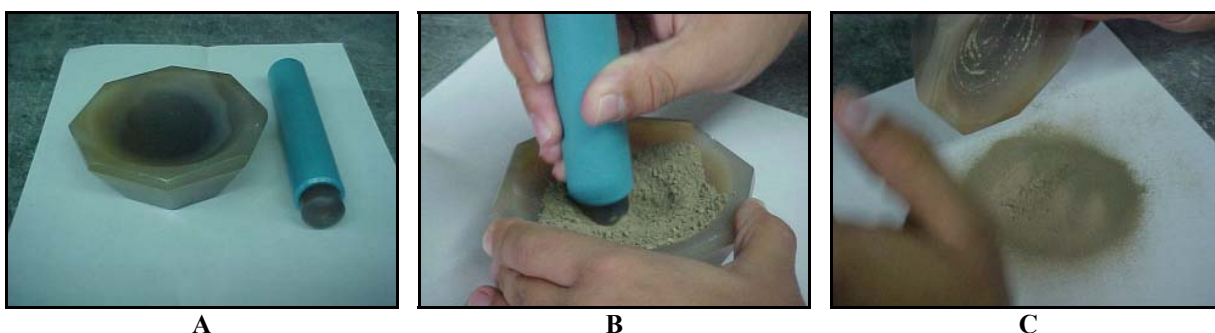


**B**

**Figura 4.14.** **A**, Secado de las muestras frente a un deshumificador. **B**, Ampliación de las muestras en pleno proceso de secado.

### b) Disgregación

Una vez secas las muestras, se prosiguió a la disgregación de las mismas, por medio de un mortero y un pistillo de ágata (Figura 4.15 A, B, C). Cabe destacar, que para cuidar que todas las muestras fuesen disgregadas por igual, todas ellas fueron nuevamente pasadas por la malla 150  $\phi$  del paso anterior, pero realizando un tamizado seco. Las muestras una vez disgregadas, fueron guardadas en pequeñas bolsas plásticas tipo clip, debidamente rotuladas. Luego, esta muestra fue nuevamente pesada, para así obtener el peso de la fracción fina seca.



**Figura 4.15.** A) Mortero y pistillo de ágata. B) Disgregación de las muestras. C) Muestra disgregada.

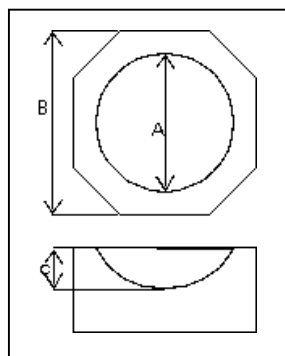
Este mortero por su naturaleza silíceo, es muy adecuado para los procesos de desintegración y mezclado de muestras de media y alta dureza, así mismo tiene una gran resistencia a agentes físicos y químicos, siendo únicamente atacada por el Ácido Fluorhídrico (HF).

Las características físicas del mortero de ágata son (<http://www.auxilab.es>) 06/01/03:

- Densidad: 2.6 g/cm<sup>3</sup>.
- Dureza: 7 grados de la escala Mohs, que es igual a la del cuarzo (SiO<sub>2</sub>).
- Punto de fusión: 1800 – 2000 °C.
- Resistencia a la compresión: 110Kg/mm<sup>2</sup>.
- Resistencia a la rotura: 210 Kg/mm<sup>2</sup>.

La capacidad y medidas del mortero de ágata son: (Figura 4.16)

- Capacidad: 70 ml.
- Medidas: (A) 80 x (B) 100 x (C) 24 mm



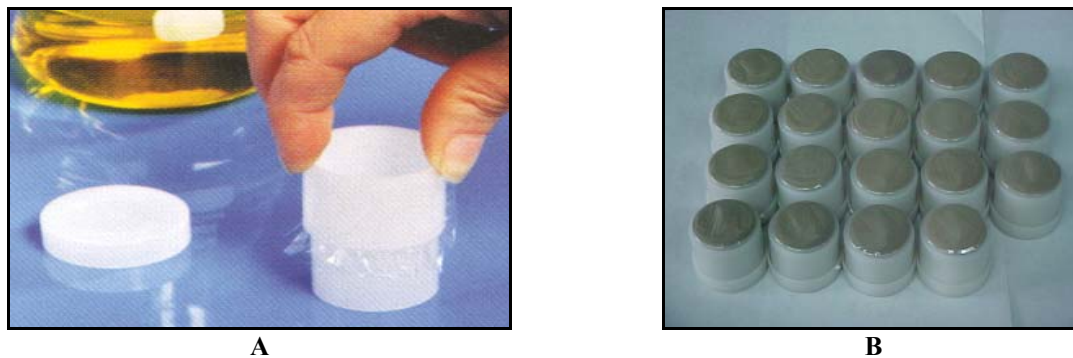
**Figura 4.16.** Medidas del mortero. 80 x 100 x 24 mm.

Al momento de trabajar con cada muestra, fue necesario seguir un procedimiento de limpieza del mortero y del pistillo, para minimizar el riesgo de contaminación de cada una de las muestras. Dicho procedimiento consistía en lavar el mortero y su pistillo con agua y jabón, una vez secos, se procedía a limpiarlos con alcohol isopropílico y una servilleta limpia.

## 4.2.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

### 4.2.2.1. Preparación de las muestras

Se tomó aproximadamente 15 gr de cada una de las muestras y fueron montadas en distintos portamuestras de plástico. Éstos constan de dos cilindros de diferente diámetro, el cilindro de diámetro menor es introducido dentro del cilindro de diámetro mayor colocando entre ambos una película de Maylar de  $0,02 \mu$  de espesor, la cual impide el contacto de la sustancia con el detector del equipo a la vez que protege la muestra y al equipo de una posible contaminación (Figura 4.17 A, B). Se prepararon portamuestras por cada muestra analizada, desechando el Maylar utilizado después de cada análisis y limpiando con alcohol isopropílico y papel absorbente los cilindros utilizados (CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000).



**Figura 4.17. A) Montaje del portamuestra. B) Montaje de muestras final.**

Después de colocado el polvo en el portamuestras, el mismo se compactó propinándole 10 pequeños golpes al depósito sobre una mesa, aplicando el mismo número de golpes para todas las muestras y procurando no contaminar la base del depósito; además, se le colocó un pequeño tapón de papel blanco absorbente por dentro del portamuestras, para así compactar y asegurar que la muestra estuviera en contacto a lo largo del Mayler (CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000).

#### **4.2.2.2. Fluorescencia de rayos x por dispersión de energía (FRX-DE)**

El análisis de las muestras por FRX-DE, fue realizado por medio de dos equipos con fuentes de Rodio (Rh) y Cadmio ( $^{109}\text{Cd}$ ), para la determinación de componentes mayoritarios y elementos traza respectivamente.

##### **4.2.2.2.1. Fuente de tubo de Rh**

###### **a) Características del equipo**

Para el análisis de los componentes mayoritarios se utilizó un espectrómetro de rayos x por dispersión de energía, marca Phillips, modelo Minipal PW4025/00 (Figura 4.18), el cual detecta y cuantifica elementos químicos, desde Na hasta U, en una muestra con un amplio rango de formas físicas: sólida, líquida o en polvo (CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000).



**Figura 4.18.** Espectrómetro de rayos x por dispersión de energía. Modelo Minipal PW4025/00, marca Phillips.

Este equipo es controlado por un software diseñado por Phillips, el cual es compatible con computadoras marca IBM y similares, bajo un ambiente Windows<sup>®</sup> (Windows 95<sup>®</sup> o NT<sup>®</sup>), llamado Minipal Software V 1.0 A (1999) (CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000), por medio del cual se pueden realizar las aplicaciones necesarias con las condiciones adecuadas para cada análisis (GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001).

Las especificaciones de las partes del equipo, así como el establecimiento de sus condiciones óptimas para medir (definición de aplicaciones), se encuentran en el trabajo de CAMPOSANO & MARTÍNEZ (2000).

#### b) Estimación de la cantidad de CO<sub>2</sub>

Con el equipo descrito anteriormente se detectaron los siguientes componentes mayoritarios: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO y V como elemento traza. Al igual que en trabajos anteriores (GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001) se agregó el CO<sub>2</sub> como una décima variable química, cuya concentración fue estimada a partir de los valores obtenidos de CaO, ya que esta última se considera que proviene en su totalidad de carbonatos de calcio (CaCO<sub>3</sub>). Cabe destacar, que la determinación de la concentración de CO<sub>2</sub> se realiza solo para contabilizar el porcentaje total de los componentes mayoritarios en las muestras, por lo que dicho valor no es considerado para realizar análisis estadísticos, ya que es obtenido de una

relación matemática. Dicha concentración se calculó por medio de la siguiente ecuación (NOGUERA & YÉPEZ 2002):

$$\%CO_2 = \frac{\%CaO * PM CO_2}{100}$$

donde:

%CaO : Concentración de CaO obtenida directamente a partir de los análisis por FRX

### c) Condiciones óptimas para la medición y calibración del equipo

La aplicación creada trabajó con las mismas condiciones utilizadas en el trabajo de GONZÁLEZ & SÁNCHEZ (2001) y de NOGUERA & YÉPEZ (2002), (TACH2), cuyas características se exponen a continuación:

- Tipo de muestra: polvo
- Voltaje aplicado al tubo de rayos X: 13 KeV (rango 4 -30 KV)
- Intensidad de la corriente aplicada al tubo de rayos X: 30μA (rango 1μA – 1mA)
- Tiempo establecido de medición por muestra: 240 seg.
- Tiempo real promedio de medición por muestra: 332 seg.
- Líneas espectrales medidas: Kα

Dicha aplicación fue calibrada por medio de 17 patrones internacionales. Estos valores se introdujeron en las tablas de la aplicación, y el equipo analizó cada una de las muestras. El programa utiliza estos datos para crear las curvas de calibración (porcentaje vs. cuentas por segundo), con las cuales calcula la concentración de cada uno de los componentes (NOGUERA & YÉPEZ 2002). Las curvas de calibración están presentadas en el trabajo de GONZÁLEZ & SÁNCHEZ (2001).

#### d) Análisis de las muestras

Las muestras fueron analizadas de acuerdo a los siguientes pasos (GONZÁLEZ & SÁNCHEZ 2001):

- Encender el equipo y correr la aplicación para la calibración del mismo.
- Abrir de la ventana de medición para la aplicación.
- Montar los portamuestras con 15 gr aproximadamente de muestra en polvo en el contenedor del equipo, con el Maylar dirigido al detector del equipo, es decir, hacia abajo (Figura 4.19).
- Introducir la identificación de la muestra en la computadora, de acuerdo a la posición que ocupa dentro del contenedor.
- Inicio de la medición.
- Obtención de los resultados, los cuales son guardados en un formato del programa Excel<sup>®</sup> y pueden ser transportados fácilmente en un diskette de 3 ½ .



**Figura 4.19.** Montaje de los portamuestras dentro del contenedor del equipo Minipal.

Cabe destacar, que los valores porcentuales en peso de los 8 componentes mayoritarios, incluyendo el CO<sub>2</sub> estimado, fue sumado y promediado, para así obtener un valor promedio para cada núcleo. Sin embargo, se pudo observar que dicha suma no representa un 100%, eso es debido a que la diferencia se puede hallar en componentes tales como H<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y SO<sub>3</sub>, los cuales no pueden ser identificados por el equipo.

#### 4.2.2.2.2. Fuente radiactiva de $^{109}\text{Cd}$

##### a) Características del equipo

El análisis de los elementos traza se realizó por medio del espectrómetro Niton XL-722S, serie 700 (Figura 4.20). Éste, es un equipo portátil capaz de medir las concentraciones de 24 elementos en partes por millón (ppm), en su mayoría traza, de pesos atómicos mayores al del Fe, aplicando la técnica de fluorescencia de rayos x por dispersión de energía. Consta de dos fuentes radiactivas,  $^{109}\text{Cd}$  y  $^{241}\text{Am}$ , las cuales permiten determinar las concentraciones de los elementos Fe, Co, Cr, Zr, Zn, Ni, Rb, Sr, Cu, Pb, As, Se, Hg, Mo, Mn y Ba, Ag, La, Te, Cd, Sn, Sb, Cs, Pd (CAMPOSANO 2002). Para este trabajo solamente se utilizó la fuente de  $^{109}\text{Cd}$ .



**Figura 4.20.** Espectrómetro Niton XL-722S, serie 700.

El funcionamiento del equipo es manual, mediante la apertura de la ventana de radiación directamente sobre la muestra en una plataforma diseñada específicamente para este equipo. Los resultados de las mediciones obtenidas por el Niton XL-722S, puede ser transferida por medio de una interface a un computador, con la ayuda de un software llamado Xtras 5.7, el cual trabaja bajo un ambiente Windows<sup>®</sup> (versiones 95, 98 o NT) (CAMPOSANO 2002).



## b) Condiciones óptimas para la medición y calibración del equipo

Las condiciones óptimas de medición están dadas según el tiempo de conteo y la utilización o no de filtros.

Según CAMPOSANO (2002), la determinación del tiempo adecuado de medición es 300 segundos, ya que los ensayos de repetitibilidad a distintos tiempos (60-500 segundos) para muestras de sedimentos, arrojaron que a los 300 segundos es donde se obtienen las mediciones más confiables en cuanto a concentraciones, mínimos errores y mayor número de elementos presentes en la muestra. Sin embargo, el autor indica que dicho tiempo no es exclusivo para todos los tipos de sedimentos, ya que la detección de algunos elementos depende de la concentración en que se encuentren en las muestras, por lo que seguramente requerirán un mayor tiempo de medición en el caso en que estas concentraciones elementales sean menores. Es por eso que recomienda hacer ensayos exploratorios con distintos tiempos antes de realizar los análisis del conjunto de muestras a medir, para así definir el tiempo adecuado de conteo, partiendo como tiempo base los 300 segundos.

El Niton XL-722S dispone de dos plataformas para mediciones: en campo y en laboratorio; la primera incluye un filtro de Kapton (NOGUERA & YÉPEZ 2002). CAMPOSANO (2002) indica que las mediciones comparativas utilizando ambas plataformas, arrojaron leves diferencias en los resultados, independientemente del tiempo de medición. Dichas diferencias las atribuye al filtro de Kapton en la plataforma de mediciones de campo y al Maylar en las mediciones de laboratorio, este último, debido a la composición y el espesor del mismo que atenúan los valores de medición.

En base a lo expuesto anteriormente, se estableció como tiempo de medición 300 segundos; y además, no se utilizó ningún tipo de filtro, para efectos de este trabajo.

Según CAMPOSANO (2002), el equipo consta de un sistema de autocalibración particular para cada uno de los elementos que éste puede detectar, por lo que no es necesario elaborar curvas de calibración basadas en patrones estándar para poder adquirir los datos.

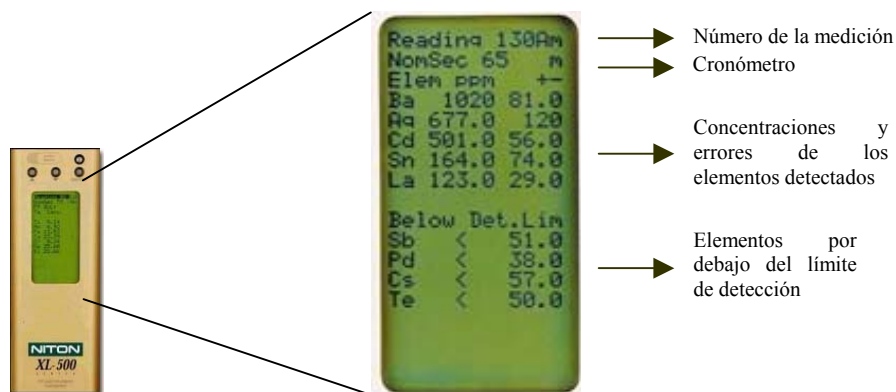
### c) Análisis de las muestras

Para esto se sigue la siguiente secuencia de pasos según NOGUERA & YÉPEZ (2002):

- Encender el equipo y esperar que el mismo se autocalibre.
- Introducir el portamuestra con la muestra ya montada dentro del receptáculo de la plataforma, con el Maylar apuntando hacia arriba o hacia el detector del equipo. La plataforma debe estar situada sobre una superficie plana, sólida y fija.
- Remover el seguro de la ventana y montar el equipo sobre la muestra, de manera que la ventana de radiación coincida con la posición de la muestra (Figura 4.21).
- El equipo comienza con el análisis e inmediatamente en la pantalla aparece el cronómetro (segundos fuente) y el listado de los elementos detectados acompañados de sus concentraciones, errores y valores de los límites de detección (Figura 4.22). Estos valores y algunos de los elementos detectados pueden variar a medida que avanza el tiempo de medición.
- Una vez cumplidos los 300 segundos según el cronómetro de la pantalla, se retira el equipo de la plataforma y se cierra la ventana de radiación. Seguidamente se anota el número de la medición (la memoria del equipo acepta hasta 600 mediciones antes de vaciar la información en una computadora) y la identificación de la muestra, ya que esta última información no puede ser introducida en el instrumento.
- Por último, los resultados son “bajados” del equipo por medio del programa anteriormente mencionado para luego hacer los respectivos análisis con el programa Excel<sup>®</sup> (hoja de cálculo) o cualquier programa estadístico.



**Figura 4.21.** Montaje del equipo sobre la muestra en su plataforma de análisis en laboratorio.



**Figura 4.22.** Características de la pantalla del equipo Niton XL-722S serie 700 (Tomado de NOGUERA & YÉPEZ 2002).

### 4.2.3. ANÁLISIS RADIOMÉTRICOS

#### 4.2.3.1. Preparación de las muestras

El equipo utilizado para este análisis tiene la propiedad de realizar sus mediciones directamente a las muestras, sin tener que hacer algún tipo de montaje, es decir, simplemente las muestras en sus bolsas se colocaron directamente en el detector del equipo. Cabe destacar, que antes de iniciar las mediciones, se limpiaron cada una de las bolsas de las muestras antes de introducirlas en el equipo, de esta manera se evita algún tipo de contaminación por el polvo.

#### 4.2.3.2. Espectrometría por rayos Gamma

##### a) Características del equipo

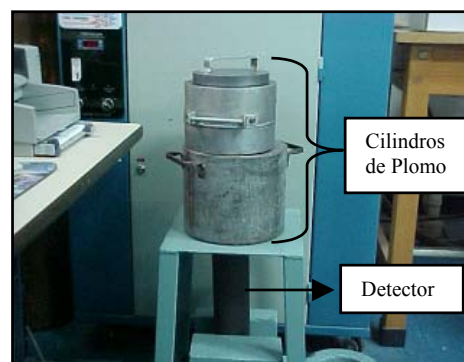
El análisis de elementos radiométricos se realizó por medio del espectrómetro de rayos Gamma MCA8000A “Pocket MCA”, el cual es un equipo portátil controlado por un software ejecutable en una computadora personal (PC) bajo ambiente Windows<sup>®</sup> y/o Dos<sup>®</sup>. El analizador multicanal está conectado con el PC a través de una interfase serial, y a la vez el

analizador se encuentra conectado con el detector a través de una interfase I/O (Figura 4.23) (ARIAS & CAMPOSANO 2002).

El equipo ha sido diseñado para el trabajo en campo, por lo que fue necesario adaptar el sistema para el trabajo en laboratorio, a través de la protección del detector, con el objetivo de que las mediciones no fueran afectadas por radiaciones ambientales o externas. El detector consta de un cristal de centelleo, tubo fotomultiplicador, fuente generadora y regulador de alto voltaje. Dicho detector está protegido por dos cilindros de plomo y una tapa del mismo material, para impedir que la radiación ambiental o cósmica afecte la medición y la detección de los isótopos (Figura 4.24).



**Figura 4.23.** Muestra del detector de centelleo conectado al Amptek MCA8000A "Pocket MCA" y una computadora laptop (<http://amptek.com>). 16/12/02



**Figura 4.24.** Disposición del equipo de espectrometría de rayos Gamma dentro de los cilindros de plomo.

#### b) Condiciones óptimas para la medición y calibración del equipo

Las condiciones óptimas de medición están dadas por la determinación del tiempo de medición y el peso de muestra adecuado, para encontrar las cuentas por segundo (cps) mas representativas.

ARIAS & CAMPOSANO (2002), definieron la variabilidad de cuentas por segundo con respecto a 4 tiempos de medición y a 4 pesos en gramos de muestras pulverizadas, compuestas por una mezcla de rocas sedimentarias. Los mismos autores concluyeron que el tiempo óptimo de medición debe ser entre 400 y 600 segundos, ya que los resultados de las

mediciones a las muestras en este intervalo de tiempo es muy similar. Aunque recomiendan trabajar con 400 segundos, debido a que 600 segundos es un tiempo considerable al momento de realizar una gran cantidad de análisis, por lo para este trabajo se estableció 400 segundos como tiempo óptimo de medición. En relación al peso de las muestras al momento de medir, determinaron que al aumentar el peso de las muestras aumentan las cuentas por segundo, es decir, son directamente proporcionales, por lo que al realizar varios análisis es necesario establecer un peso de muestra único que debe oscilar entre 25 y 250 gramos, recomendando 50 gramos para efectos prácticos.

Las calibración del equipo, según ARIAS & CAMPOSANO (2002), consistió primeramente en analizar un conjunto de muestras de concentración promedio conocida, para comparar los valores obtenidos del espectro, con los aportados por la base de datos del software Pmca 2.0, y así poder calibrar los espectros por medio de la función “Calibrate Peaks” y determinar cuantos y cuales isótopos se detectan. De esta manera quedaron definidos e identificados 7 isótopos de acuerdo a sus niveles de energía:  $^{208}\text{Tl}$  (583, 2614),  $^{214}\text{Bi}$  (609, 1120, 1764),  $^{228}\text{Ac}$  (794) y  $^{40}\text{K}$  (1460), todos en unidades de energía tipo KeV.

Luego de identificar los isótopos y calibrar los espectros, ARIAS & CAMPOSANO (2002) determinaron las zonas de interés (ROI) o ventanas de medición (zonas de incidencia de los isótopos), estableciendo 7 zonas de medición o interés (ROI) principales que corresponden con los isótopos ya definidos anteriormente y seis ventanas secundarias F1, F2, F3, F4, F5 y F6 que representan zonas intermedias y marginales; quedando de esta manera calibrado el equipo.

#### c) Análisis de las muestras

Los pasos a seguir para la medición de las muestras fueron:

- Generación del espectro sin ninguna muestra en el detector.
- Calibración del espectro por medio de la aplicación de las zonas de interés (ROI) pre-establecidas.

- Colocación de la muestra dentro de los cilindros de plomo en contacto con el detector del equipo, de manera que las muestras dentro de su bolsa tipo clip quede distribuida uniformemente sobre el detector (Figura 4.25).
- Colocar la tapa de plomo.
- Iniciar la medición.
- Generación del espectro y la data. Cabe destacar que esos valores están dados en cuentas para 400 segundos, por lo que es necesario dividirlos entre 400, para así hacer la conversión a cuentas por segundo.
- Obtención de los resultados, los cuales son guardados en una tabla del programa Excel<sup>®</sup>.



**Figura 4.25.** Vista superior del detector de espectrometría, dentro de los cilindros de plomo, donde se puede observar la disposición de una muestra a medir.

### 4.3. FASE DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Esta fase comprendió el procesamiento geoestadístico de los datos obtenidos con los análisis descritos de las muestras de los 4 núcleos tipo “piston core”, a través de la elaboración de gráficas univariante (diagramas de caja e histogramas de frecuencia), bivariante (diagramas de dispersión) y multivariante (funciones discriminantes y análisis de agrupaciones), por medio de la utilización de los programas estadísticos NCSS<sup>®</sup> 2000, MVSP<sup>®</sup> 3.1, STATGRAPHICS<sup>®</sup> 4.1, y Microsoft Excel<sup>®</sup> 2000.

Además, se realizaron series secuenciales o perfiles de distribución que permiten visualizar la variación vertical de los componentes químicos e isótopos radiométricos de cada una de las secuencias sedimentarias que forman los núcleos. También, ayudan a interpretar la posibilidad de establecer un número de unidades químicas y radiométricas, y las tendencias de dichas variaciones que caracterizan a cada una de las secciones, por medio de la construcción de curvas “crudas” y suavizadas, para esto se utilizó el programa Excel<sup>®</sup> 2000.

## 5. RESULTADOS E INTERPRETACIONES

### 5.1. RESULTADOS ANALÍTICOS QUÍMICOS

Se analizaron 376 muestras de sedimentos provenientes de 4 núcleos tipo “Piston Core”, pertenecientes a la Plataforma Deltana Venezolana, mediante la técnica de fluorescencia de rayos x; de las cuales 117 muestras pertenecen al núcleo P29, 68 al núcleo S4, 109 al C38 y 82 al Q3.

La tabla 5.1 muestra los valores promedio obtenidos para cada núcleo, mientras que los resultados analíticos se presentan en las Tablas Generales (Apéndice II).

**Tabla 5.1.** Tabla de concentraciones químicas promedio de los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Elementos <sup>(a)</sup>	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
SiO <sub>2</sub>	60,12	60,57	56,85	55,75
TiO <sub>2</sub>	0,81	0,64	0,89	0,67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,86	11,80	15,92	12,17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,89	4,44	7,45	6,35
MnO	0,07	0,05	0,09	0,03
MgO	1,90	1,29	1,53	1,10
CaO	1,28	2,67	0,55	4,20
K <sub>2</sub> O	1,79	1,45	2,15	1,57
V	31	30	38	30
Zr	222	264	170	275
Sr	123	138	109	198
Rb	204	140	255	187
Pb	47	41	58	47
As	-	-	-	46
Zn	100	75	117	88
Cu	110	112	-	-
Ni	262	262	305	272

(a) Las concentraciones de los componentes mayoritarios se encuentran en %, mientras que los elementos trazas en ppm



## 5.1.1. ESTADÍSTICA UNIVARIANTE

### 5.1.1.1. Histogramas de frecuencia

Se realizaron histogramas de frecuencia, con sus respectivos polígonos de frecuencia, a cada una de las variables químicas, que indican la movilidad de los elementos dentro del polígono, a través de los rangos de concentración, ellos se muestran en la figuras 5.1 y 5.2.

Un resumen del comportamiento de cada histograma a través de los 4 núcleos estudiados se presenta en la tabla 5.2, observándose una amplia versatilidad en la conducta de cada uno, definiéndose patrones unimodales, bimodales y hasta multimodales, estos últimos esporádicamente. Así mismo, se percibe una diferencia notable en los valores de los máximos para cada núcleo.

**Tabla 5.2.** Comportamiento y valores máximos de los polígonos de frecuencia en los histogramas de frecuencia químicos correspondientes a los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Elemento	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Unimodal Máximo = 59%	Unimodal Máximo = 63%	Unimodal Máximo = 55%	Unimodal (-) Máximo = 57%
<b>TiO<sub>2</sub></b>	Bimodal Máximo (1) = 0,55% Máximo (2) = 0,85%	Bimodal Máximo (1) = 0,4% Máximo (2) = 0,8%	Bimodal Máximo (1) = 0,8% Máximo (2) = 0,9%	Unimodal (-) Máximo = 0,7%
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Bimodal Máximo (1) = 12% Máximo (2) = 16%	Bimodal Máximo (1) = 8% Máximo (2) = 14%	Bimodal Máximo (1) = 14% Máximo (2) = 17%	Unimodal Máximo = 12%
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Unimodal Máximo = 6,3%	Bimodal Máximo (1) = 3,5% Máximo (2) = 5,5%	Unimodal (+) Máximo = 7,5%	Bimodal Máximo (1) = 6% Máximo (2) = 8%
<b>MnO</b>	Unimodal (+) Máximo = 0,07%	Bimodal Máximo (1) = 0,01% Máximo (2) = 0,05%	Unimodal (+) Máximo = 0,08%	Bimodal Máximo (1) = 0,03% Máximo (2) = 0,04%
<b>MgO</b>	Unimodal (+) Máximo = 2%	Bimodal Máximo (1) = 1% Máximo (2) = 3%	Unimodal (+) Máximo = 2%	Bimodal Máximo (1) = 1% Máximo (2) = 2%
<b>CaO</b>	Bimodal Máximo (1) = 1% Máximo (2) = 7%	Bimodal Máximo (1) = 2% Máximo (2) = 12%	Unimodal (+) Máximo = 6%	Unimodal (+) Máximo = 4%

Tabla 5.2. Continuación

<b>K<sub>2</sub>O</b>	Bimodal Máximo (1) = 1,8% Máximo (2) = 2,2%	Bimodal Máximo (1) = 1% Máximo (2) = 1,8%	Bimodal Máximo (1) = 1% Máximo (2) = 2,2%	Bimodal Máximo (1) = 1,4% Máximo (2) = 1,7%
<b>V</b>	Bimodal Máximo (1) = 32 ppm Máximo (2) = 49 ppm	Bimodal Máximo (1) = 31 ppm Máximo (2) = 40 ppm	Multimodal Máximo (1) = 35 ppm Máximo (2) = 45 ppm Máximo (3) = 60 ppm	Unimodal (+) Máximo = 30 ppm
<b>Zr</b>	Bimodal Máximo (1) = 150 ppm Máximo (2) = 250 ppm	Unimodal Máximo = 245 ppm	Unimodal (+) Máximo = 130 ppm	Unimodal Máximo = 270 ppm
<b>Sr</b>	Bimodal Máximo (1) = 80 ppm Máximo (2) = 300 ppm	Bimodal Máximo (1) = 50 ppm Máximo (2) = 400 ppm	Bimodal Máximo (1) = 100 ppm Máximo (2) = 200 ppm	Unimodal Máximo = 190 ppm
<b>Rb</b>	Unimodal Máximo = 180 ppm	Bimodal Máximo (1) = 90 ppm Máximo (2) = 190 ppm	Bimodal Máximo (1) = 210 ppm Máximo (2) = 260 ppm	Unimodal Máximo = 200 ppm
<b>Pb</b>	Unimodal (+) Máximo = 38 ppm	Multimodal Máximo (1) = 38 ppm Máximo (2) = 50 ppm Máximo (3) = 60 ppm	Unimodal Máximo = 62 ppm	Unimodal Máximo = 47 ppm
<b>As</b>				Multimodal Máximo (1) = 48 ppm Máximo (2) = 57 ppm Máximo (3) = 65 ppm
<b>Zn</b>	Unimodal Máximo = 93 ppm	Unimodal (+) Máximo = 66 ppm	Unimodal Máximo = 120 ppm	Unimodal Máximo = 90 ppm
<b>Cu</b>	Bimodal Máximo (1) = 113 ppm Máximo (2) = 152 ppm	Multimodal Máximo (1) = 118 ppm Máximo (2) = 155 ppm Máximo (3) = 190 ppm		
<b>Ni</b>	Bimodal Máximo (1) = 266 ppm Máximo (2) = 330 ppm	Multimodal Máximo (1) = 267 ppm Máximo (2) = 310 ppm Máximo (3) = 345 ppm	Bimodal Máximo (1) = 280 ppm Máximo (2) = 355 ppm	Unimodal (+) Máximo = 275 ppm

Los histogramas del SiO<sub>2</sub> presentan un carácter unimodal para cada uno de los núcleos, con un comportamiento simétrico en el P29, S4 y C38, mientras que en el Q3 desaparece esta simetría, pasando a ser sesgada negativa (Figura 5.1), las concentraciones también varían de núcleo en núcleo, teniendo las mayores en los núcleos más cercanos a la costa, P29 y S4, con máximo de 63% en éste último y mínimo de 55% en el C38.

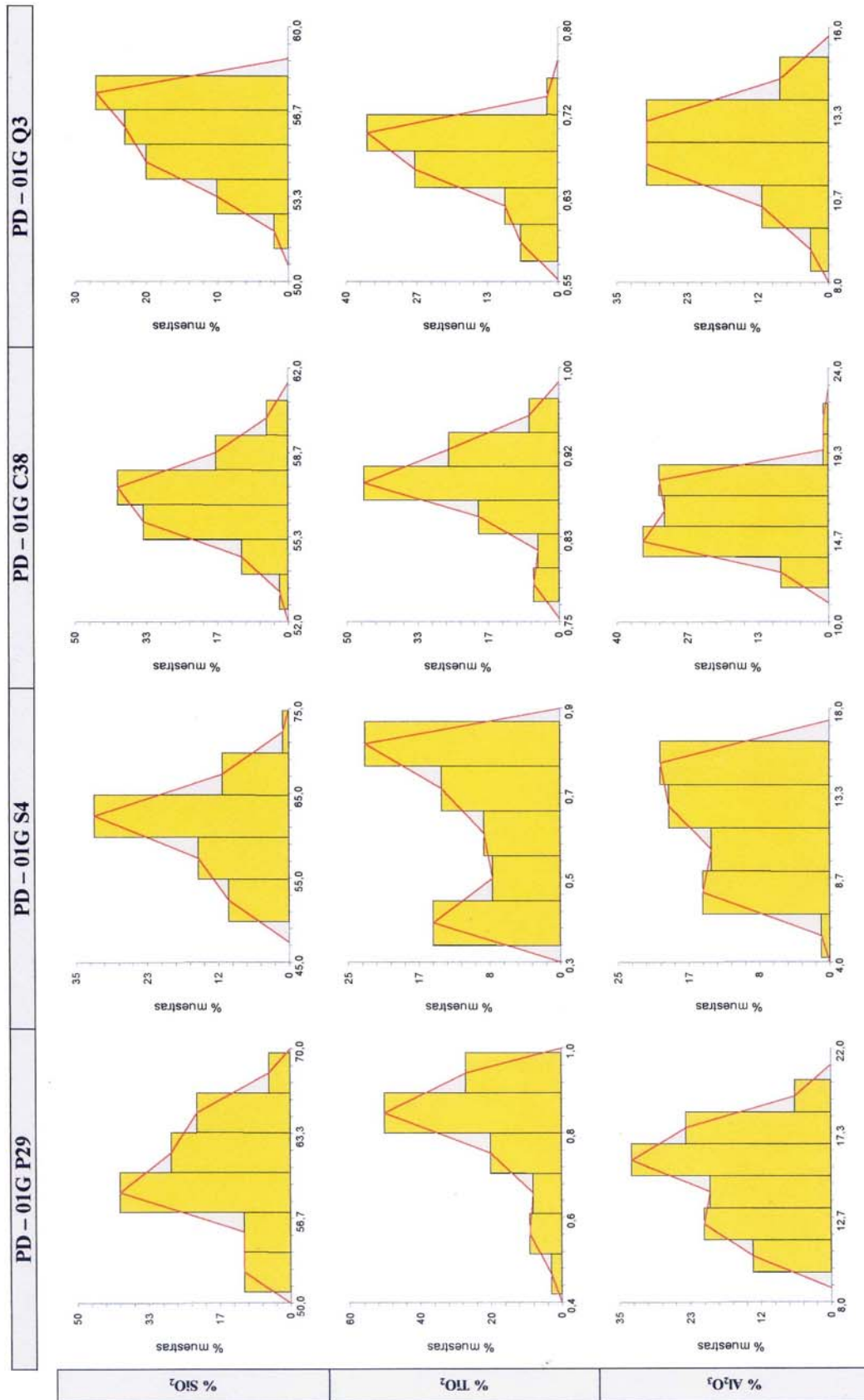


Figura 5.1. Histogramas de frecuencia de componentes mayoritarios.

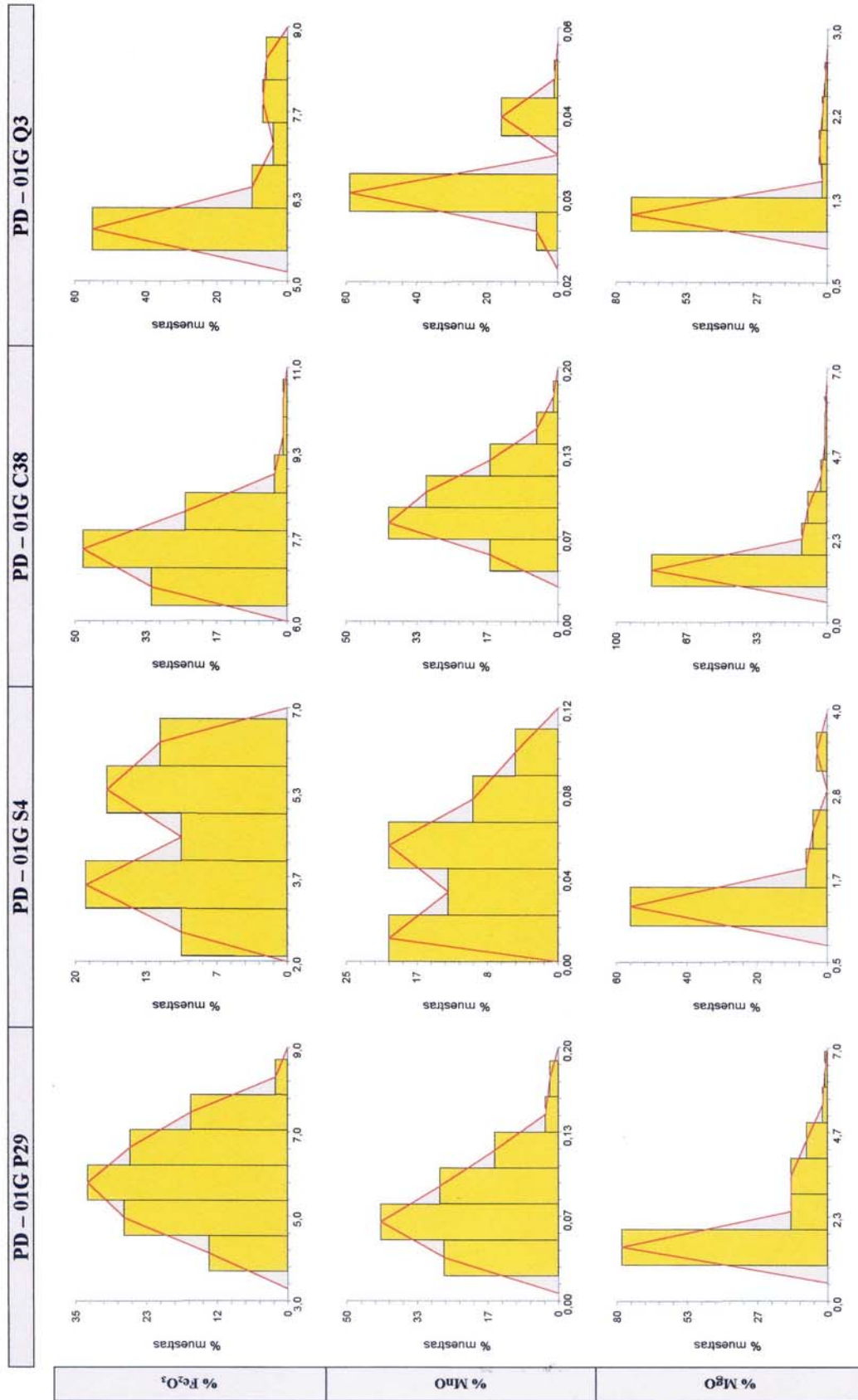


Figura 5.1. Continuación.

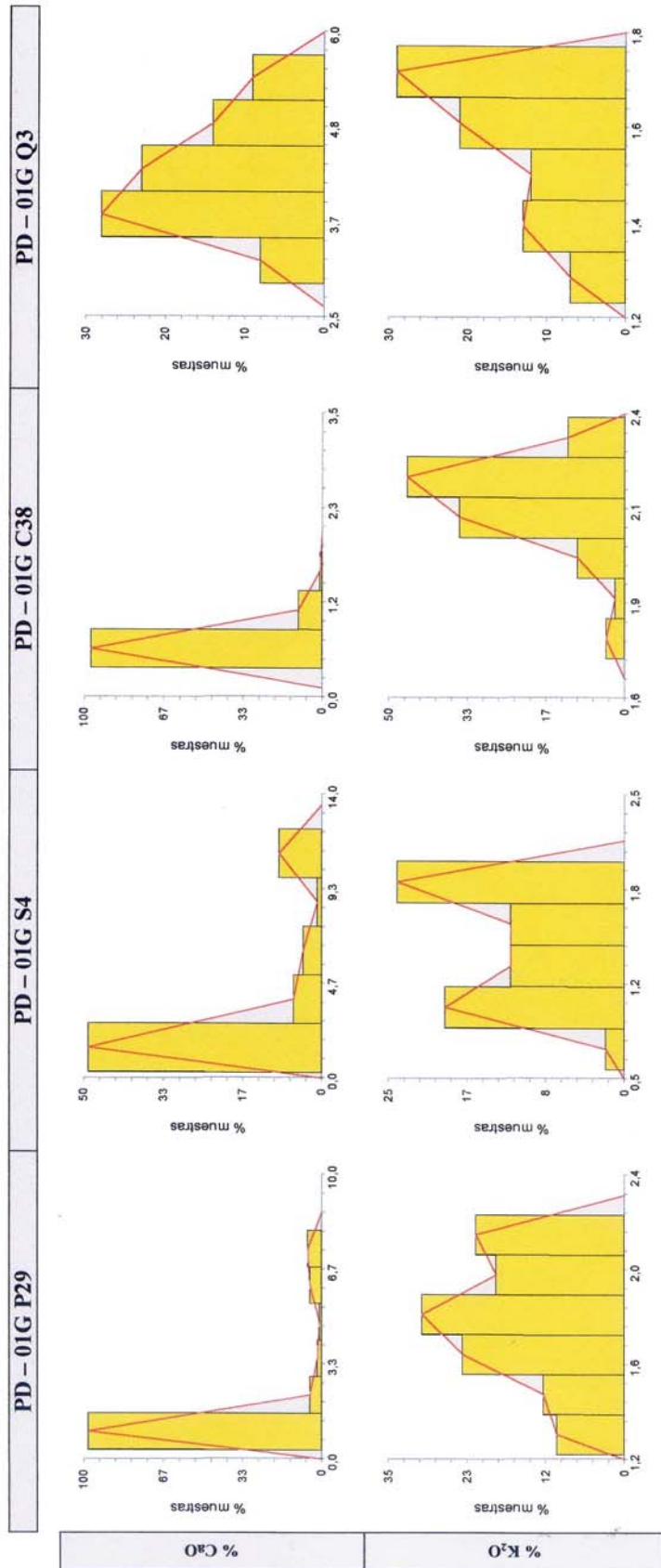


Figura 5.1. Continuación.

En el caso del  $\text{TiO}_2$  los núcleos P29, S4 y C38 poseen un comportamiento similar de carácter bimodal, mientras que el Q3 presenta una conducta unimodal con sesgo negativo (Figura 5.1), las mayores concentraciones se manifiestan también en los 3 primeros núcleos con promedio de 0,85%, mientras que en el Q3 decrece a 0,7%.

El  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mantiene un carácter similar de bimodalidad en los 3 primeros núcleos (P29, S4 y C38), mientras varía considerablemente el comportamiento en el Q3, el más alejado de la costa, siendo unimodal simétrica (Figura 5.1), las mayores concentraciones tienden a estar entre 12 y 15% en todos los núcleos, alcanzando el valor máximo de 17% en el núcleo C38.

Las mayores concentraciones del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se encuentran en los núcleos C38 y Q3, alcanzando valores de 7 y 8%, respectivamente, aunque el comportamiento de cada curva es totalmente distinto en cada núcleo, observándose unimodal simétrica en el P29, bimodal en el S4 y Q3, aunque en este último el segundo máximo es tan bajo que casi se comporta unimodal con sesgo positivo, al igual que el núcleo C38 (Figura 5.1).

El comportamiento del MnO es similar al del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , las mayores concentraciones se encuentran en los núcleos C38 y Q3, destacándose el valor máximo de 0,08% en el primero de ellos, los polígonos de frecuencia muestran un carácter unimodal con sesgo positivo en los núcleos P29 y C38, al contrario de los otros 2 núcleos que presentan bimodalidad (Figura 5.1). Este comportamiento se repite en el MgO, solo que las concentraciones máximas oscilan entre el 1 y 3%.

El CaO presenta un comportamiento bimodal en los núcleos P29 y S4, que a su vez exhiben las mayores concentraciones, las cuales varían entre el 7 y 12 %, en los núcleos restantes la conducta es mas bien unimodal con sesgo positivo, pero con ligeras diferencias, ya que el núcleo Q3 presenta mayor dispersión en las concentraciones (Figura 5.1). El Sr se comporta de manera similar con máximos de concentración que alcanzan los 300 y 400 ppm en los mismos primeros núcleos.

El  $K_2O$  en todos los núcleos se observa con un comportamiento bimodal, sólo que se diferencian por las máximas concentraciones que en los núcleos P29 y C38 alcanzan los mayores valores de hasta 2,2% (Figura 5.1).

El V se presenta de manera diferente en cada núcleo, siendo unimodal con sesgo positivo en el núcleo Q3, bimodal en el P29 y S4 y hasta multimodal en el caso del C38 (Figura 5.2), pero tienen en común que una de las máximas concentraciones está cerca del límite de detección, aunque el máximo valor de las concentraciones es 60 ppm en el núcleo C38.

El Zr se presenta de manera bimodal en el núcleo P29, aunque posee mayor dispersión de las concentraciones que le da un cierto carácter unimodal con sesgo positivo, al igual que el C38, mientras que el S4 y Q3 presentan un patrón unimodal, aunque este último es menos simétrico que el anterior, las máximas concentraciones se encuentran justamente en el núcleo más alejado de la costa alcanzando un valor de 270 ppm.

El Rb se comporta de manera unimodal en los núcleos P29, C38 y Q3, siendo este último más simétrico, el anterior sesgado negativamente y la primera con menor dispersión en las concentraciones, el núcleo S4 tiene un carácter bimodal (Figura 5.2). Las máximas concentraciones se presentan en el núcleo C38, las cuales varían entre 210 y 260 ppm.

El Pb presenta las máximas concentraciones cerca del límite de detección (36 ppm) en los núcleos P29 y S4, el mayor valor se presenta en el núcleo C38 cercano a los 62 ppm. El comportamiento por tanto es distinto en cada núcleo, siendo el P29 unimodal con sesgo positivo, el S4 multimodal, el Q3 y C38 unimodales simétricos, solo que variando el rango de concentración, el cual es más amplio en este último (Figura 5.2).

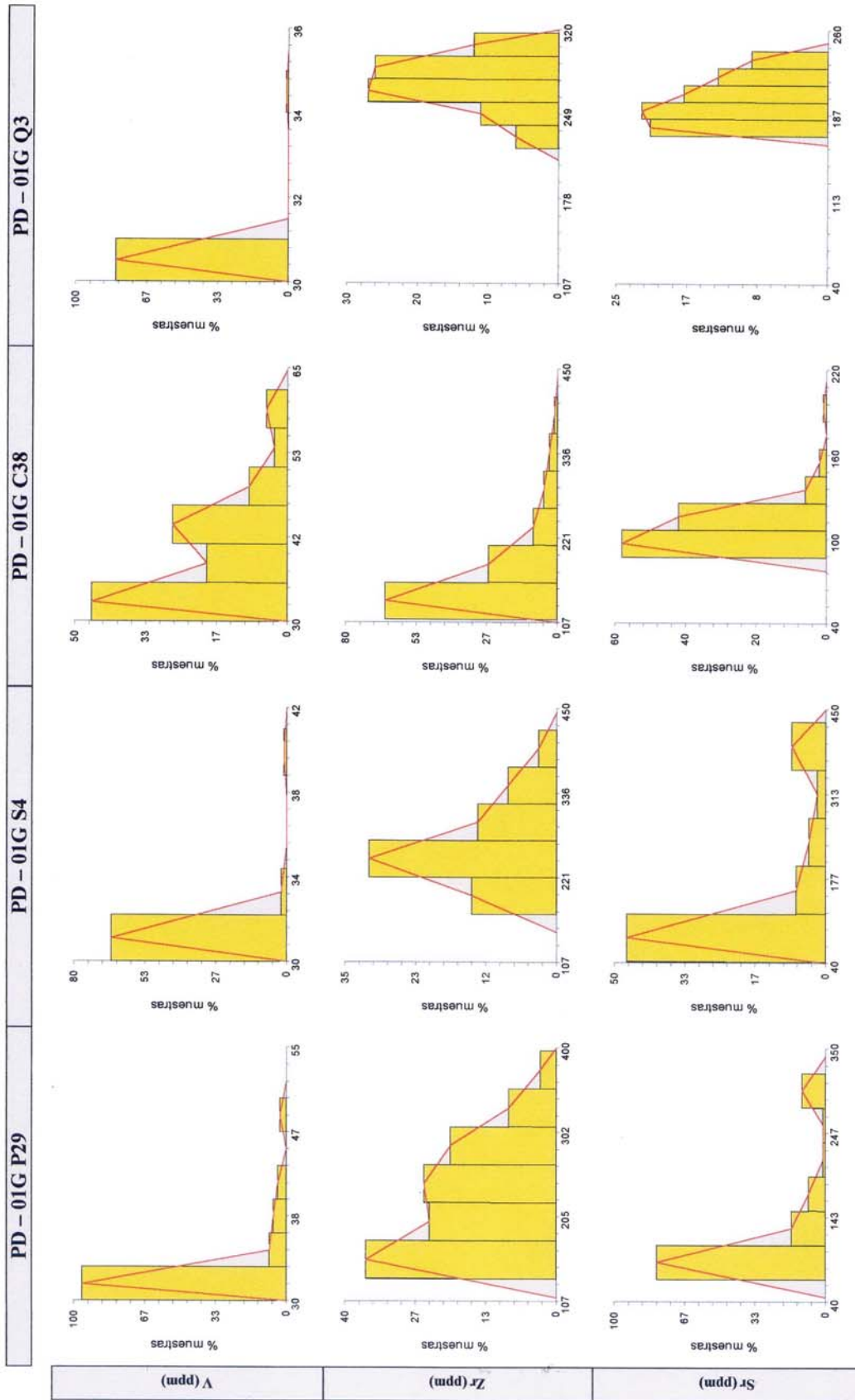


Figura 5.2. Histogramas de frecuencia de elementos traza.



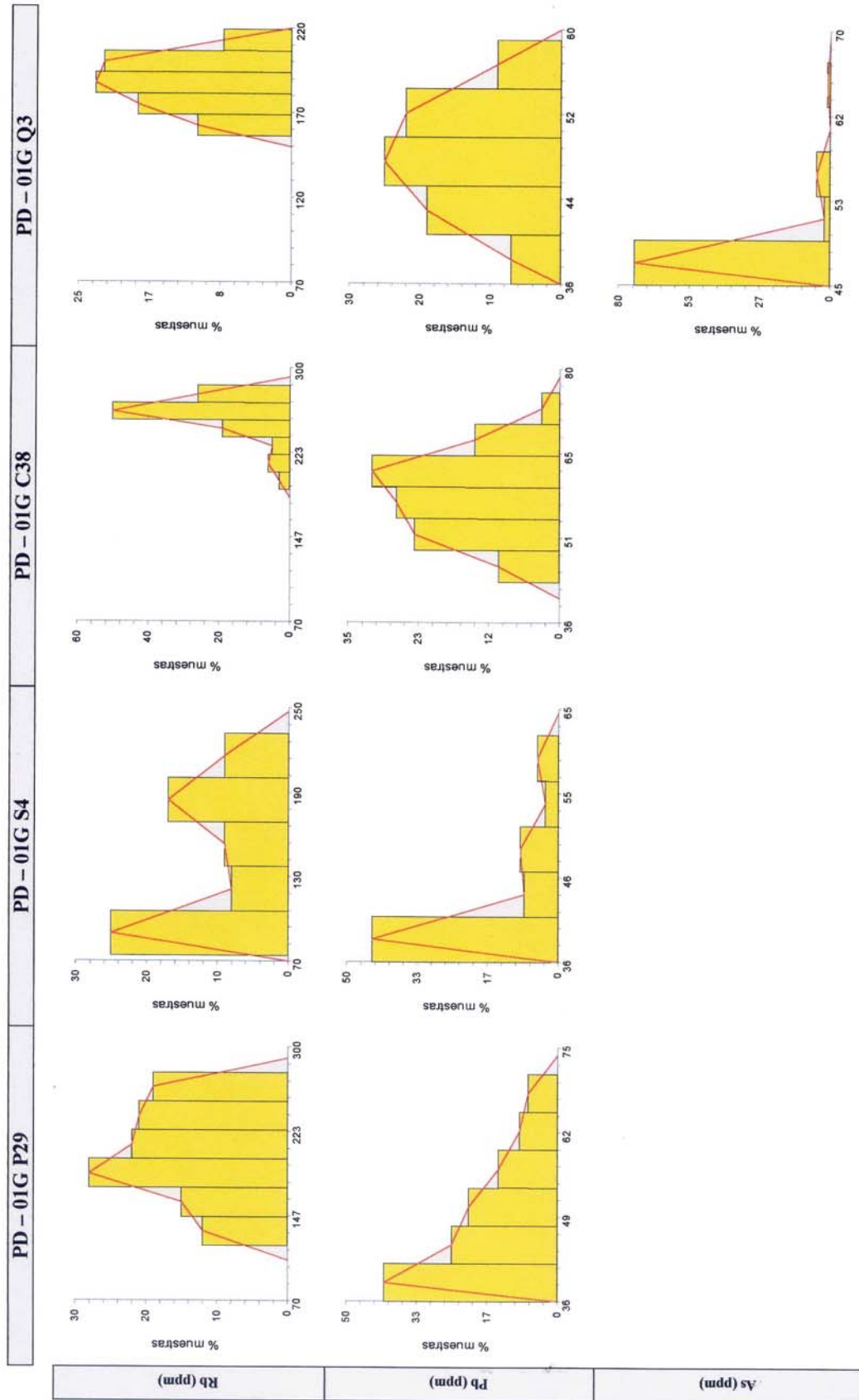


Figura 5.2. Continuación.

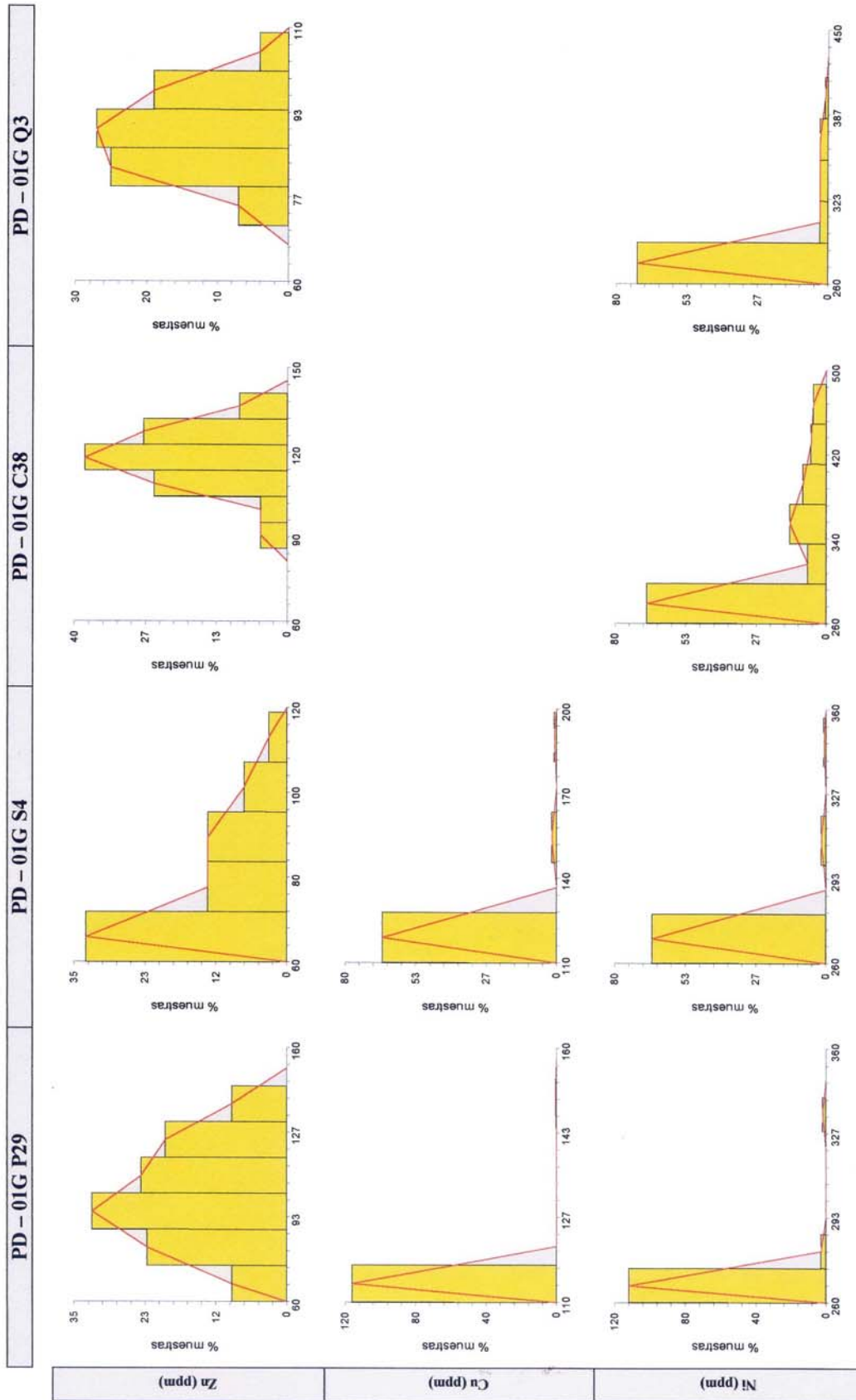


Figura 5.2. Continuación.

El As es característico del núcleo Q3 en el cual muestra un comportamiento multimodal, y con el máximo de concentración cerca del límite de detección (Figura 5.2). Así mismo, el Cu sólo se presenta en los núcleos P29 y S4, el primero con comportamiento bimodal y el segundo multimodal, las mayores concentraciones se exhiben cercanos al límite de detección. Cabe destacar que la mayoría de las concentraciones de As y Cu se encuentran por debajo del límite de detección.

En el Zn se observan tendencias unimodales en todos los núcleos, diferenciándose el S4 que posee sesgo positivo, el máximo de las concentraciones se encuentra en el núcleo C38, el cual llega a ser de 120 ppm (Figura 5.2). En cambio el Ni, presenta un comportamiento bimodal en los núcleos P29 y C38, multimodal en el S4 y unimodal con sesgo positivo en el Q3, las máximas concentraciones principales se encuentran cerca del límite de detección (260 ppm), lo que le da un comportamiento unimodal con sesgo positivo a cada núcleo.

### 5.1.1.2. Diagramas de caja

Con el fin de comparar las concentraciones de cada núcleo y sus dispersiones, según el coeficiente de variación, se presenta la tabla 5.3, resultado de la observación y análisis de los diagramas de caja de cada núcleo (Figura 5.3).

**Tabla 5.3.** Valor de las medianas y coeficiente de variación de las concentraciones obtenidas de los diagramas de caja químicos correspondientes a los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Elemento	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
SiO <sub>2</sub>	Mediana = 60% CV = 7	Mediana = 61% CV = 8	Mediana = 57% CV = 3	Mediana = 56% CV = 3
TiO <sub>2</sub>	Mediana = 0,85% CV = 15	Mediana = 0,7% CV = 26	Mediana = 0,7% CV = 4	Mediana = 0,9% CV = 5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mediana = 15% CV = 16	Mediana = 12% CV = 23	Mediana = 16% CV = 11	Mediana = 12% CV = 11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mediana = 6% CV = 19	Mediana = 4% CV = 29	Mediana = 7,4% CV = 9	Mediana = 6% CV = 14

**Tabla 5.3.** Continuación.

<b>MnO</b>	Mediana = 0,07% CV = 44	Mediana = 0,06% CV = 56	Mediana = 0,09% CV = 29	Mediana = Constante CV = 16 Algunos valores Anómalos fuertes
<b>MgO</b>	Mediana = 1% CV = 67	Mediana = 1% CV = 47	Mediana = 1% CV = 63	Mediana = Constante CV = 29 Muchos valores Anómalos fuertes
<b>CaO</b>	Mediana = 1% CV = 156 Pocos Anómalos Suaves	Mediana = 1% CV = 144	Mediana = 1% CV = 59	Mediana = 4,5% CV = 16
<b>K<sub>2</sub>O</b>	Mediana = 1,8% CV = 14	Mediana = 1,4% CV = 27	Mediana = 2,2% CV = 6	Mediana = 1,6% CV = 9
<b>V</b>	Mediana = Constante CV = 13 Muchos valores Anómalos fuertes	Mediana = Constante CV = 5 Algunos valores Anómalos fuertes	Mediana = 0,09 ppm CV = 21	Mediana = Constante CV = 2 Pocos valores Anómalos fuertes
<b>Zr</b>	Mediana = 240 ppm CV = 28	Mediana = 290 ppm CV = 20	Mediana = 150 ppm CV = 34	Mediana = 300 ppm CV = 8
<b>Sr</b>	Mediana = 100 ppm CV = 53	Mediana = 85 ppm CV = 83	Mediana = 100 ppm CV = 13	Mediana = 200 ppm CV = 10
<b>Rb</b>	Mediana = 200 ppm CV = 19	Mediana = 140 ppm CV = 35	Mediana = 260 ppm CV = 7	Mediana = 190 ppm CV = 8
<b>Pb</b>	Mediana = 45 ppm CV = 20	Mediana = 36 ppm CV = 18	Mediana = 55 ppm CV = 12	Mediana = 46 ppm CV = 11
<b>As</b>				Mediana = Constante CV = 8 Muchos valores Anómalos fuertes
<b>Zn</b>	Mediana = 100 ppm CV = 19	Mediana = 72 ppm CV = 22	Mediana = 120 ppm CV = 9	Mediana = 88 ppm CV = 9
<b>Cu</b>	Mediana = Constante CV = 4 Pocos valores Anómalos fuertes	Mediana = Constante CV = 11 Algunos valores Anómalos fuertes		
<b>Ni</b>	Mediana = Constante CV = 4 Muchos valores Anómalos fuertes	Mediana = Constante CV = 5 Muchos valores Anómalos fuertes	Mediana = 260 ppm CV = 21	Mediana = 260 ppm CV = 12 Muchos valores Anómalos fuertes y Algunos suaves

Los diagramas de caja muestran diferentes patrones de comportamiento en los núcleos estudiados, según el coeficiente de variación los núcleos P29 y S4 se reparten las más altas dispersiones en las concentraciones de los elementos, a excepción del V, Zr y Ni, que se presentan en el C38 (Figura 5.3). El núcleo Q3 posee la menor dispersión en las

concentraciones en la mayoría de los casos, exceptuando al  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y Rb que se observan en el núcleo C38.

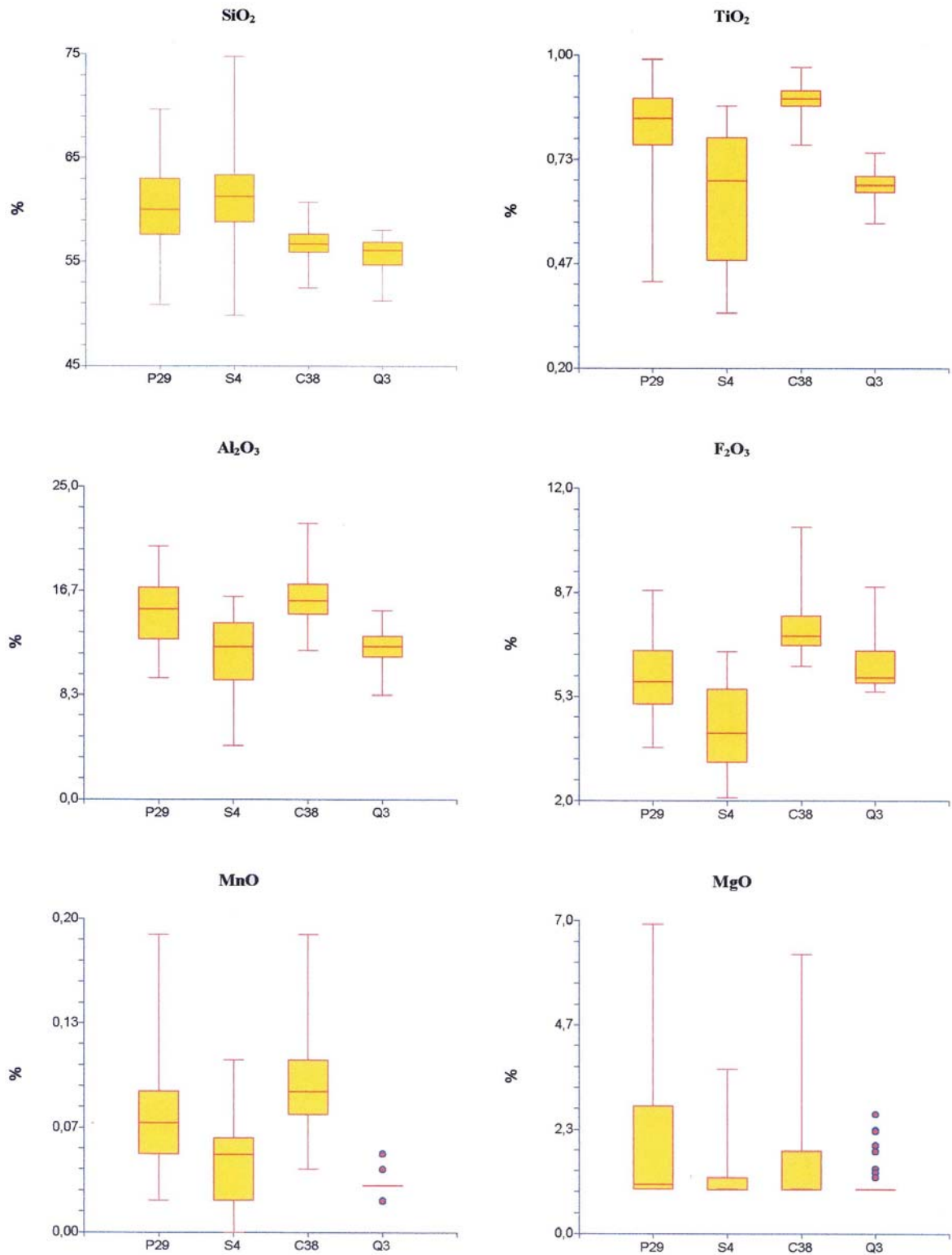


Figura 5.3. Diagramas de caja químicos.

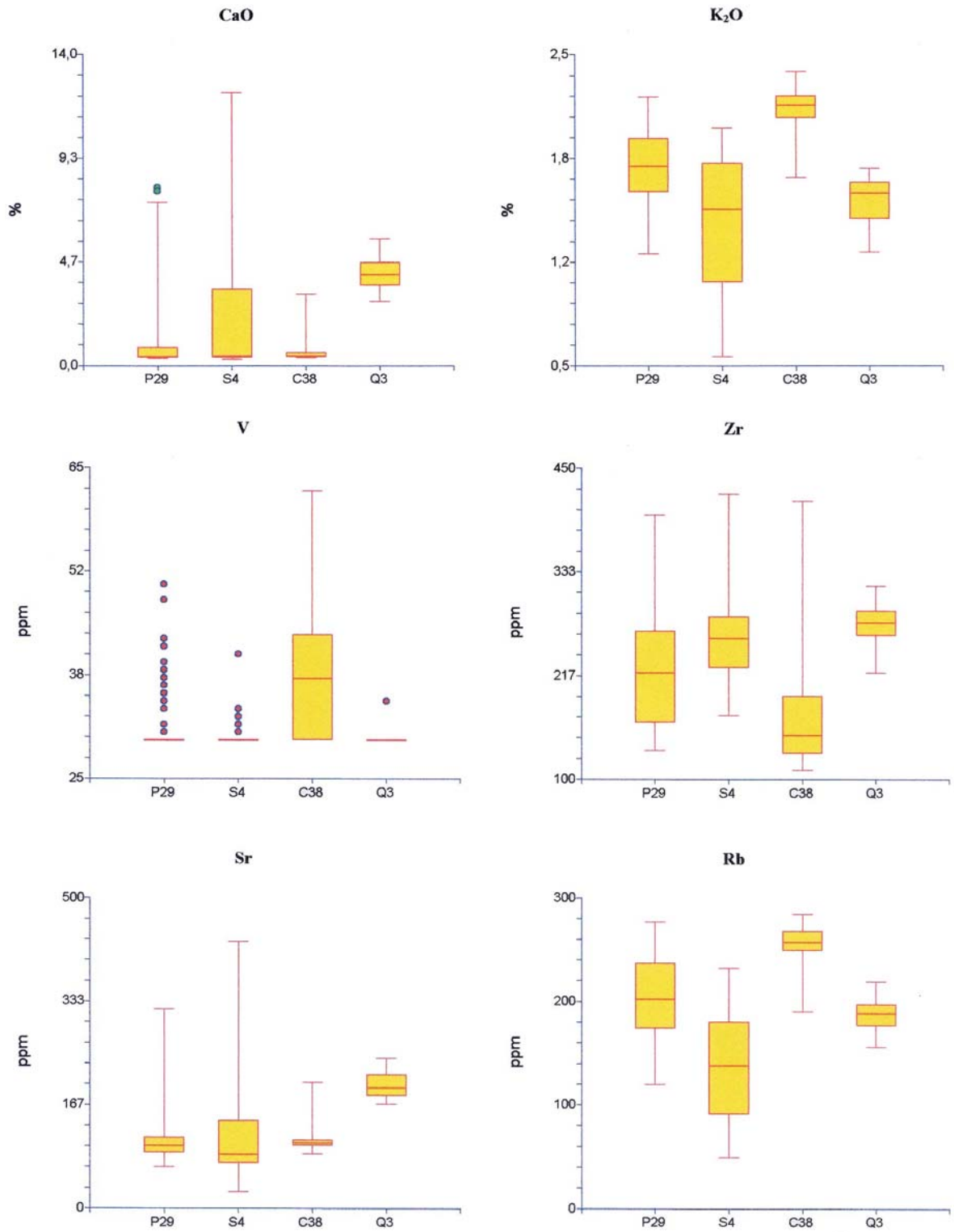


Figura 5.3. Continuación.

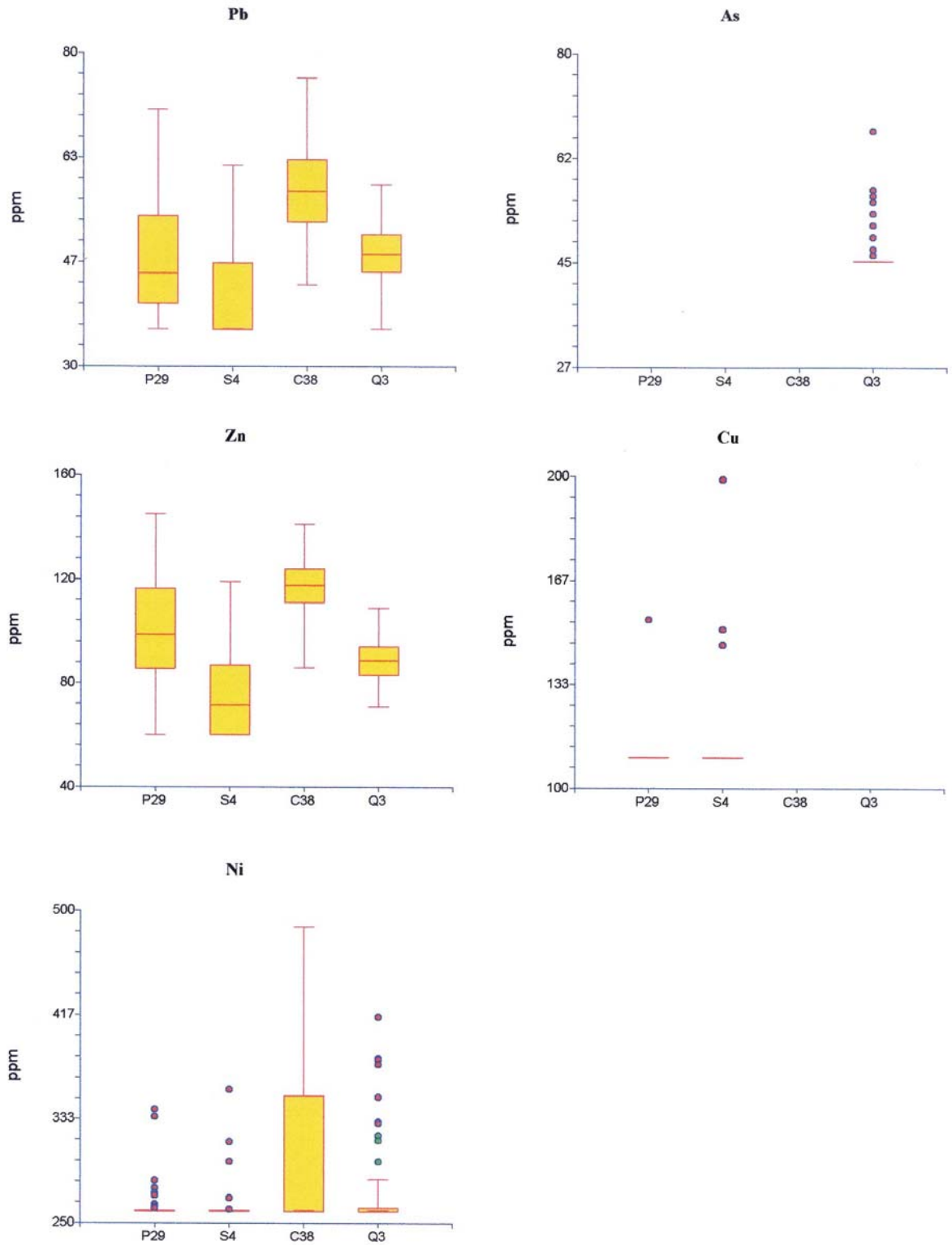


Figura 5.3. Continuación.



Otra característica importante es el solapamiento entre los rangos de concentración que existe entre los cuartiles 25 y 75 (valores centrales), para los núcleos P29, S4 y Q3, dejando aislado al C38 para la mayoría de los elementos, tales como:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , entre otros. Pero este posee el valor máximo de la mediana en el conjunto de elementos, a excepción del  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Zr}$  y  $\text{Sr}$ , en estos 3 últimos, el máximo se presenta en el Q3.

Los valores mínimos de las medianas se encuentran repartidas entre los núcleos S4 y Q3, si no son similares, alguno de estos núcleos la posee, a excepción del  $\text{Zr}$  que se presenta en el C38.

En una visión más general, se distingue un patrón de comportamiento para los núcleos P29 y S4, en conjunto, similar al agrupar los núcleos C38 y Q3, donde los valores máximos de las medianas y el rango central son mayores en los primeros núcleos de cada conjunto y decrece hacia los segundos, o viceversa.

### 5.1.1.3. Diagramas de dispersión

Se realizaron diagramas de dispersión para establecer patrones de correlación o relaciones entre los elementos químicos analizados. Solo se presentaron aquellos diagramas que muestren coeficientes de correlación ( $r$ ) entre un 95% y 99% de confiabilidad en 3 de los 4 los núcleos (Figura 5.4, leyenda de los diagramas de dispersión: P29 (verde), S4 (rojo), C38 (gris), Q3 (azul)). El valor de los coeficientes de estos porcentajes fue calculado a partir de la tabla de valores críticos ( $r_c$ ) de SNEDECOR (1946, en DIXON *et al.* 1966), según el número de muestras para cada núcleo y las variables consideradas (Apéndice III).

En la tabla 5.4 se muestran los porcentajes generales de los coeficientes de correlación según su grado de confiabilidad para cada núcleo, observándose que el porcentaje de confiabilidad disminuye a medida que el núcleo se encuentra mas alejado de la costa. Es decir, que la relación lineal existente entre los distintos elementos químicos es mucho mayor en zonas de profundidades someras.

**Tabla 5.4.** Porcentajes generales químicos de los coeficientes de correlación mayores y menores al  $r_c$ , para los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Confiabilidad	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
$C > 99\%$	61%	47%	50%	36%
$95\% \leq C < 99\%$	2%	11%	6%	7%
$C < 95\%$	37%	42%	44%	57%

La tabla 5.5 muestra los valores de los coeficientes de correlación ( $r$ ) químicos para los núcleos P29 y S4, observándose que las relaciones para los distintos elementos químicos a excepción del MgO, Cu y Ni, en ambos núcleos, además del SiO<sub>2</sub>, V y Zr en el S4, son linealmente representativas.

**Tabla 5.5.** Valores de coeficientes de correlación químicos de los núcleos P29 y S4.

		S4															
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Cu	Ni
P29	SiO <sub>2</sub>	1	0,390	0,257	0,070	0,196	0,091	-0,812	0,202	-0,015	0,613	-0,865	0,095	-0,036	0,029	-0,009	-0,051
	TiO <sub>2</sub>	0,275	1	0,910	0,917	0,887	0,256	-0,804	0,960	0,248	0,052	-0,731	0,928	0,707	0,821	-0,126	0,228
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,137	0,746	1	0,893	0,855	0,330	-0,719	0,938	0,180	-0,016	-0,648	0,879	0,675	0,761	-0,084	0,152
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,518	0,551	0,622	1	0,924	0,233	-0,610	0,973	0,281	-0,271	-0,512	0,991	0,845	0,913	-0,114	0,273
	MnO	-0,138	0,538	0,490	0,780	1	0,295	-0,667	0,914	0,252	-0,132	-0,589	0,910	0,734	0,835	-0,056	0,288
	MgO	0,108	0,210	0,413	-0,030	0,154	1	-0,245	0,257	-0,019	0,169	-0,238	0,217	0,065	0,115	-0,019	0,079
	CaO	-0,648	-0,850	-0,512	-0,254	-0,453	-0,260	1	-0,705	-0,125	-0,332	0,992	-0,617	-0,422	-0,519	0,051	-0,122
	K <sub>2</sub> O	-0,361	0,745	0,815	0,845	0,539	0,071	-0,415	1	0,255	-0,097	-0,619	0,972	0,775	0,862	-0,117	0,214
	V	-0,173	0,358	0,365	0,331	0,007	0,021	-0,189	0,503	1	-0,153	-0,088	0,273	0,368	0,406	-0,041	0,047
	Zr	0,793	-0,068	-0,401	-0,682	-0,290	0,096	-0,262	-0,628	-0,317	1	-0,394	-0,229	-0,418	-0,309	0,059	-0,099
	Sr	-0,762	-0,758	-0,425	-0,082	-0,346	-0,289	0,976	-0,259	-0,121	-0,410	1	-0,519	-0,330	-0,424	0,044	-0,089
	Rb	-0,378	0,688	0,716	0,863	0,558	-0,015	-0,379	0,927	0,468	-0,701	-0,208	1	0,845	0,911	-0,134	0,255
	Pb	-0,310	0,503	0,596	0,584	0,357	0,066	-0,258	0,707	0,417	-0,586	-0,135	0,739	1	0,851	-0,142	0,292
	Zn	-0,333	0,671	0,704	0,804	0,518	-0,017	-0,389	0,874	0,456	-0,658	-0,236	0,929	0,762	1	-0,082	0,359
Cu	0,111	-0,013	0,015	-0,089	-0,093	-0,057	-0,044	-0,020	-0,039	0,069	-0,065	-0,070	-0,006	0,001	1	-0,041	
Ni	-0,135	0,052	-0,017	0,285	0,304	-0,098	-0,003	0,113	-0,004	-0,120	0,045	0,138	-0,056	0,122	-0,019	1	

C > 99 % rojo, C > 95 % azul

Los coeficientes de correlación para los núcleos C38 y Q3 se muestran en la tabla 5.6, percibiéndose que los elementos MgO, V, Cu y Ni, advirtiéndose además el Pb en el núcleo Q3, no tienen representatividad lineal con las otras variables químicas.

**Tabla 5.6.** Valores de coeficientes de correlación químicos de los núcleos C38 y Q3.

		Q3														
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Ni
C38	SiO <sub>2</sub>	1	0,757	0,697	-0,726	-0,435	0,174	-0,895	0,602	0,020	0,266	-0,822	0,403	-0,112	-0,467	0,119
	TiO <sub>2</sub>	0,302	1	0,694	-0,777	-0,263	0,035	-0,630	0,765	0,047	-0,088	-0,527	0,642	0,095	-0,603	0,052
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,228	0,476	1	-0,719	-0,357	0,244	-0,480	0,735	-0,067	0,111	-0,416	0,569	-0,027	-0,547	0,063
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,705	-0,450	0,037	1	0,480	-0,083	0,427	-0,827	-0,075	0,146	0,312	0,794	-0,038	0,724	-0,092
	MnO	-0,545	-0,430	-0,067	0,833	1	-0,200	0,304	-0,308	0,174	0,110	0,251	-0,311	0,071	0,303	-0,018
	MgO	-0,372	0,116	0,473	0,041	0,022	1	-0,195	0,052	-0,035	0,158	-0,174	-0,025	0,077	0,018	-0,150
	CaO	-0,230	-0,653	-0,289	0,192	0,256	-0,081	1	-0,404	0,017	-0,383	0,958	-0,170	0,149	0,188	-0,065
	K <sub>2</sub> O	-0,158	0,563	0,457	-0,026	-0,193	-0,032	-0,492	1	0,104	-0,474	-0,275	0,896	0,193	-0,572	0,190
	V	0,092	0,379	0,063	-0,255	-0,412	-0,067	-0,371	0,494	1	-0,222	0,063	0,137	0,026	-0,036	0,058
	Zr	0,642	-0,162	-0,331	0,405	-0,229	-0,035	0,118	-0,605	-0,280	1	-0,470	-0,528	-0,458	0,152	-0,194
	Sr	-0,450	-0,578	-0,220	0,298	0,302	-0,088	0,890	-0,293	-0,300	-0,175	1	-0,013	0,226	0,114	-0,037
	Rb	-0,484	0,397	0,439	0,175	-0,023	-0,060	-0,432	0,776	0,376	-0,799	-0,095	1	0,206	-0,554	0,174
	Pb	-0,143	0,334	0,129	-0,022	-0,051	-0,026	-0,315	0,342	0,258	-0,387	-0,157	0,381	1	-0,107	0,014
	Zn	-0,306	0,388	0,336	0,034	-0,001	0,121	-0,420	0,535	0,294	-0,631	-0,196	0,662	0,436	1	-0,071
Ni	0,096	-0,046	-0,024	-0,070	-0,075	-0,036	0,127	0,145	0,019	0,182	0,044	-0,097	0,090	0,092	1	

C > 99 % rojo, C > 95 % azul

Algunos valores de los coeficientes de correlación resaltan debido a que son cercanos a la unidad, son mayores a 0,9, así tenemos en el núcleo P29 las relaciones CaO vs. Sr (que se repite en todos los núcleos), Rb vs. K<sub>2</sub>O y Zn; en el S4 las relaciones del K<sub>2</sub>O con. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO y Rb, la del Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO, Rb y Zn, la del Rb con TiO<sub>2</sub>, MnO y Zn; en el C38 únicamente el CaO vs. Sr, dicha anteriormente, y en el Q3 las relaciones SiO<sub>2</sub> vs. CaO y K<sub>2</sub>O vs. Rb.

De los diagramas de dispersión estudiados se observa la representatividad lineal entre los elementos anteriormente descritos, además de un comportamiento similar en las concentraciones para los núcleos P29 y S4, los cuales muestran las más altas dispersiones, incluso solapándose entre sí, mientras que los núcleos C38 y Q3, poseen las más baja y se encuentran químicamente aislados el uno del otro, y en algunos casos hasta se aíslan de los otros núcleos (Figura 5.4).

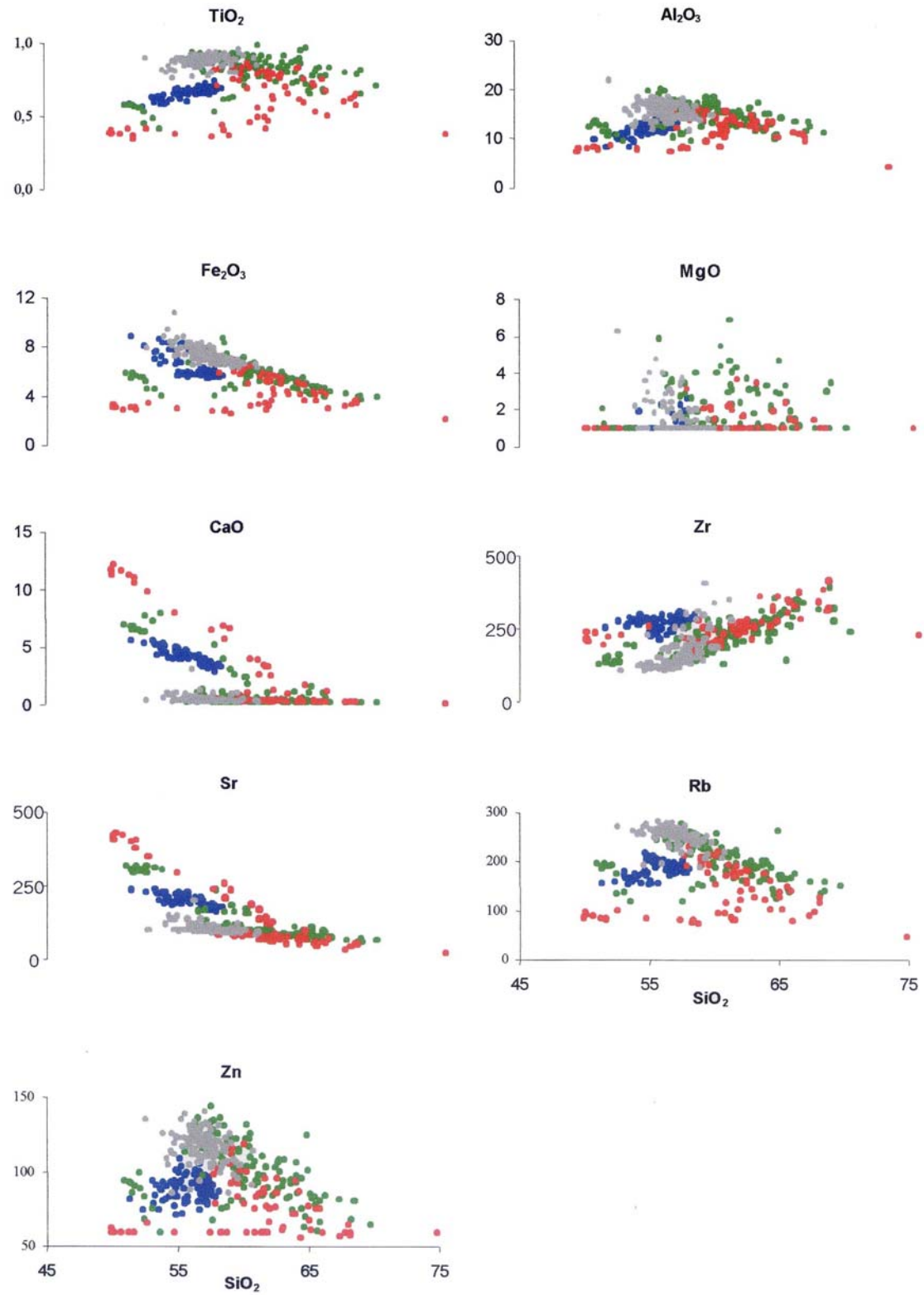


Figura 5.4. Diagramas de dispersión químicos de todos los núcleos. P29 (verde), S4 (rojo), C38 (gris), Q3 (azul)

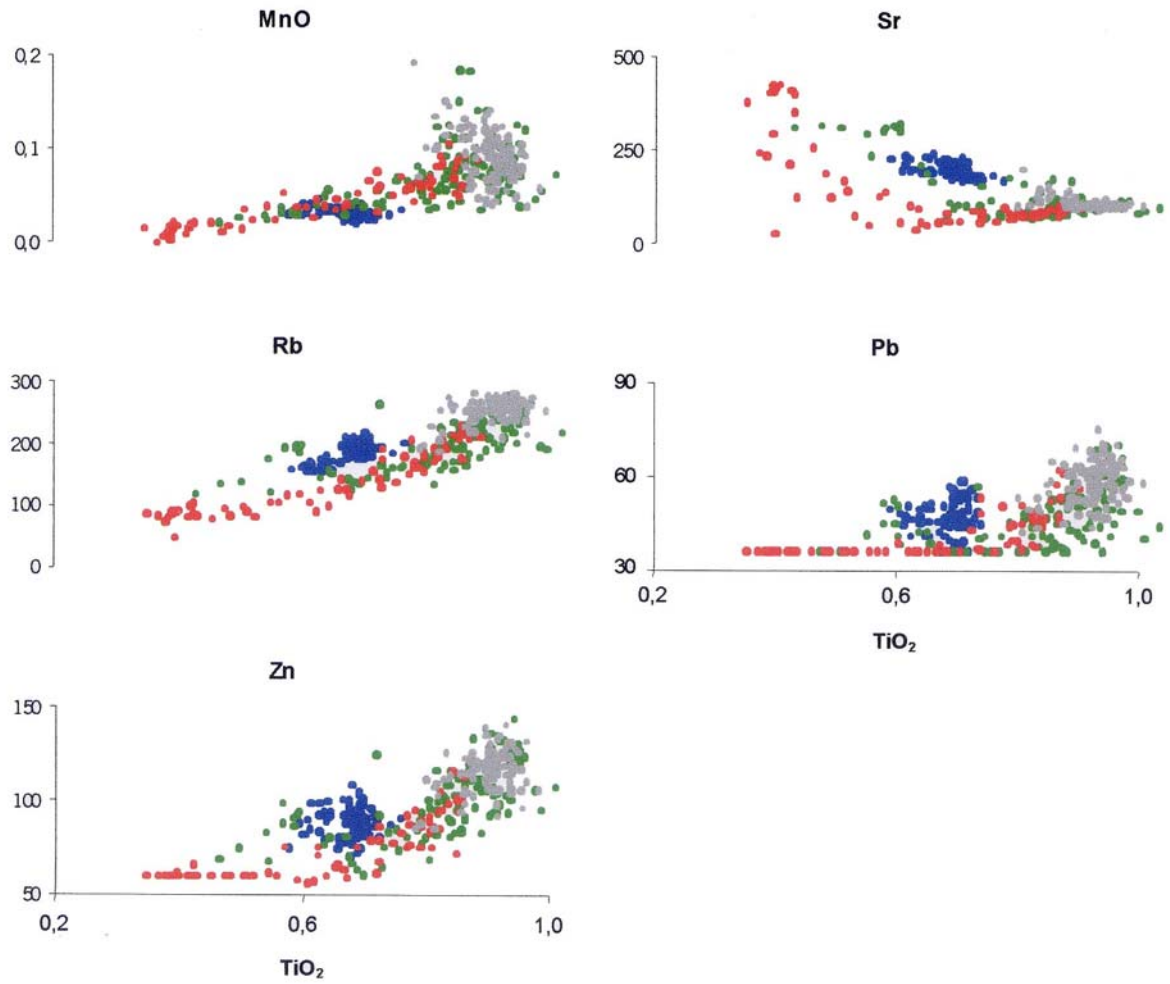


Figura 5.4. Continuación.

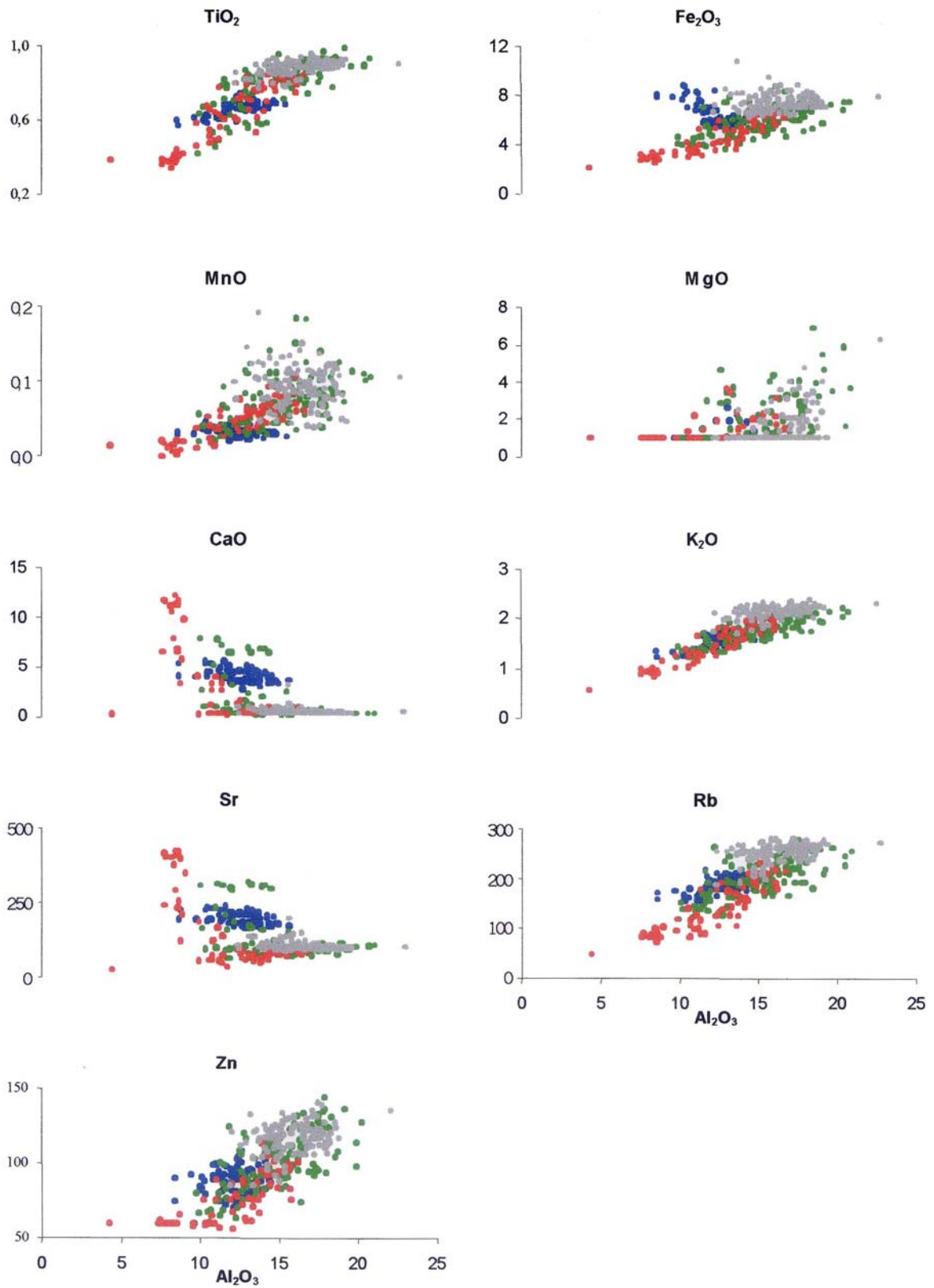


Figura 5.4. Continuación.

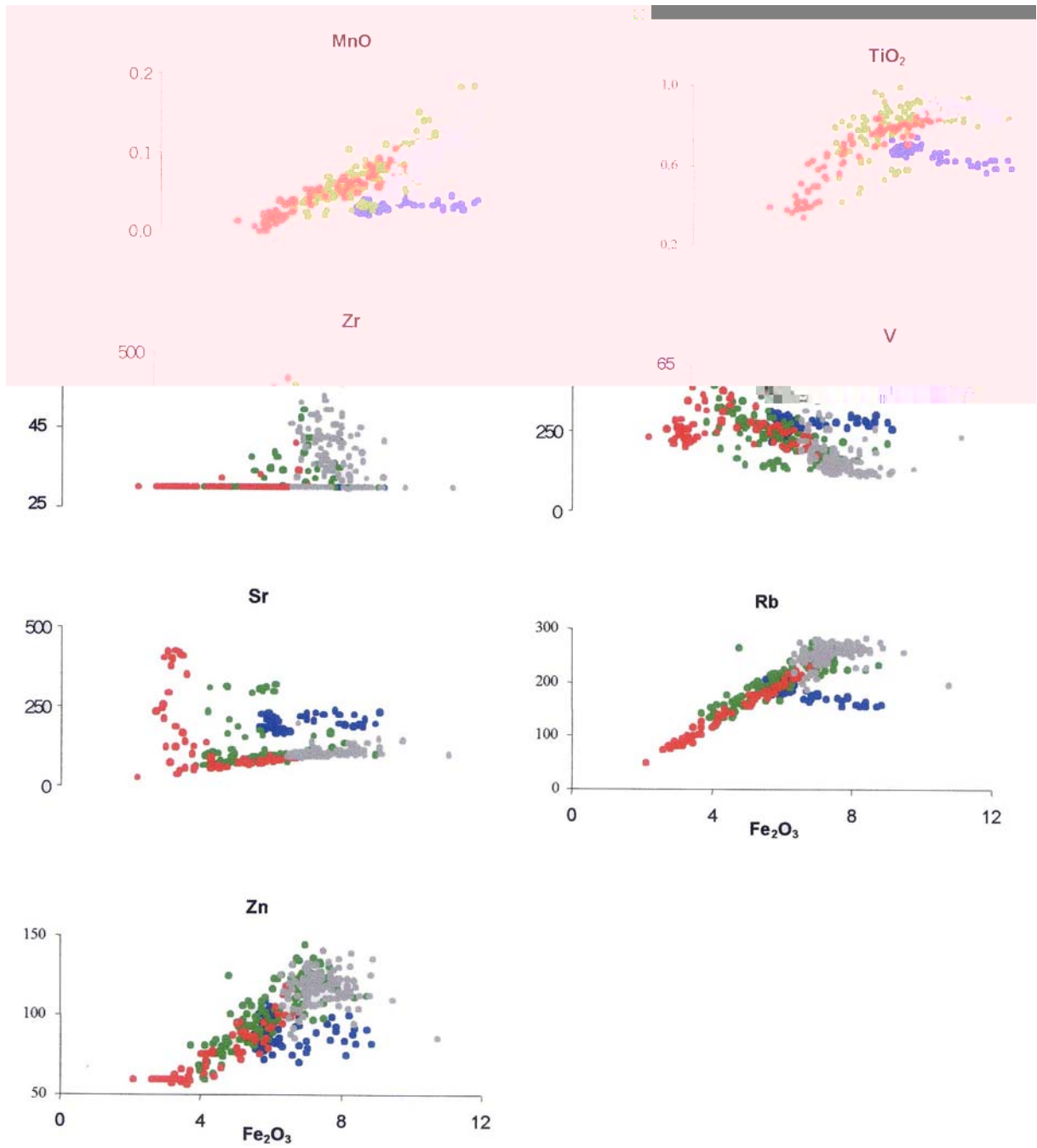


Figura 5.4. Continuación.

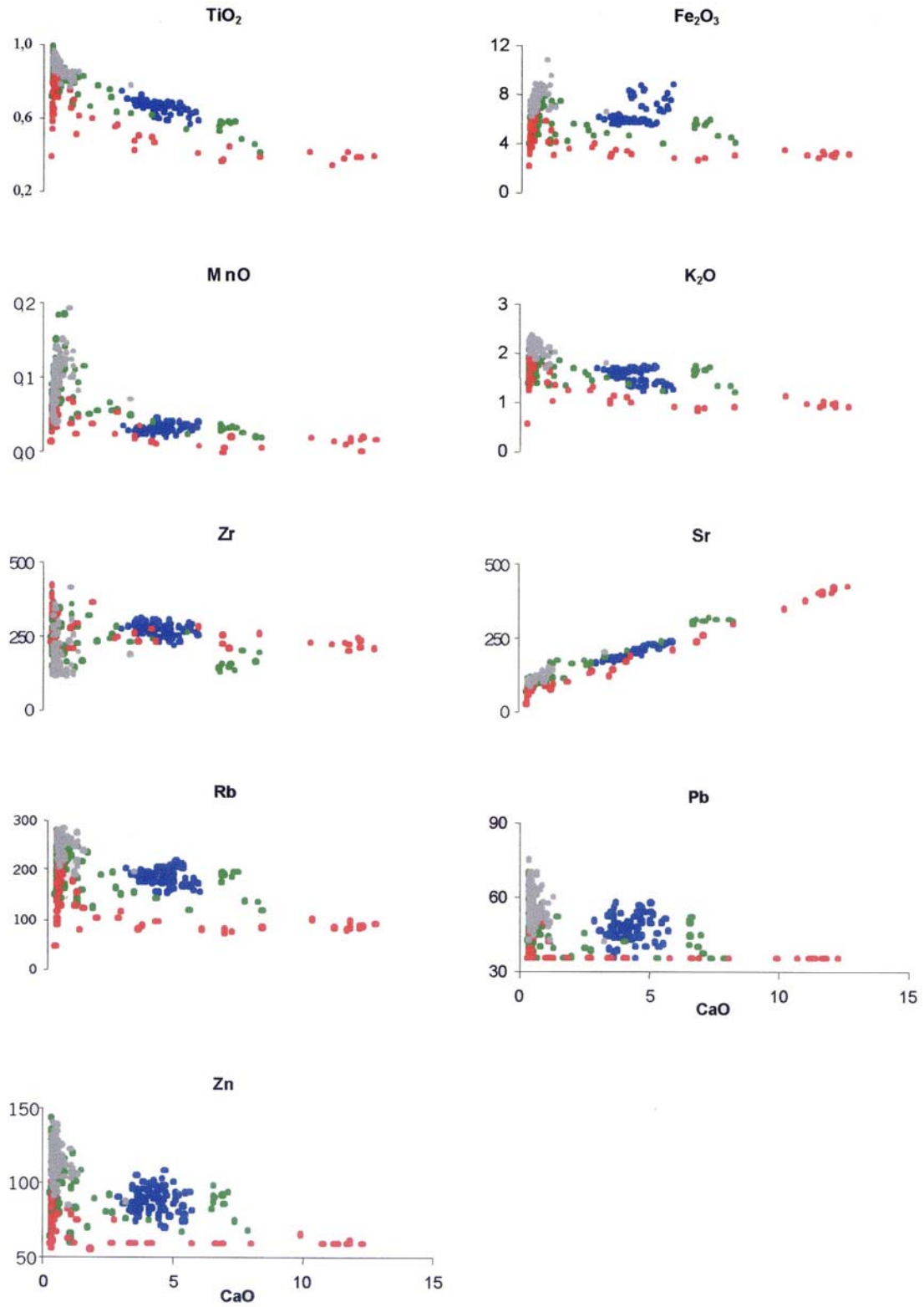


Figura 5.4. Continuación.



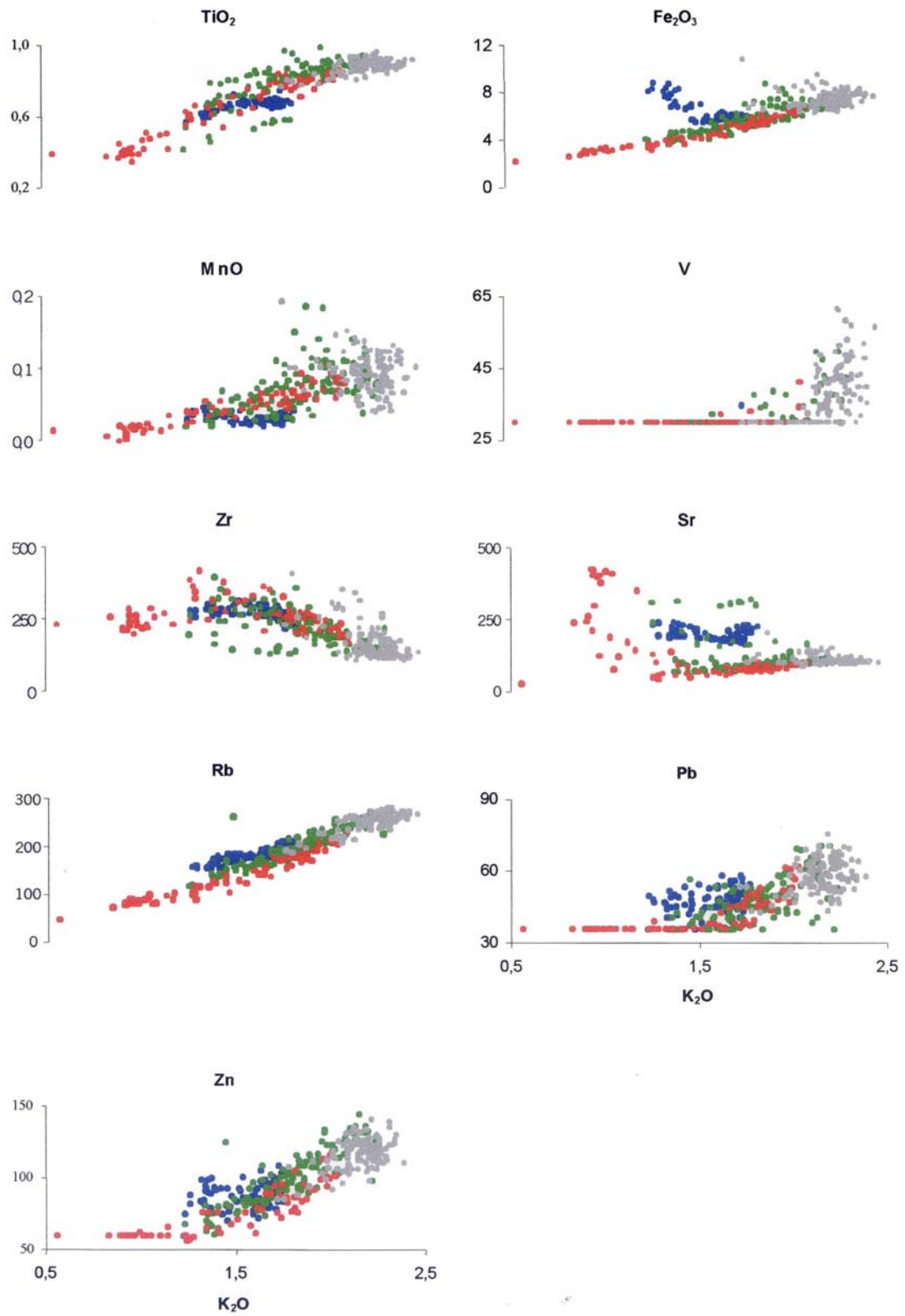


Figura 5.4. Continuación.

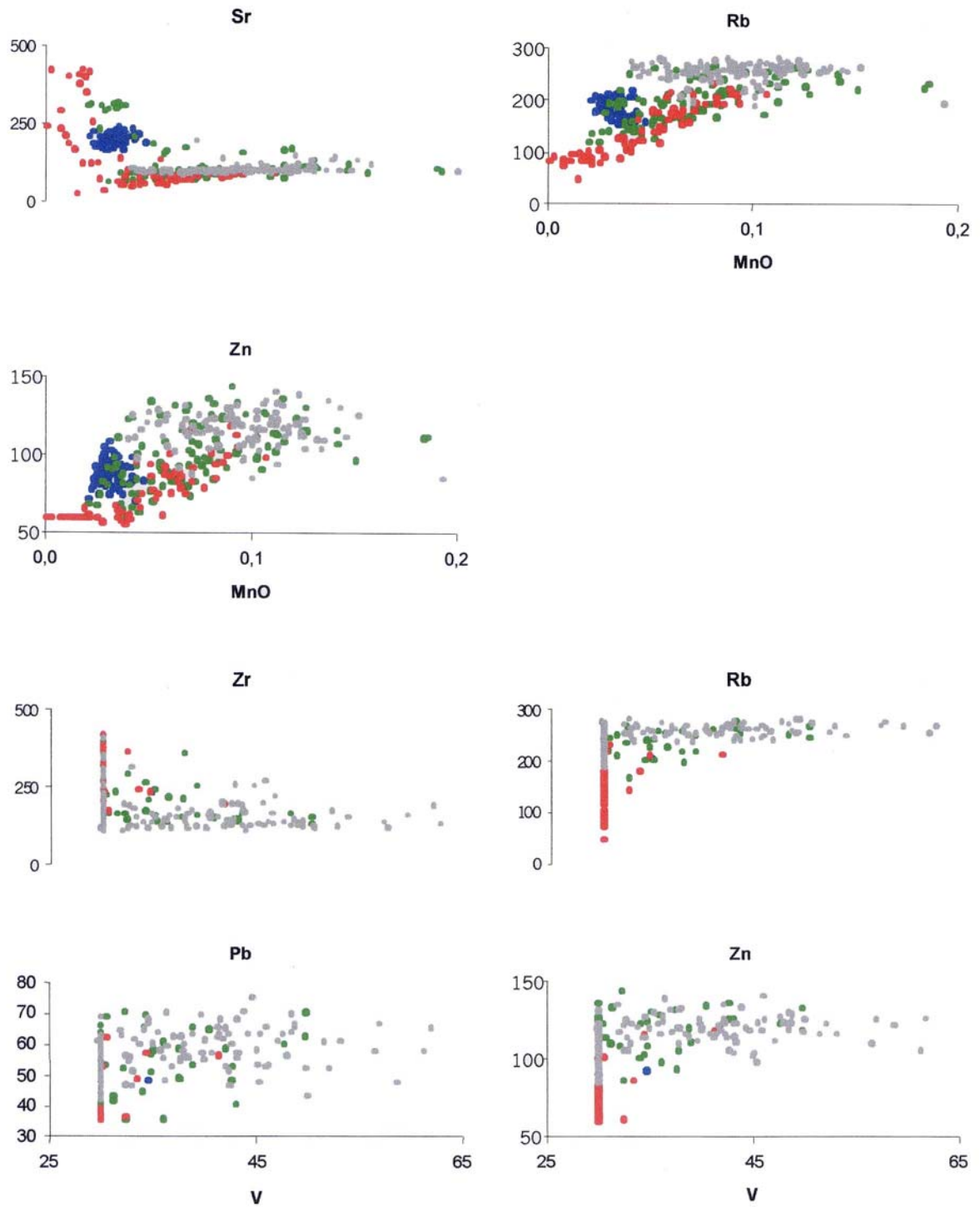


Figura 5.4. Continuación.

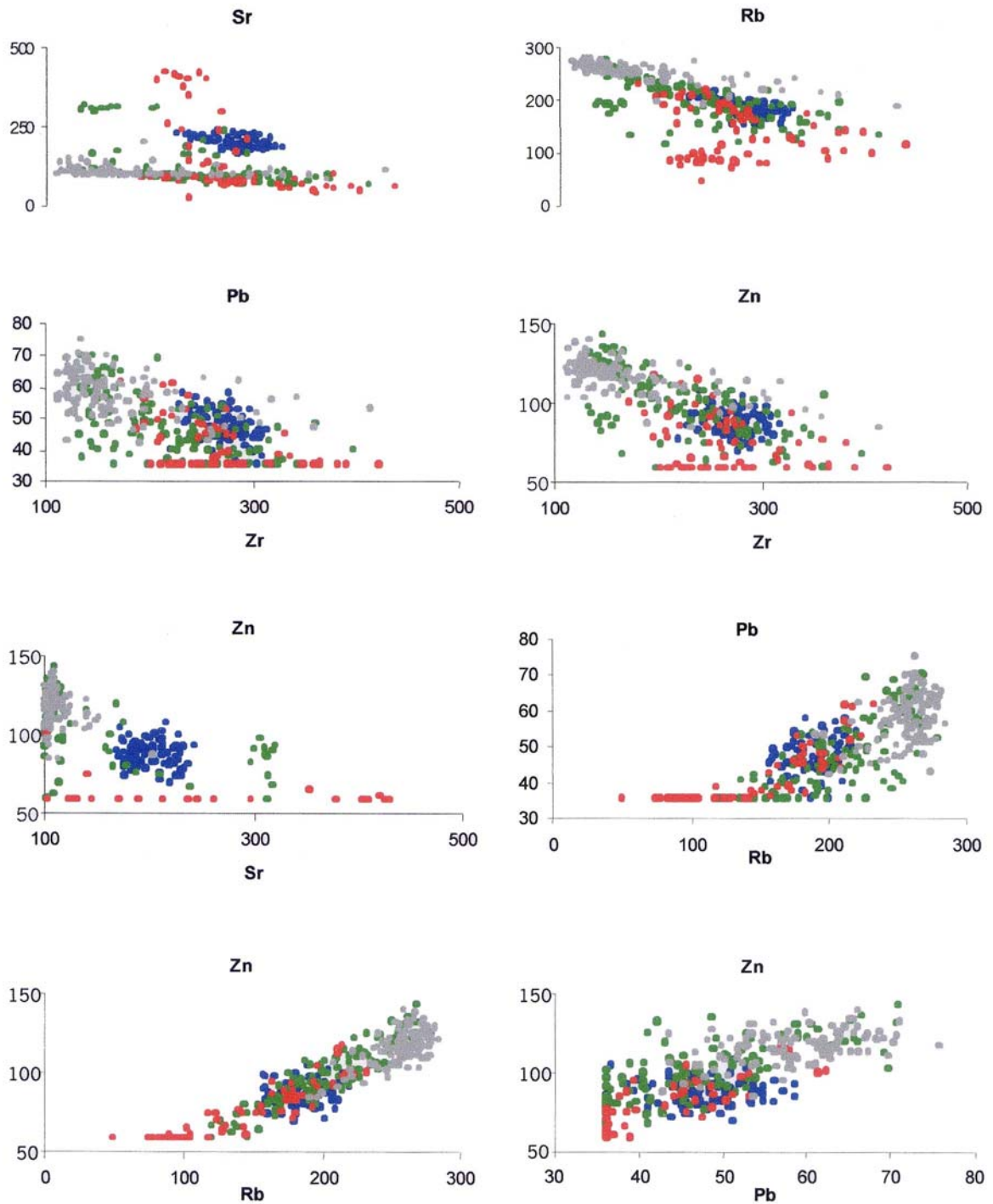


Figura 5.4. Continuación.

## 5.2. RESULTADOS ANALÍTICOS RADIOMÉTRICOS

Se analizaron las mismas 376 muestras de sedimentos, aplicando la técnica de espectrometría de rayos gamma. Los resultados analíticos se presentan en las Tablas Generales (Apéndice II).

La tabla 5.7 muestra los valores promedio de las cuentas radiactivas (cps) para cada núcleo.

**Tabla 5.7.** Tabla promedio de las cuentas radiactivas (cps) obtenidas por espectrometría de rayos gamma en los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Canal Radiométrico (nivel de energía)	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
$\gamma^{208}\text{Tl}$ (583 KeV)	2,28	2,23	2,25	2,19
$\gamma^{214}\text{Bi}$ (609 KeV)	3,32	3,28	3,27	3,19
$\gamma\text{F1}$	3,22	3,12	3,16	3,05
$\gamma^{228}\text{Ac}$ (794 KeV)	5,25	5,50	5,35	5,53
$\gamma^{214}\text{Bi}$ (1120 KeV)	2,69	2,67	2,69	2,65
$\gamma^{40}\text{K}$ (1460 KeV)	3,75	3,75	3,78	3,78
$\gamma^{214}\text{Bi}$ (1764 KeV)	2,00	1,96	1,99	1,96
$\gamma\text{F2}$	1,74	1,70	1,72	1,70
$\gamma^{208}\text{Tl}$ (2614 KeV)	2,38	2,37	2,41	2,41
$\gamma\text{F3}$	0,40	0,42	0,41	0,43
$\gamma\text{F4}$	1,33	1,31	1,35	1,32
$\gamma\text{F5}$	0,41	0,43	0,41	0,45
$\gamma\text{F6}$	0,65	0,60	0,64	0,58

### 5.2.1. ESTADÍSTICA UNIVARIANTE

#### 5.2.1.1. Histogramas de frecuencia

Se realizaron histogramas de frecuencia, con sus respectivos polígonos de frecuencia, los cuales se muestran en la figura 5.5.

Un resumen del comportamiento de cada histograma a través de los 4 núcleos se presenta en la tabla 5.8, observándose una conducta unimodal para cada uno de los canales radiométricos, a excepción de los canales  $\gamma$ F5 en el núcleo  $\gamma$ P29,  $\gamma^{40}\text{K}$  y  $\gamma$ F6 en el S4 y  $\gamma$ F3 en el C38.

**Tabla 5.8.** Comportamiento y valores máximos de los polígonos de frecuencia en los histogramas de frecuencia radiométricos correspondientes a los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Canal Radiométrico (nivel de energía)	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
$\gamma^{208}\text{Tl}$ (583 KeV)	Unimodal Máximo = 2,29 cps	Unimodal Máximo = 2,25 cps	Unimodal Máximo = 2,25 cps	Unimodal Máximo = 2,18 cps
$\gamma^{214}\text{Bi}$ (609 KeV)	Unimodal Máximo = 3,4 cps	Unimodal Máximo = 3,4 cps	Unimodal Máximo = 3,3 cps	Unimodal Máximo = 3,26 cps
$\gamma$ F1	Unimodal Máximo = 3,27 cps	Unimodal Máximo = 3,14 cps	Unimodal Máximo = 3,18 cps	Unimodal Máximo = 3,06 cps
$\gamma^{228}\text{Ac}$ (794 KeV)	Unimodal Máximo = 5,2 cps	Unimodal Máximo = 5,5 cps	Unimodal Máximo = 5,3 cps	Unimodal Máximo = 5,54 cps
$\gamma^{214}\text{Bi}$ (1120 KeV)	Unimodal Máximo = 2,64 cps	Unimodal Máximo = 2,66 cps	Unimodal Máximo = 2,69 cps	Unimodal Máximo = 2,69 cps
$\gamma^{40}\text{K}$ (1460 KeV)	Unimodal Máximo = 3,8 cps	Bimodal Máx. (1) = 3,6 cps Máx. (2) = 3,75 cps	Unimodal Máximo = 3,76 cps	Unimodal Máximo = 3,83 cps
$\gamma^{214}\text{Bi}$ (1764 KeV)	Unimodal Máximo = 2,07 cps	Unimodal Máximo = 1,94 cps	Unimodal Máximo = 2,02 cps	Unimodal Máximo = 1,95 cps
$\gamma$ F2	Unimodal Máximo = 1,73 cps	Unimodal Máximo = 1,7 cps	Unimodal Máximo = 1,73 cps	Unimodal Máximo = 1,7 cps
$\gamma^{208}\text{Tl}$ (2614 KeV)	Unimodal Máximo = 2,36 cps	Unimodal Máximo = 2,36 cps	Unimodal Máximo = 2,42 cps	Unimodal Máximo = 2,37 cps
$\gamma$ F3	Unimodal Máximo = 0,42 cps	Unimodal Máximo = 0,43 cps	Bimodal Máx. (1) = 0,41 cps Máx. (2) = 0,46 cps	Unimodal Máximo = 0,44 cps
$\gamma$ F4	Unimodal Máximo = 1,38 cps	Unimodal Máximo = 1,29 cps	Unimodal Máximo = 1,37 cps	Unimodal Máximo = 1,32 cps
$\gamma$ F5	Bimodal Máx. (1) = 0,38 cps Máx. (2) = 0,43 cps	Unimodal Máximo = 0,42 cps	Unimodal Máximo = 0,39 cps	Unimodal Máximo = 0,45 cps
$\gamma$ F6	Unimodal Máximo = 0,64 cps	Bimodal Máx. (1) = 0,58 cps Máx. (2) = 0,69 cps	Unimodal Máximo = 0,66 cps	Unimodal Máximo = 0,58 cps

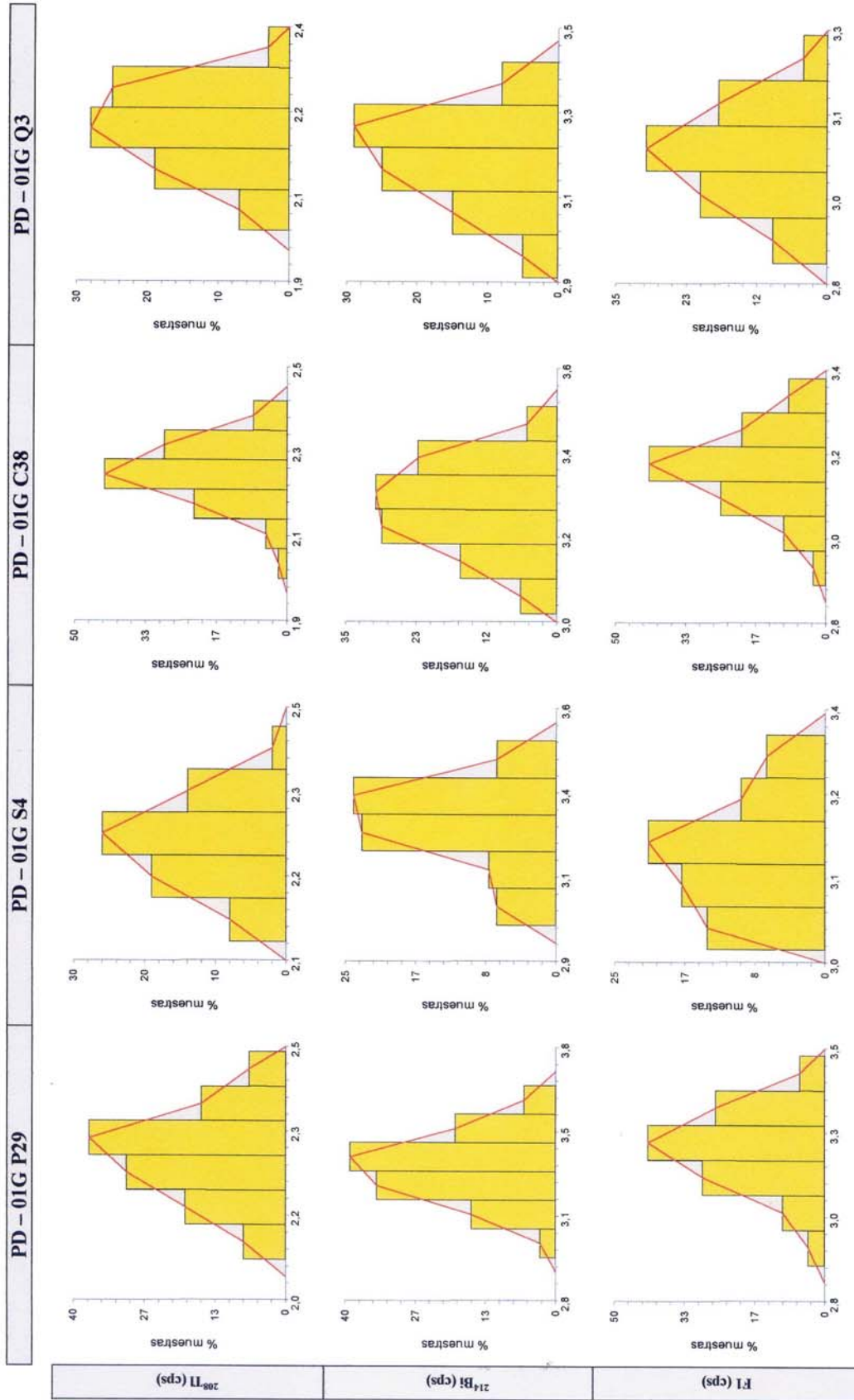


Figura 5.5. Histogramas de frecuencia de variables radiométricas.

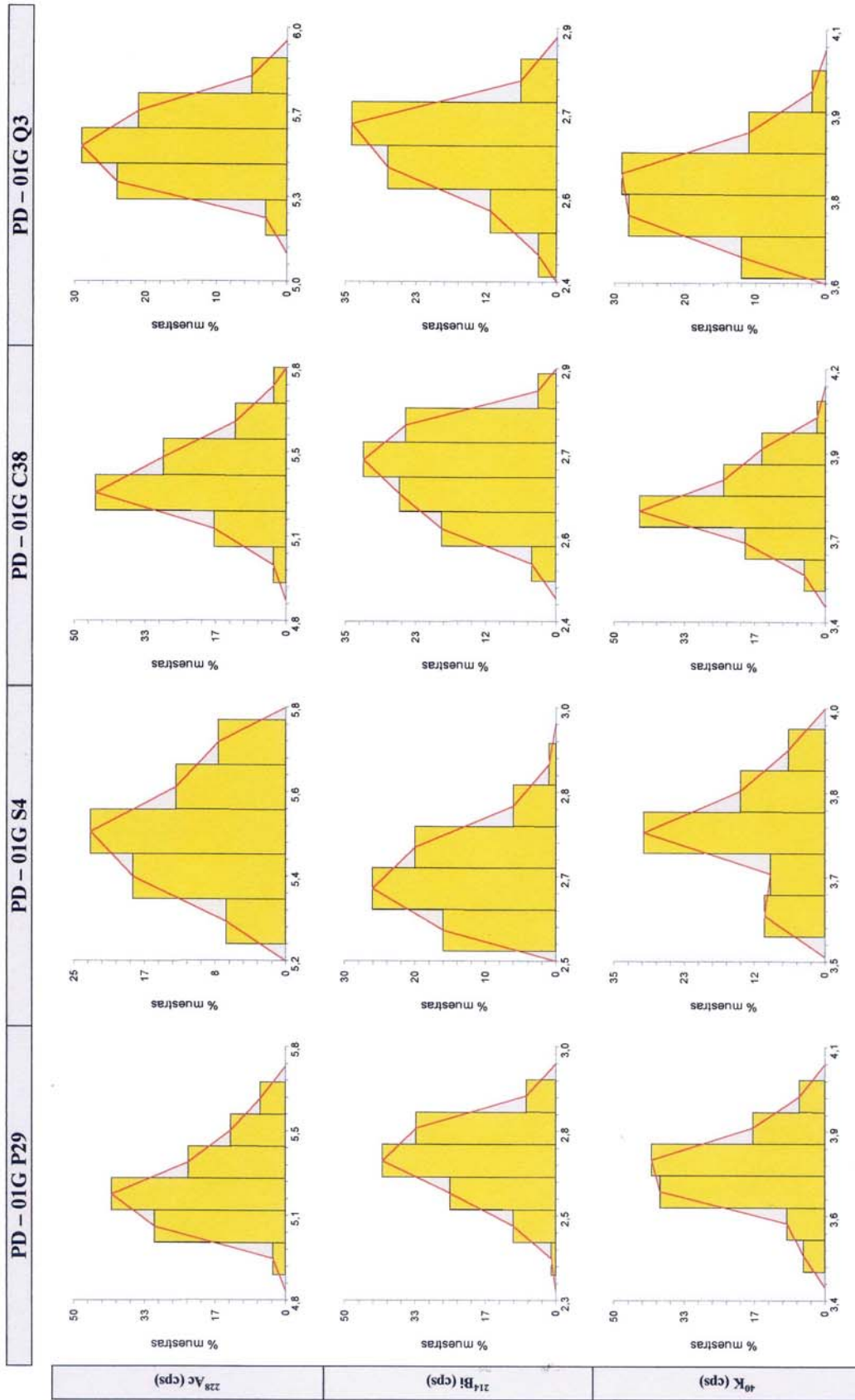


Figura 5.5. Continuación.

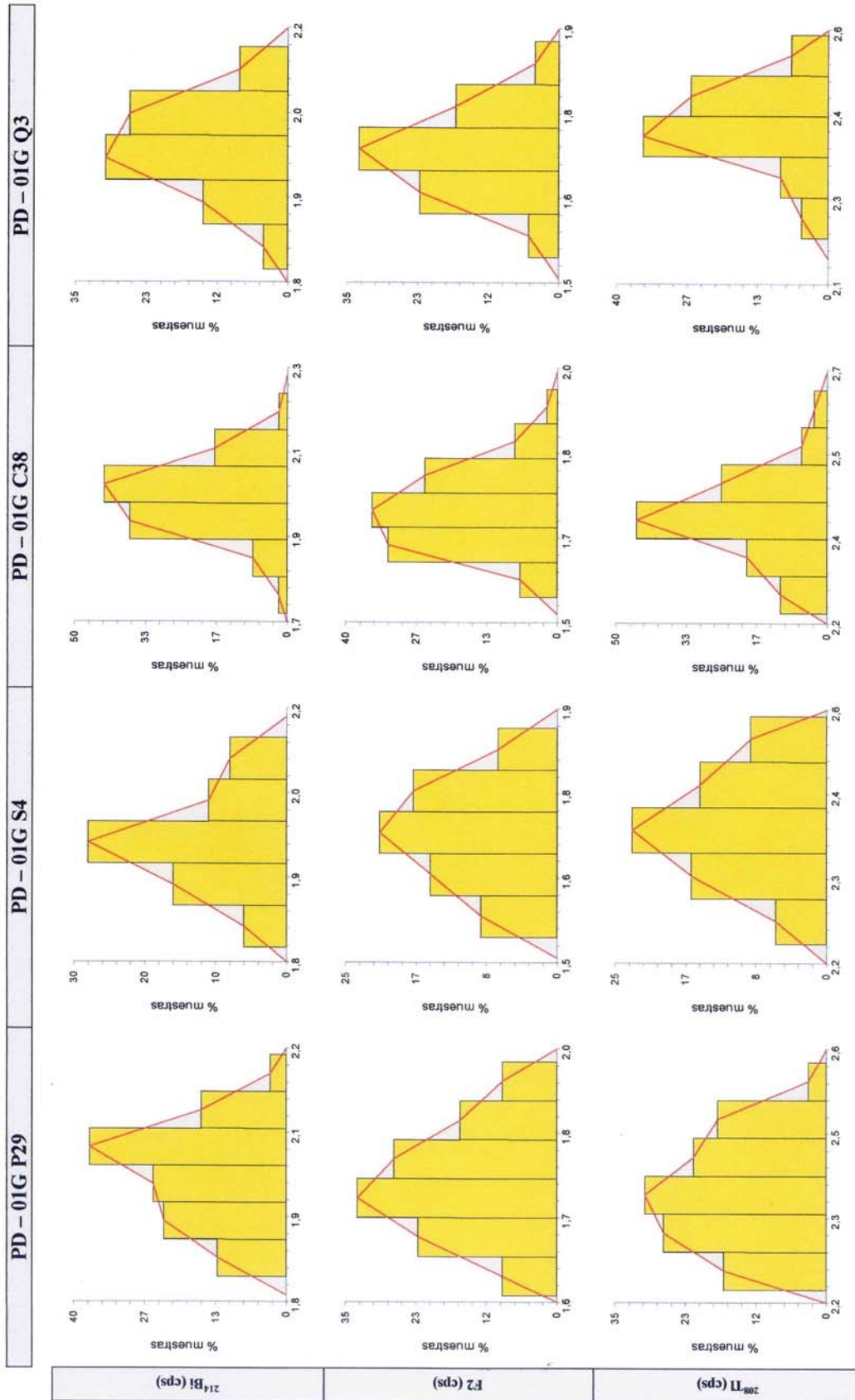


Figura 5.5. Continuación.



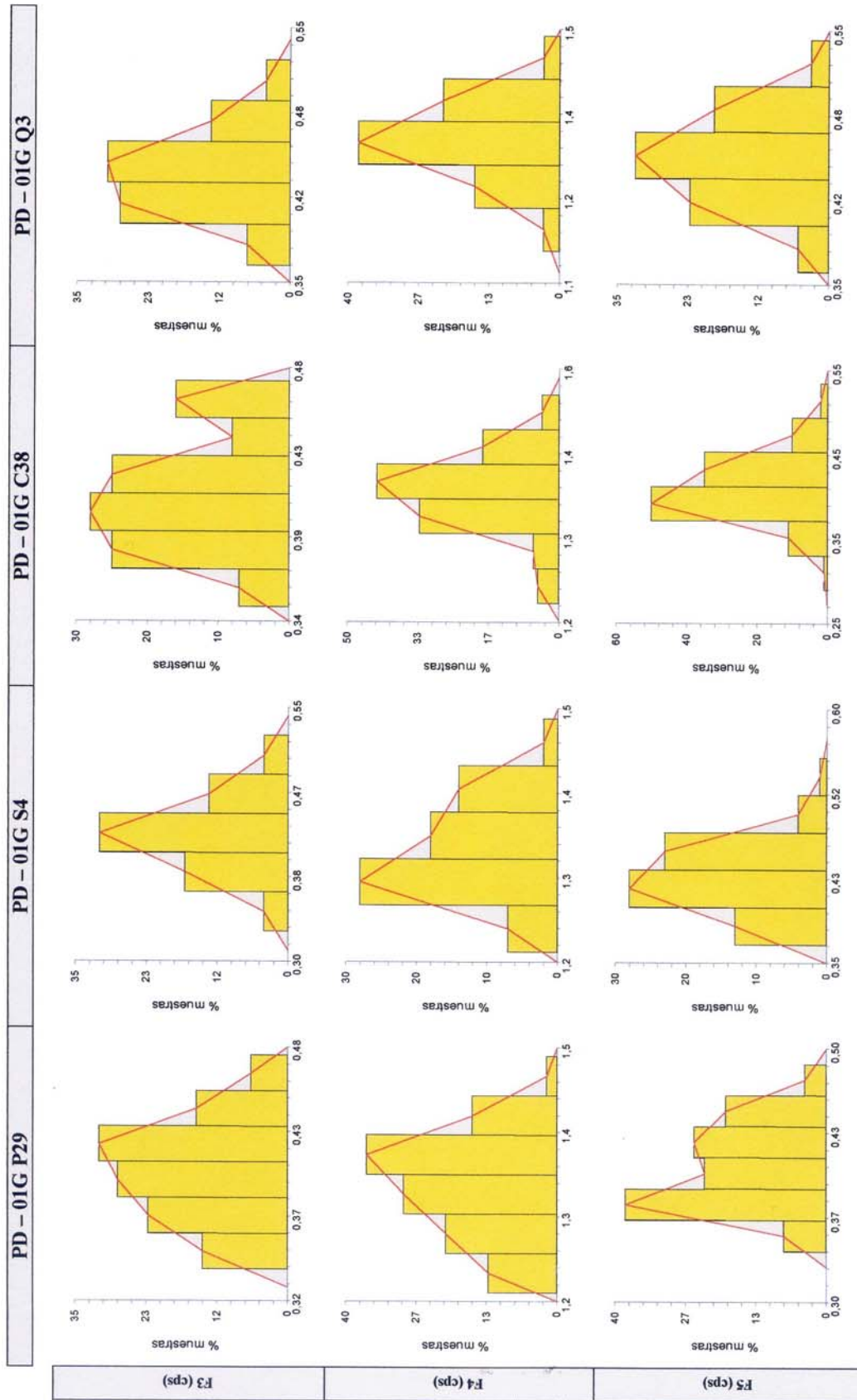


Figura 5.5. Continuación.

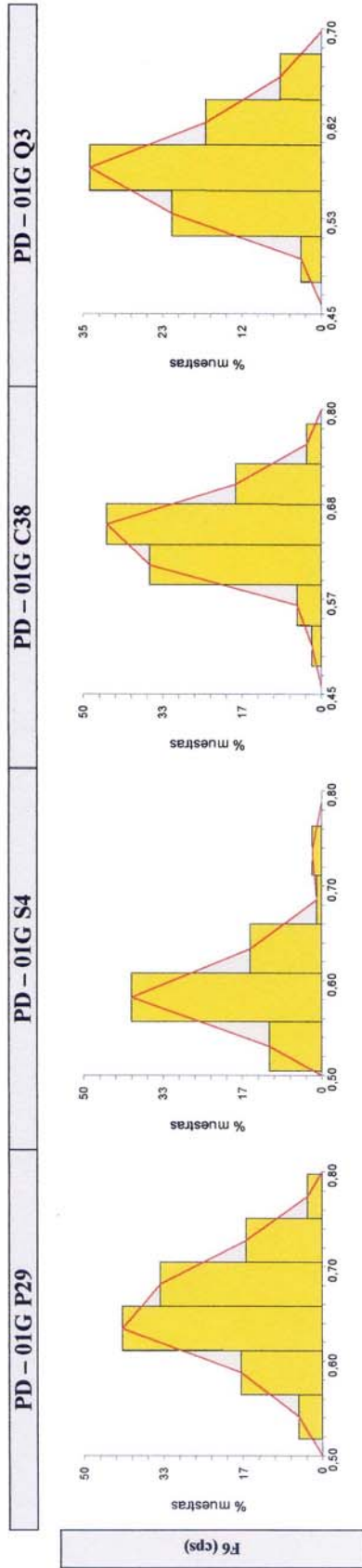


Figura 5.5. Continuación.

Los valores más altos del máximo de cada canal radiométrico se encuentran principalmente en el núcleo P29, el más cercano a la costa, aunque tienden a ser constantes estos valores para cada núcleo (Figura 5.5).

### 5.2.1.2. Diagramas de caja

La Tabla 5.9 muestra los valores de la mediana y la dispersión, según el coeficiente de variación, de las concentraciones para cada núcleo, resultado de la observación y análisis de los diagramas de caja de cada “piston core” (Figura 5.6).

**Tabla 5.9.** Valor de las medianas y coeficiente de variación de las cuentas (cps) obtenidas de los diagramas de caja radiométricos correspondientes a los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Canal Radiométrico (nivel de energía)	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
$\gamma^{208}\text{Tl}$ (583 KeV)	Med. = 2,28 CV = 4	Med. = 2,24 CV = 3	Med. = 2,26 CV = 3	Med. = 2,2 CV = 4
$\gamma^{214}\text{Bi}$ (609 KeV)	Med. = 3,34 CV = 4	Med. = 3,3 CV = 4	Med. = 3,26 CV = 3	Med. = 3,18 CV = 3
$\gamma\text{F1}$	Med. = 3,22 CV = 4	Med. = 3,14 CV = 3	Med. = 3,18 CV = 3	Med. = 3,1 CV = 3
$\gamma^{228}\text{Ac}$ (794 KeV)	Med. = 5,24 CV = 3	Med. = 5,48 CV = 2	Med. = 5,36 CV = 3	Med. = 5,54 CV = 2
$\gamma^{214}\text{Bi}$ (1120 KeV)	Med. = 2,71 CV = 3	Med. = 2,68 CV = 3	Med. = 2,71 CV = 3	Med. = 2,65 CV = 3
$\gamma^{40}\text{K}$ (1460 KeV)	Med. = 3,75 CV = 3	Med. = 3,75 CV = 3	Med. = 3,78 CV = 3	Med. = 3,78 CV = 2
$\gamma^{214}\text{Bi}$ (1764 KeV)	Med. = 2,02 CV = 4	Med. = 1,98 CV = 4	Med. = 2,00 CV = 4	Med. = 1,98 CV = 4
$\gamma\text{F2}$	Med. = 1,76 CV = 5	Med. = 1,74 CV = 5	Med. = 1,75 CV = 4	Med. = 1,75 CV = 4
$\gamma^{208}\text{Tl}$ (2614 KeV)	Med. = 2,38 CV = 3	Med. = 2,38 CV = 3	Med. = 2,42 CV = 3	Med. = 2,42 CV = 3
$\gamma\text{F3}$	Med. = 0,40 CV = 8	Med. = 0,43 CV = 8	Med. = 0,41 CV = 7	Med. = 0,44 CV = 8
$\gamma\text{F4}$	Med. = 1,36 CV = 4	Med. = 1,34 CV = 4	Med. = 1,38 CV = 5	Med. = 1,35 CV = 5
$\gamma\text{F5}$	Med. = 0,40 CV = 8	Med. = 0,44 CV = 8	Med. = 0,40 CV = 9	Med. = 0,45 CV = 8
$\gamma\text{F6}$	Med. = 0,66 CV = 8	Med. = 0,60 CV = 7	Med. = 0,65 CV = 7	Med. = 0,58 CV = 7

Los diagramas de caja muestran un patrón homogéneo de comportamiento en los núcleos estudiados, donde estos poseen un rango de dispersión constante, al igual que el tamaño de sus cajas.

El valor de la mediana también permanece invariante, aunque se define un comportamiento similar al agrupar los núcleos P29 y S4, así como el C38 y Q3. En ambos grupos la mediana decae en el mismo sentido, es decir hacia el oeste si decae del P29 al S4 y del C38 al Q3, y viceversa, hacia el este decae del S4 al P29 y del Q3 al C38.

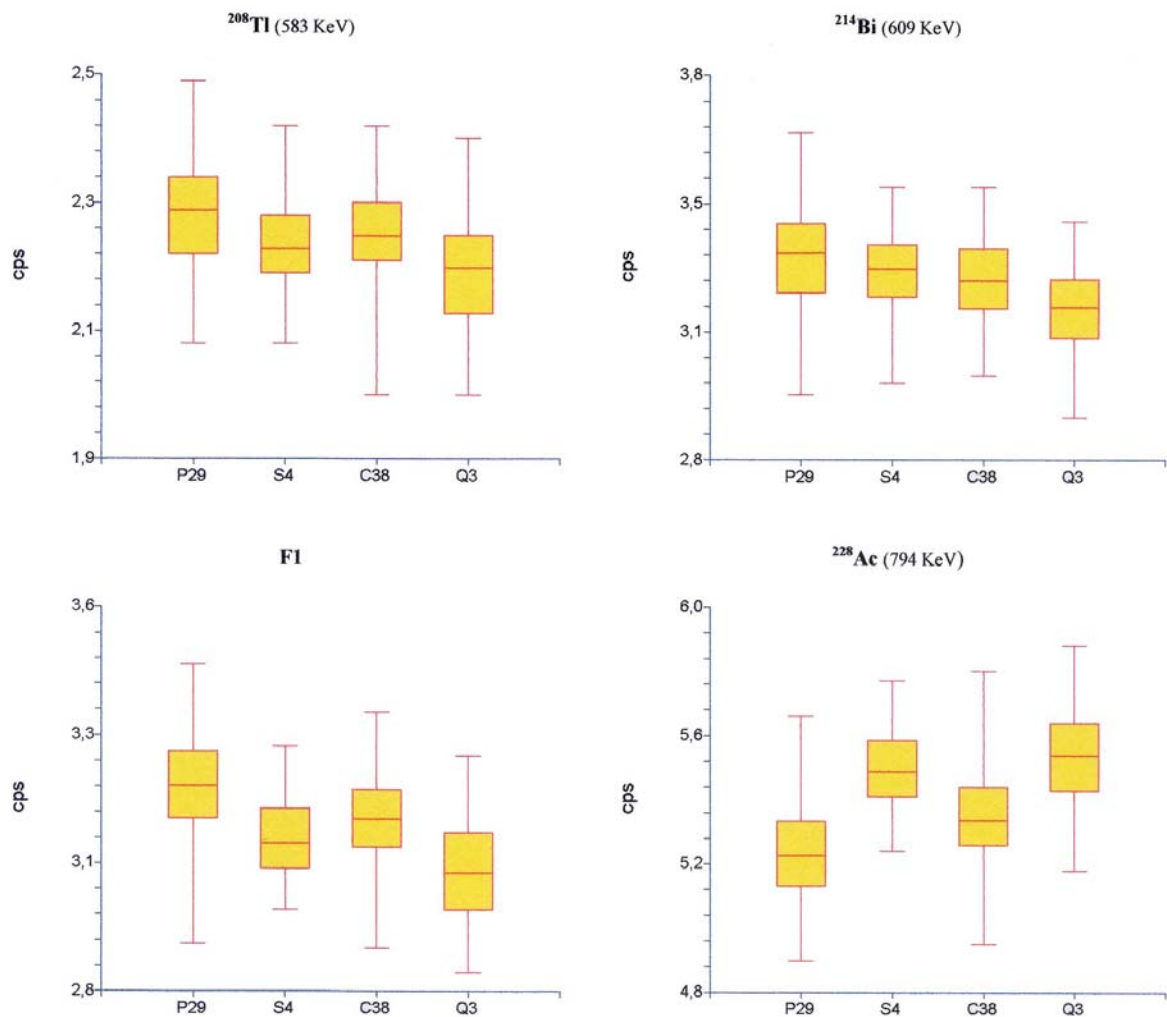


Figura 5.6. Diagramas de caja radiométricos.

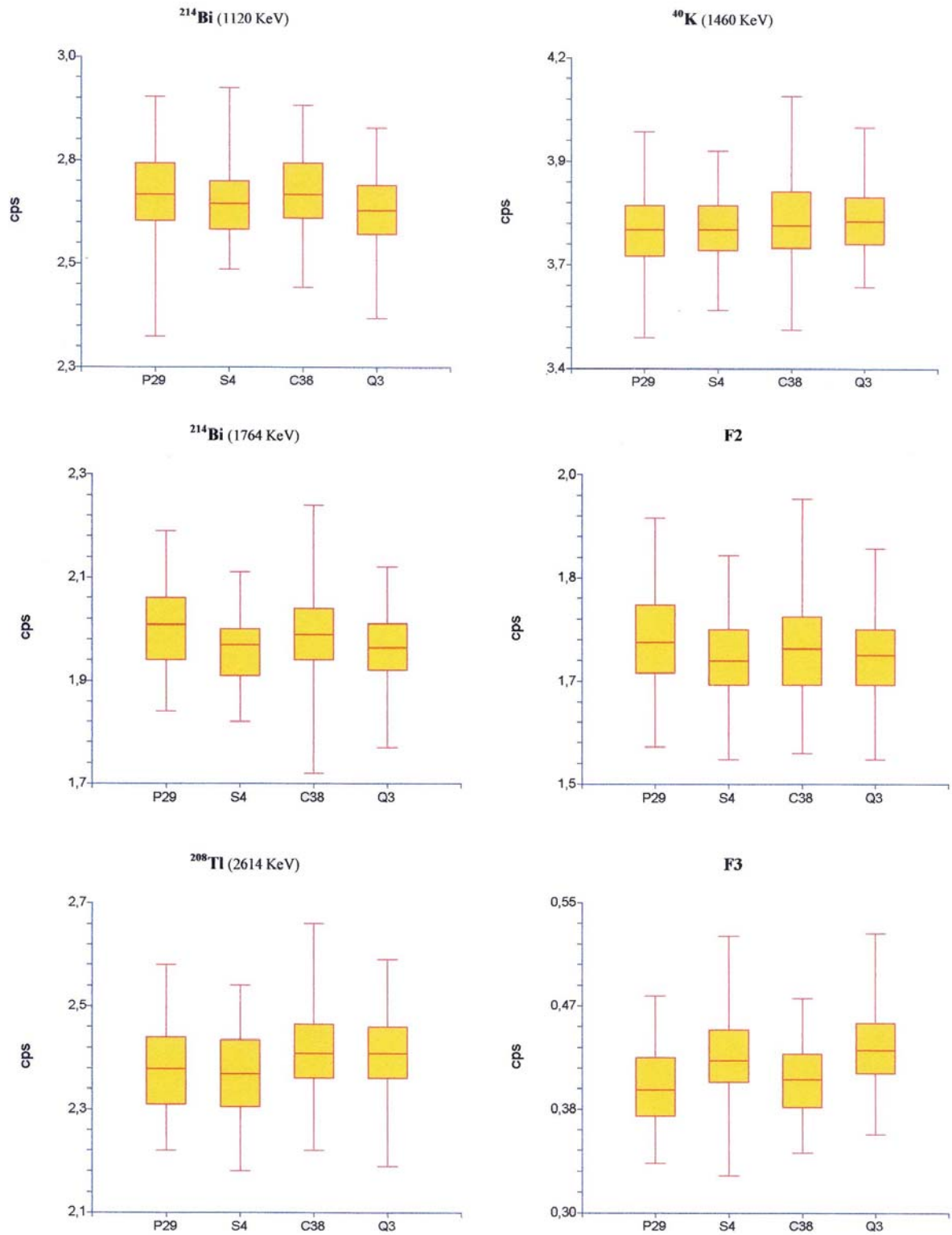


Figura 5.6. Continuación.

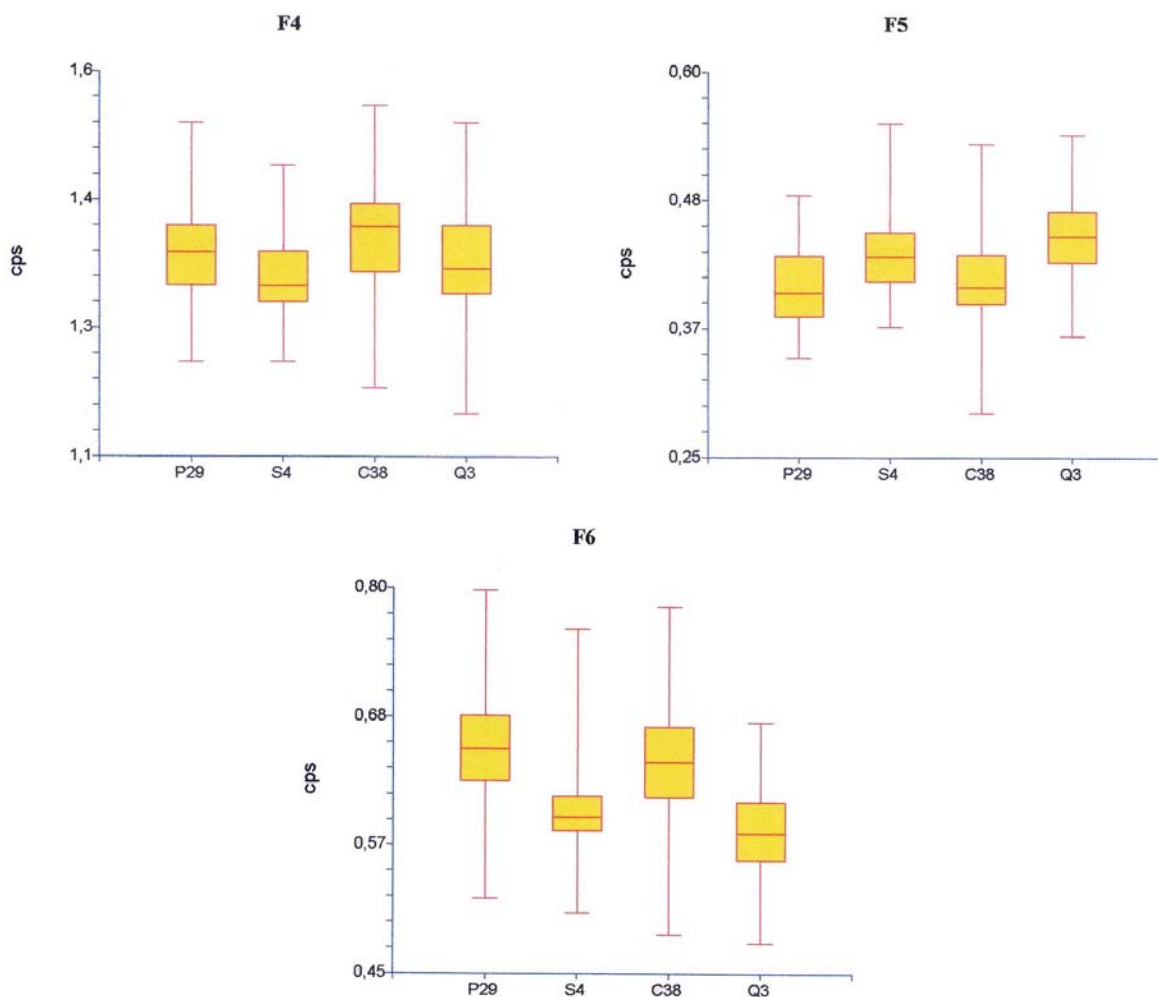


Figura 5.6. Continuación.

### 5.2.1.3. Diagramas de dispersión

Al igual que los diagramas de dispersión químicos, se realizaron los de dispersión radiométricos que pretenden establecer patrones de correlación o relaciones entre los distintos canales radiométricos.

De estos gráficos exploratorios se observa que no existe alguna relación lineal con confiabilidad mayor al 95 % entre los canales radiométricos que se mantenga en los 4

núcleos, como máximo se mantiene para 2 núcleos, a excepción de la relación  $\gamma^{208}\text{Tl}$  (583 KeV) vs.  $\gamma^{214}\text{Bi}$  (609 KeV), que se presenta en los núcleos P29, S4 y C38.

En la Tabla 5.10 se muestran los porcentajes generales de los coeficientes de correlación según su grado de confiabilidad para cada núcleo, en ella se observa que las relaciones lineales radiométricas con buena confiabilidad son nulas en el núcleo S4 y Q3, escasas en el núcleo C38 y pocas en el P29, este último es aquel que se encuentra más cercano a la costa.

**Tabla 5.10.** Porcentajes generales radiométricos de los coeficientes de correlación mayores y menores al  $r_c$ , para los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Confiabilidad	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
$C > 99\%$	17%	3%	8%	0%
$95\% \leq C < 99\%$	23%	1%	14%	3%
$C < 95\%$	60%	96%	78%	97%

La tabla 5.11 muestra los valores de los coeficientes de correlación ( $r$ ) radiométricos para los núcleos P29 y S4, observándose claramente que las relaciones lineales de este último no son significativas, al igual que las del primero, que aunque son un poco más abundantes no superan el valor de 0.5.

**Tabla 5.11.** Valores de coeficientes de correlación radiométricos de los núcleos P29 y S4.

		S4												
		$\gamma^{208}\text{Tl}$	$\gamma^{214}\text{Bi}$	$\gamma\text{F1}$	$\gamma^{228}\text{Ac}$	$\gamma^{214}\text{Bi}$	$\gamma^{40}\text{K}$	$\gamma^{214}\text{Bi}$	$\gamma\text{F2}$	$\gamma^{208}\text{Tl}$	$\gamma\text{F3}$	$\gamma\text{F4}$	$\gamma\text{F5}$	$\gamma\text{F6}$
P29	$\gamma^{208}\text{Tl}$	1	0,400	0,313	0,135	0,197	0,174	-0,037	0,245	0,246	-0,016	0,046	0,030	0,067
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,267	1	0,009	0,222	0,010	0,467	0,202	0,199	0,074	-0,043	0,043	0,015	-0,085
	$\gamma\text{F1}$	0,197	0,374	1	0,089	0,104	0,048	-0,101	0,118	0,010	-0,051	-0,107	-0,123	0,027
	$\gamma^{228}\text{Ac}$	-0,240	-0,041	-0,172	1	-0,018	0,238	-0,063	-0,037	-0,115	0,099	0,176	0,149	0,118
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,269	0,173	0,197	0,054	1	0,001	0,083	0,072	-0,102	-0,008	-0,079	-0,068	0,199
	$\gamma^{40}\text{K}$	0,025	0,128	0,122	0,132	0,247	1	0,134	0,178	0,086	-0,183	0,106	-0,019	0,203
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,178	0,300	0,209	0,070	0,192	0,084	1	0,045	-0,074	-0,081	-0,185	-0,147	-0,137
	$\gamma\text{F2}$	0,291	0,247	0,143	-0,017	0,136	0,111	0,091	1	0,101	0,012	-0,067	-0,056	0,069
	$\gamma^{208}\text{Tl}$	0,174	0,164	0,169	0,008	0,206	0,101	0,120	0,151	1	0,195	0,082	-0,195	-0,056
	$\gamma\text{F3}$	-0,173	-0,219	-0,179	0,132	-0,010	-0,022	-0,267	0,051	0,040	1	0,132	0,148	-0,103
	$\gamma\text{F4}$	0,104	0,206	0,165	-0,108	0,193	0,067	0,059	0,193	-0,014	-0,045	1	0,046	0,010
	$\gamma\text{F5}$	-0,148	-0,060	-0,183	0,365	-0,033	0,086	-0,030	-0,035	-0,055	0,047	0,126	1	-0,023
$\gamma\text{F6}$	0,195	0,252	0,196	-0,318	-0,009	0,015	0,308	0,012	0,058	-0,194	-0,124	-0,152	1	

C > 99 % rojo, C > 95 % azul

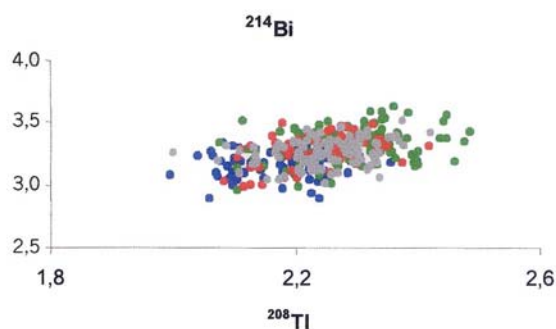
Los coeficientes de correlación para los núcleos C38 y Q3 se muestran en la tabla 5.12, percibiéndose también una relación lineal no significativa entre los distintos canales radiométricos, especialmente en el último de ellos.

**Tabla 5.12.** Valores de coeficientes de correlación radiométricos de los núcleos C38 y Q3.

		Q3												
		$\gamma^{208}\text{Tl}$	$\gamma^{214}\text{Bi}$	$\gamma\text{F1}$	$\gamma^{228}\text{Ac}$	$\gamma^{214}\text{Bi}$	$\gamma^{40}\text{K}$	$\gamma^{214}\text{Bi}$	$\gamma\text{F2}$	$\gamma^{208}\text{Tl}$	$\gamma\text{F3}$	$\gamma\text{F4}$	$\gamma\text{F5}$	$\gamma\text{F6}$
C38	$\gamma^{208}\text{Tl}$	1	-0,037	-0,030	-0,143	-0,030	-0,085	-0,022	-0,141	-0,032	-0,088	0,173	-0,158	0,289
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,318	1	0,161	-0,072	0,090	0,135	0,012	-0,158	0,091	-0,053	0,015	0,104	-0,042
	$\gamma\text{F1}$	0,086	-0,034	1	0,014	-0,134	-0,053	0,049	-0,005	0,003	-0,097	0,062	0,149	0,104
	$\gamma^{228}\text{Ac}$	0,030	0,302	-0,121	1	-0,057	0,130	0,101	0,171	0,009	-0,126	-0,014	0,104	-0,047
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,010	-0,035	-0,078	-0,071	1	-0,115	0,186	-0,208	0,195	0,116	0,194	-0,084	0,047
	$\gamma^{40}\text{K}$	0,053	0,388	-0,045	0,320	0,054	1	0,028	0,086	-0,002	0,034	-0,105	-0,054	-0,009
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,127	0,124	0,074	0,080	-0,070	0,179	1	0,092	0,047	-0,093	0,124	-0,006	0,082
	$\gamma\text{F2}$	-0,005	0,005	0,118	0,196	0,056	0,055	0,247	1	-0,095	-0,001	-0,098	-0,132	-0,168
	$\gamma^{208}\text{Tl}$	0,020	0,049	0,097	0,038	0,040	-0,075	0,201	0,293	1	0,240	0,247	-0,103	0,027
	$\gamma\text{F3}$	-0,065	0,047	-0,262	0,150	0,040	0,234	0,062	0,047	0,117	1	0,007	-0,216	-0,119
	$\gamma\text{F4}$	-0,051	0,150	0,139	0,202	0,024	0,220	0,216	0,183	0,199	0,005	1	0,001	0,198
	$\gamma\text{F5}$	0,030	0,203	0,018	0,209	-0,066	0,179	0,081	0,084	0,117	0,102	0,256	1	0,057
	$\gamma\text{F6}$	0,140	-0,025	0,207	-0,161	0,002	0,004	0,097	-0,026	0,051	0,062	0,087	-0,106	1

C > 99 % rojo, C > 95 % azul

La figura 5.7 presenta la única relación lineal confiable, que como se dijo anteriormente se encuentra en al menos 3 núcleos, ella sola no es representativa, y solo indica el grado de solapamiento existente entre las distintas dispersiones, además de no definir algún patrón de comportamiento en específico, esto debido a la gran homogeneidad presente en los datos radiométricos.



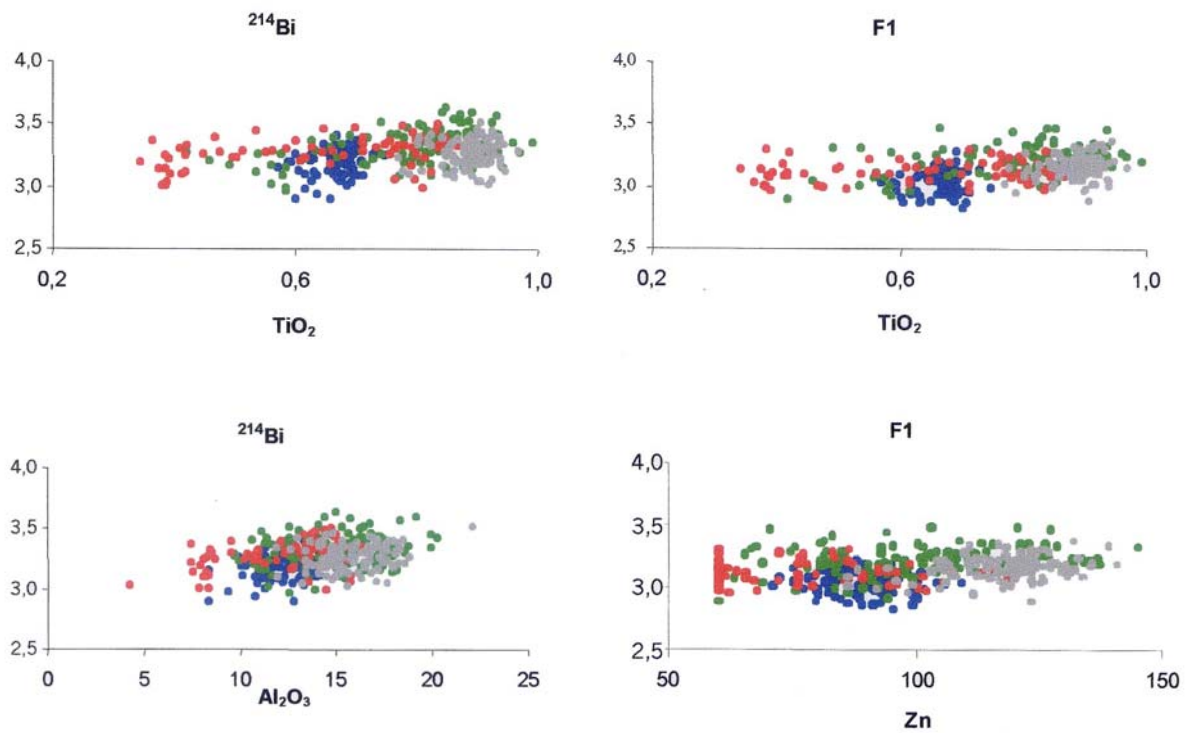
**Figura 5.7.** Diagrama de dispersión radiométrico que presenta la única relación lineal confiable (C > 99 %).



### 5.3. RESULTADOS ANALÍTICOS QUÍMICO-RADIOMÉTRICOS

Para poder establecer relaciones entre las distintas variables radiométricas y los elementos químicos se hicieron diagramas de dispersión para mostrar el comportamiento existente entre estas variables.

En la figura 5.8 se presentan aquellos diagramas que muestren coeficientes de correlación ( $r$ ) entre un 95% y 99% de confiabilidad en 3 de los 4 los núcleos. Estos son escasos debido a que las variables radiométricas presentan una baja relación hasta con su misma data, como se explicó anteriormente. Estas relaciones son  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vs.  $\gamma^{214}\text{Bi}$  (609 KeV),  $\text{TiO}_2$  vs.  $\gamma^{214}\text{Bi}$  (609 KeV),  $\text{TiO}_2$  vs.  $\gamma\text{F1}$  y  $\text{Zn}$  vs  $\gamma\text{F1}$ .



**Figura 5.8.** Diagrama de dispersión químico-radiométrico. P29 (verde), S4 (rojo), C38 (gris), Q3 (azul)

En la tabla 5.13 se muestran los porcentajes generales de los coeficientes de correlación según su grado de confiabilidad para cada núcleo, en donde se visualiza una mala relación lineal entre las variables químicas y radiométricas en todos los núcleos, especialmente en el más alejado de la costa, el Q3.

**Tabla 5.13.** Porcentajes generales químico-radiométrico de los coeficientes de correlación mayores y menores al  $r_c$ , para los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Confiabilidad	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
C > 99%	21%	6%	5%	2%
95% ≤ C < 99%	11%	9%	11%	7%
C < 95%	67%	85%	84%	91%

La tabla 5.14 muestra los valores de los coeficientes de correlación ( $r$ ) químico-radiométrico para el núcleo P29, determinándose una relación lineal no significativa entre las variables MgO, K<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, V, Zr, Rb, Cu, Ni,  $\gamma^{214}\text{Bi}$  (1120 KeV),  $\gamma^{40}\text{K}$  (1460 KeV) y  $\gamma^{208}\text{Tl}$  (2614 KeV) con el resto de ellas.

**Tabla 5.14.** Valores de coeficientes de correlación químico-radiométricos del núcleo P29.

		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Cu	Ni
<b>P29</b>	$\gamma^{208}\text{Tl}$	0,266	0,260	0,174	0,051	0,188	0,123	-0,314	0,043	-0,024	0,222	-0,326	0,004	0,054	0,017	0,005	-0,027
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,352	0,411	0,184	0,045	0,255	0,161	-0,479	0,109	-0,009	0,273	-0,478	0,107	0,177	0,100	-0,082	0,049
	$\gamma\text{F1}$	0,293	0,384	0,224	0,076	0,165	0,148	-0,437	0,173	0,150	0,050	-0,403	0,170	0,203	0,227	-0,012	0,082
	$\gamma^{228}\text{Ac}$	-0,161	-0,292	-0,284	-0,169	-0,206	-0,074	0,356	-0,203	-0,081	0,037	0,352	-0,180	-0,151	-0,225	-0,001	0,042
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,130	0,088	0,018	-0,039	0,080	0,230	-0,141	-0,022	0,081	0,038	-0,136	0,019	0,129	-0,035	-0,019	-0,063
	$\gamma^{40}\text{K}$	0,025	0,047	-0,100	0,005	-0,034	0,056	-0,023	-0,008	0,039	0,062	0,001	0,001	-0,003	0,014	0,094	0,126
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,223	0,246	0,123	0,039	0,164	0,128	-0,293	0,080	-0,051	0,146	-0,286	0,054	0,004	-0,003	-0,070	0,032
	$\gamma\text{F2}$	0,064	0,290	0,223	0,150	0,163	0,085	-0,241	0,224	0,121	0,063	-0,218	0,147	0,258	0,183	0,084	-0,065
	$\gamma^{208}\text{Tl}$	0,067	0,145	0,052	0,058	0,077	-0,007	-0,103	0,057	0,019	0,041	-0,087	0,047	0,097	0,062	-0,022	0,057
	$\gamma\text{F3}$	-0,228	-0,190	-0,024	-0,036	-0,129	0,016	0,261	-0,016	0,125	-0,183	0,270	-0,005	0,042	0,009	0,097	0,051
	$\gamma\text{F4}$	0,022	0,028	-0,031	0,089	0,192	-0,084	-0,097	0,002	-0,029	-0,036	-0,086	0,096	0,066	0,036	0,022	0,034
	$\gamma\text{F5}$	-0,058	-0,353	-0,400	-0,222	-0,198	-0,274	0,314	-0,316	-0,164	0,070	0,293	-0,252	-0,298	-0,282	0,078	-0,144
$\gamma\text{F6}$	0,367	0,492	0,281	0,137	0,199	-0,037	-0,534	0,228	0,085	0,160	-0,529	0,244	0,090	0,292	0,047	0,029	

C > 99 % rojo, C > 95 % azul

Los coeficientes de correlación químico-radiométricos para el núcleo S4 se muestran en la tabla 5.15, destacándose también una representatividad lineal no significativa entre las distintas variables, a excepción del  $\gamma^{208}\text{Tl}$  (583 KeV),  $\gamma^{214}\text{Bi}$  (609 KeV) y F2.

**Tabla 5.15.** Valores de coeficientes de correlación químico-radiométricos del núcleo S4.

		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Cu	Ni
<b>S4</b>	$\gamma^{208}\text{Tl}$	0,178	<b>0,334</b>	<b>0,359</b>	<b>0,253</b>	0,181	0,106	<b>-0,303</b>	<b>0,338</b>	0,069	0,220	<b>-0,286</b>	<b>0,256</b>	0,119	0,164	-0,015	-0,045
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	<b>0,255</b>	<b>0,404</b>	<b>0,421</b>	<b>0,370</b>	<b>0,317</b>	0,001	<b>-0,472</b>	<b>0,416</b>	0,166	0,071	<b>-0,456</b>	<b>0,366</b>	<b>0,360</b>	<b>0,324</b>	0,047	0,216
	$\gamma\text{F1}$	0,128	0,103	0,059	0,020	0,059	0,138	-0,115	0,080	-0,046	0,249	-0,135	0,022	-0,023	-0,053	0,027	-0,109
	$\gamma^{228}\text{Ac}$	0,055	<b>0,250</b>	0,170	0,210	0,225	-0,031	-0,166	0,216	0,101	-0,004	-0,155	0,225	0,179	0,224	-0,037	<b>0,380</b>
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,208	0,242	0,084	0,197	0,173	-0,015	-0,237	0,197	0,240	-0,007	-0,219	0,203	<b>0,284</b>	<b>0,279</b>	-0,001	0,170
	$\gamma^{40}\text{K}$	0,216	<b>0,257</b>	0,247	0,195	0,140	0,115	<b>-0,298</b>	0,219	-0,048	0,164	<b>-0,287</b>	0,228	0,212	0,183	0,128	0,165
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,106	0,147	0,063	0,147	0,118	-0,110	-0,150	0,113	0,045	-0,175	-0,142	0,151	0,209	0,105	-0,051	-0,120
	$\gamma\text{F2}$	0,076	<b>0,295</b>	<b>0,315</b>	<b>0,265</b>	<b>0,307</b>	0,115	-0,199	<b>0,296</b>	-0,076	0,063	-0,182	<b>0,263</b>	0,170	0,166	-0,191	0,010
	$\gamma^{208}\text{Tl}$	-0,009	0,161	0,152	0,179	0,121	0,104	-0,086	0,171	-0,114	-0,105	-0,060	0,193	0,121	0,109	-0,013	0,022
	$\gamma\text{F3}$	-0,125	0,103	-0,003	0,116	0,109	<b>-0,271</b>	0,074	0,110	0,025	-0,090	0,092	0,141	0,179	0,142	-0,193	0,091
	$\gamma\text{F4}$	0,102	0,146	0,148	0,145	0,217	-0,084	-0,194	0,162	-0,027	-0,057	-0,183	0,149	0,098	0,182	0,168	0,067
	$\gamma\text{F5}$	-0,081	-0,077	-0,111	-0,120	-0,095	-0,095	0,140	-0,098	0,054	0,187	0,146	-0,111	-0,197	-0,090	0,116	0,118
$\gamma\text{F6}$	0,129	-0,012	-0,066	-0,036	-0,103	0,119	-0,095	-0,043	-0,044	0,134	-0,098	-0,011	-0,044	-0,033	-0,006	0,026	

C > 99 % rojo, C > 95 % azul

La tabla 5.16 muestra los valores de los coeficientes de correlación (r) químico-radiométricos para el núcleo C38, determinándose relación lineal no significativa entre las variables, exceptuando al CaO y a la ventana F1.

**Tabla 5.16.** Valores de coeficientes de correlación químico-radiométricos del núcleo C38.

		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Ni
<b>C38</b>	$\gamma^{208}\text{Tl}$	0,075	0,050	0,114	-0,156	-0,131	0,017	-0,024	0,193	0,093	0,087	-0,013	0,049	-0,020	-0,020	<b>0,245</b>
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	-0,082	0,040	<b>0,200</b>	0,078	0,048	0,107	-0,102	0,108	-0,007	0,020	-0,054	0,052	0,003	-0,014	0,034
	$\gamma\text{F1}$	-0,034	<b>0,195</b>	0,047	-0,068	-0,104	-0,062	-0,064	<b>0,356</b>	<b>0,233</b>	<b>-0,265</b>	-0,014	<b>0,256</b>	0,110	<b>0,280</b>	0,162
	$\gamma^{228}\text{Ac}$	-0,098	-0,005	-0,023	0,171	0,148	0,008	<b>-0,257</b>	0,096	0,114	0,021	-0,153	0,127	0,008	0,010	-0,119
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	-0,013	0,031	0,123	0,036	0,023	-0,078	0,029	0,046	-0,060	-0,040	0,099	0,085	-0,087	-0,040	-0,037
	$\gamma^{40}\text{K}$	-0,153	0,057	0,156	<b>0,247</b>	<b>0,229</b>	0,064	-0,168	0,095	-0,083	-0,114	-0,081	0,185	0,050	0,134	-0,176
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	-0,147	<b>0,205</b>	<b>0,271</b>	0,104	0,145	0,184	<b>-0,270</b>	0,088	-0,106	-0,128	-0,143	<b>0,216</b>	<b>0,196</b>	<b>0,252</b>	-0,070
	$\gamma\text{F2}$	-0,120	0,048	0,010	0,083	0,058	0,028	<b>-0,204</b>	0,078	0,020	-0,166	-0,123	0,154	0,087	0,152	-0,119
	$\gamma^{208}\text{Tl}$	0,189	0,151	-0,022	-0,126	-0,117	-0,050	<b>-0,290</b>	0,015	0,018	0,086	<b>-0,272</b>	0,028	0,163	-0,090	-0,060
	$\gamma\text{F3}$	0,084	<b>0,197</b>	0,149	-0,048	-0,046	0,092	-0,189	-0,082	-0,030	0,066	<b>-0,208</b>	0,014	<b>0,203</b>	0,053	<b>-0,230</b>
	$\gamma\text{F4}$	-0,067	0,179	<b>0,223</b>	0,103	0,008	0,101	<b>-0,329</b>	0,130	-0,038	-0,143	<b>-0,225</b>	<b>0,252</b>	0,038	0,089	<b>-0,195</b>
	$\gamma\text{F5}$	0,019	0,147	0,030	0,035	0,024	-0,163	<b>-0,251</b>	0,141	0,052	-0,174	-0,181	<b>0,199</b>	0,177	<b>0,289</b>	<b>-0,235</b>
$\gamma\text{F6}$	0,126	0,053	-0,132	-0,139	-0,073	-0,155	0,040	0,008	-0,047	0,122	0,009	-0,001	-0,124	-0,098	<b>0,200</b>	

C > 99 % rojo, C > 95 % azul

El núcleo Q3 presenta los valores más deficientes con respecto a los coeficientes de correlación químico-radiométricos, estos se muestran en la tabla 5.17 y a excepción de la ventana F1, todas las variables presentan una relación lineal no representativa.

**Tabla 5.17.** Valores de coeficientes de correlación químico-radiométricos del núcleo Q3.

		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Ni
<b>Q3</b>	$\gamma^{208}\text{Tl}$	-0,112	-0,021	0,029	0,050	0,042	0,120	0,080	0,100	-0,044	-0,130	0,096	0,101	-0,116	<b>0,218</b>	0,083
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	0,045	0,033	0,074	0,066	0,186	0,133	-0,054	-0,049	-0,173	0,152	-0,118	-0,155	-0,104	-0,108	0,175
	$\gamma\text{F1}$	0,124	<b>0,230</b>	<b>0,227</b>	-0,172	0,091	-0,026	-0,053	<b>0,195</b>	-0,098	0,038	-0,091	0,094	0,088	<b>-0,204</b>	-0,049
	$\gamma^{228}\text{Ac}$	0,140	<b>0,217</b>	0,170	<b>-0,321</b>	<b>-0,229</b>	-0,102	-0,018	<b>0,223</b>	-0,091	-0,080	0,003	<b>0,251</b>	<b>0,223</b>	<b>-0,244</b>	-0,092
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	-0,011	-0,181	<b>-0,207</b>	0,150	0,061	0,176	-0,070	<b>-0,319</b>	-0,017	<b>0,352</b>	-0,105	<b>-0,282</b>	-0,100	0,211	-0,130
	$\gamma^{40}\text{K}$	0,150	0,027	0,186	-0,188	<b>-0,228</b>	0,086	-0,033	0,094	-0,027	0,049	0,043	0,097	-0,060	-0,053	0,174
	$\gamma^{214}\text{Bi}$	-0,114	-0,005	-0,092	0,077	0,121	-0,039	0,041	0,004	0,052	-0,125	0,055	0,015	<b>0,224</b>	0,124	0,128
	$\gamma\text{F2}$	0,063	0,116	0,020	-0,104	-0,099	-0,010	-0,054	0,086	0,134	-0,084	-0,003	0,158	-0,017	0,034	-0,107
	$\gamma^{208}\text{Tl}$	-0,011	0,108	0,131	-0,101	0,013	-0,094	0,059	0,104	0,025	-0,109	0,037	0,007	-0,027	0,043	0,011
	$\gamma\text{F3}$	-0,026	0,056	-0,024	-0,014	0,188	-0,045	0,049	-0,037	0,088	0,039	0,041	-0,030	-0,031	-0,173	0,038
	$\gamma\text{F4}$	<b>-0,198</b>	-0,008	-0,137	0,030	0,103	-0,102	0,149	0,032	0,049	-0,126	0,136	0,073	0,036	0,091	0,117
	$\gamma\text{F5}$	0,018	-0,002	-0,005	0,128	0,059	-0,060	-0,085	-0,056	-0,038	0,086	-0,170	-0,165	0,140	-0,019	0,021
	$\gamma\text{F6}$	0,013	-0,123	-0,040	0,041	-0,116	0,011	-0,012	-0,001	-0,037	0,129	-0,024	-0,106	-0,128	0,151	<b>0,247</b>

C > 99 % rojo, C > 95 % azul

#### 5.4. DEFINICIÓN DE UNIDADES QUÍMICO-RADIOMÉTRICAS

La definición de unidades y sub-unidades químico-radiométricas se realiza por medio de la elaboración de perfiles de distribución, donde las variaciones geoquímicas de los núcleos en profundidad se manifiestan como máximos, mínimos y deflexiones importantes a través de las distintas variables. Los criterios para definir las unidades químicas se basa en identificar las deflexiones máximas o mínimas mas importantes de las curvas, las cuales se pueden representar entre 5 o más variables, definiendo un *marcador de primer orden*; mientras que aquellas fluctuaciones que se presenten en dos variables se definirá como un *marcador de segundo orden*. Dichas deflexiones máximas o mínimas deben representar la culminación de una tendencia de ascenso o de descenso de una variable.

Una vez definidos estos marcadores, se procede a identificar las unidades químico y/o radiométricas, las cuales están limitadas por dos marcadores o entre un marcador y el tope o la base. Además, aquella unidad cuyos marcadores de menor orden representen mínimos se definirá como unidad con tendencia negativa y viceversa.

Cabe destacar que en este trabajo se pudo encontrar una correspondencia en la definición de las unidades químicas y radiométricas principales, es decir, se pudo observar que sus límites de unidades coincidían, por lo que se definieron unidades químico-radiométricas. Por otra parte, la definición de sub-unidades sólo pudo ser realizada en los perfiles químicos, ya que los radiométricos, debido a su homogeneidad de datos, se caracterizan por no presentar variaciones significativas correspondientes a los cambios químicos, aunque a lo largo de este trabajo se podrá ver por medio de las funciones discriminantes que las sub-unidades químicas si presentan una cierta relación con las variables radiométricas; por lo que las sub-unidades son definidas también químico-radiométricas, pero no se consideran al momento de ser representadas en los perfiles radiométricos.

### 5.4.1. NÚCLEO P29

Se definieron dos unidades químico-radiométricas principales con tendencia negativa, cuya unidad más basal se caracteriza por estar definida por dos sub-unidades. Este núcleo mide aproximadamente 2,33 m.

En la Tabla 5.18 y 5.19, se presenta el comportamiento de las variables químicas y radiométricas respectivamente, a través de cada una de las unidades y sub-unidades definidas, las cuales ayudaron a definir los marcadores de primer orden.

**Tabla 5.18.** Cuadro comparativo de los componentes químicos de las distintas unidades químicas en el núcleo P29. Los componentes mayoritarios están en % y los elementos traza en ppm.

Unidad		# Muestras	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Cu	Ni
QR <sub>P29</sub> II	Máximo	10	53,57	0,58	13,88	5,94	0,04	2,07	8,02	1,76	30	198	320	199	53	99	110	278
	Mínimo		50,89	0,42	9,67	4,10	0,02	1,00	6,51	1,22	30	133	295	120	36	60	110	260
	Promedio		51,92	0,54	12,22	5,38	0,03	1,13	6,95	1,60	30	153	310	179	44	86	110	262
QR <sub>P29</sub> Ib	Máximo	70	69,67	0,94	20,26	8,37	0,18	6,93	7,36	2,20	50	397	314	267	71	145	154	274
	Mínimo		53,03	0,49	9,71	3,71	0,03	1,00	0,32	1,23	30	134	67	120	36	61	110	260
	Promedio		60,91	0,82	14,92	5,80	0,07	2,07	0,89	1,78	32	232	110	202	50	100	111	260
QR <sub>P29</sub> Ia	Máximo	37	66,18	0,99	19,92	8,73	0,19	4,69	1,29	2,23	50	360	168	277	65	137	110	341
	Mínimo		56,25	0,71	11,28	4,43	0,04	1,00	0,33	1,45	30	134	79	166	36	83	110	260
	Promedio		60,85	0,86	15,47	6,20	0,08	1,79	0,49	1,84	33	224	100	216	45	106	110	266

**Tabla 5.19.** Cuadro comparativo de las variables radiométricas de las distintas unidades químicas en el núcleo P29. Las variables radiométricas están en cps.

Unidad		# Muestras	<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
QR <sub>P29</sub> II	Máximo	10	2,26	3,27	3,28	5,63	2,74	3,85	2,03	1,79	2,42	0,455	1,39	0,465	0,618
	Mínimo		2,11	2,97	2,90	5,25	2,37	3,50	1,85	1,59	2,26	0,385	1,23	0,385	0,540
	Promedio		2,19	3,13	3,04	5,43	2,63	3,74	1,93	1,67	2,34	0,423	1,30	0,426	0,577
QR <sub>P29</sub> Ib	Máximo	70	2,49	3,65	3,48	5,60	2,91	3,99	2,15	1,93	2,58	0,475	1,49	0,488	0,798
	Mínimo		2,08	3,11	2,97	4,90	2,49	3,48	1,85	1,62	2,25	0,345	1,21	0,340	0,518
	Promedio		2,30	3,35	3,25	5,22	2,71	3,76	2,01	1,76	2,38	0,400	1,35	0,403	0,653
QR <sub>P29</sub> Ia	Máximo	37	2,48	3,60	3,48	5,66	2,81	4,01	2,19	1,88	2,57	0,463	1,43	0,480	0,798
	Mínimo		2,11	3,09	3,01	5,00	2,51	3,50	1,84	1,56	2,22	0,340	1,21	0,358	0,625
	Promedio		2,27	3,34	3,23	5,25	2,66	3,75	1,98	1,72	2,38	0,399	1,32	0,404	0,677

### Unidad QR<sub>P29</sub> I

Esta unidad comprende 2,14 m de espesor, entre los 2,33 y 0,19 m a partir del tope del núcleo, por lo que está ubicada en el extremo basal. Abarca entre las muestras P29-117 y P29-11 (Apéndice IV).

Esta unidad se dividió en dos sub-unidades químico-radiométrica:

- QR<sub>P29</sub> Ia, es la más basal, comprende los primeros 0,74 m de espesor, entre las muestras P29-117 y P29-81.
- QR<sub>P29</sub> Ib, es la más superior, comprende 1,40 m de espesor, entre las muestras P29-80 y P29-11.

La litología de esta unidad se caracteriza por presentar una granulometría fina tipo arcilla hacia la base, la cual aumenta gradualmente a arena fina al tope (Tabla 2.3).

El SiO<sub>2</sub> y el Zr se caracterizan por presentar un comportamiento homogéneo, es decir, sin deflexiones importantes a lo largo de esta unidad, hasta llegar a la muestra P29-19 donde evidencian un rápido descenso en su concentración hasta llegar a la muestra P29-10, en el contacto con la unidad superior (QR<sub>P29</sub> II) (Apéndice IV).

Los perfiles del TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, K<sub>2</sub>O, Rb, Pb, Zn, <sup>208</sup>Tl, <sup>214</sup>Bi y <sup>40</sup>K, presentan un comportamiento muy similar entre sí, y contrario al SiO<sub>2</sub>. Sus variaciones químicas y radiométricas son homogéneas hasta la muestra P29-42 (0,84 m desde el tope), donde evidencian un descenso en las concentraciones hasta llegar al límite con la unidad superior en la muestra P29-10 (Apéndice IV).

El MgO evidencia un comportamiento ascendente hacia la muestra P29-45 (0,9 m a partir del tope), en el cual comienza a descender hasta llegar al límite de la unidad.

Los perfiles del V, Cu y Ni, se comportan similarmente debido a que varias de sus muestras presentan concentraciones ubicadas en el límite de detección (LD). Las concentraciones del V tienden a agruparse entre las muestras P29-117 y P29-50. Al igual que el V, el Ni presenta las máximas concentraciones hacia la base, entre las muestras P29-117 y P29-80. El Cu se caracteriza por presentar un solo valor por encima del límite de detección (muestra P29-46).

El CaO, Sr y  $\gamma^{228}\text{Ac}$  muestran un comportamiento similar y homogéneo a lo largo de la unidad, hasta la muestra P29-26 (0,52 m a partir del tope) donde evidencian un incremento gradual de sus concentraciones.

### **Unidad QR<sub>P29</sub> II**

Esta unidad suprayace a la unidad QR<sub>P29</sub> I, y abarca 0,19 m de espesor, entre las muestras P29-11 y P29-1, por lo que está limitada en su parte superior por el tope del núcleo (Apéndice IV).

La litología de esta unidad se caracteriza por presentar una granulometría fina tipo arcilla (Tabla 2.3).

El SiO<sub>2</sub> y el Zr se caracteriza por continuar el descenso de su concentración que se desarrolla desde la unidad anterior.

Los perfiles del TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, K<sub>2</sub>O, Rb, Pb y Zn, al igual que en la unidad anterior, presentan un comportamiento muy similar y contrario al SiO<sub>2</sub>. Presentan un desarrollo ascendente en sus concentraciones a lo largo de la unidad. Al igual que estas variables químicas, los isótopos radiométricos de  $\gamma^{208}\text{Tl}$ ,  $\gamma^{214}\text{Bi}$  y  $\gamma^{40}\text{K}$ , se comportan contrarios al SiO<sub>2</sub>, presentando un aumento de sus cuentas por segundo (cps).

El MgO y el Ni, evidencian un comportamiento similar de bajas concentraciones. Los perfiles del V y el Cu, se presentan iguales, ya que varias de sus muestras presentan concentraciones ubicadas en el límite de detección, por lo que se presenta una línea constante. Los perfiles del CaO, Sr y  $\gamma^{228}\text{Ac}$  se comportan similarmente, con una tendencia constante a lo largo de la unidad.



## Relaciones Químicas (Apéndice IV)

La unidad inferior se caracteriza por presentar una granulometría fina hacia la base y gruesa hacia el tope ( $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Zr/Rb}$ ), con condiciones de energía ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) homogéneas y ligeramente alto con respecto a la unidad superior. Además, es una unidad principalmente siliciclástica con al menos 4 niveles principales carbonáticos ( $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2)/\text{CaO}$ ,  $(\text{Zr}+\text{Rb})/\text{Sr}$ ), cuya concentración carbonática tiende a aumentar hacia la unidad superior. Las condiciones óxido-reductoras ( $\text{TiO}_2/\text{V}$ ,  $\text{MnO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) se pueden observar con claridad en ambas unidades, cuya unidad inferior se caracteriza por estar asociado a un ambiente oxidante que tiende a ser reductor a partir de la muestra P29-35 aproximadamente.

### 5.4.2. NÚCLEO S4

Se definieron dos unidades químico-radiométricas principales con tendencia negativa, ambas unidades a su vez fueron divididas en dos sub-unidades. Este núcleo mide 1,35 m.

En la Tabla 5.20 y 5.21, se presenta el comportamiento de las variables químicas y radiométricas a través de cada una de las unidades y sub-unidades definidas, las cuales ayudaron a definir los marcadores de primer orden.

**Tabla 5.20.** Cuadro comparativo de los componentes químicos de las distintas unidades químicas en el núcleo S4. Los componentes mayoritarios están en % y los elementos traza en ppm.

Unidad		# Muestras	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{V}$	$\text{Zr}$	$\text{Sr}$	$\text{Rb}$	$\text{Pb}$	$\text{Zn}$	$\text{Cu}$	$\text{Ni}$
$\text{QR}_{S4}$ IIb	Máximo	11	57,39	0,42	8,71	3,47	0,02	1,00	12,28	1,14	30	261	430	102	36	66	146	260
	Mínimo		49,87	0,34	7,42	2,76	0,00	1,00	6,64	0,89	30	201	245	82	36	60	110	260
	Promedio		51,78	0,39	8,00	3,09	0,01	1,00	10,60	0,96	30	229	379	89	36	61	113	260
$\text{QR}_{S4}$ IIa	Máximo	16	65,96	0,76	14,44	6,05	0,08	2,26	6,90	1,89	30	364	260	207	49	93	199	260
	Mínimo		57,81	0,37	8,28	2,60	0,01	1,00	0,50	0,83	30	195	75	74	36	60	110	260
	Promedio		60,76	0,54	10,71	3,73	0,03	1,14	3,10	1,21	30	254	142	110	38	66	118	260
$\text{QR}_{S4}$ Ib	Máximo	21	67,72	0,85	16,20	6,78	0,11	3,17	1,02	2,03	33	390	101	232	62	113	110	357
	Mínimo		57,65	0,63	10,91	3,30	0,03	1,00	0,35	1,23	30	172	49	100	36	60	110	260
	Promedio		61,71	0,78	13,91	5,42	0,07	1,29	0,48	1,76	30	259	81	178	46	87	110	270
$\text{QR}_{S4}$ Ia	Máximo	20	68,12	0,87	15,74	6,49	0,09	3,68	0,42	2,00	41	421	97	223	58	119	110	260
	Mínimo		59,05	0,54	9,54	3,19	0,03	1,00	0,33	1,26	30	196	42	91	36	60	110	260
	Promedio		63,35	0,72	12,92	4,83	0,06	1,58	0,38	1,63	31	299	70	157	43	80	110	260

**Tabla 5.21.** Cuadro comparativo de las variables radiométricas de las distintas unidades químicas en el núcleo S4. Las variables radiométricas están en cps.

Unidad		# Muestras	<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
QR <sub>S4</sub> Ib	Máximo	11	2,30	3,37	3,31	5,70	2,73	3,86	2,04	1,79	2,54	0,488	1,35	0,553	0,623
	Mínimo		2,11	3,01	2,97	5,25	2,56	3,56	1,84	1,54	2,23	0,383	1,26	0,378	0,535
	Promedio		2,20	3,16	3,09	5,45	2,64	3,69	1,94	1,68	2,37	0,432	1,29	0,452	0,581
QR <sub>S4</sub> Ia	Máximo	16	2,33	3,48	3,28	5,77	2,75	3,91	2,09	1,85	2,53	0,523	1,44	0,455	0,755
	Mínimo		2,11	3,15	2,98	5,33	2,52	3,55	1,88	1,54	2,25	0,330	1,21	0,368	0,505
	Promedio		2,22	3,29	3,12	5,51	2,63	3,76	1,96	1,68	2,36	0,406	1,32	0,419	0,613
QR <sub>S4</sub> Ib	Máximo	21	2,42	3,51	3,29	5,77	2,93	3,96	2,09	1,87	2,50	0,503	1,38	0,488	0,650
	Mínimo		2,12	3,00	2,97	5,34	2,57	3,59	1,82	1,59	2,18	0,368	1,24	0,385	0,545
	Promedio		2,26	3,32	3,13	5,55	2,67	3,78	1,97	1,74	2,39	0,433	1,31	0,440	0,598
QR <sub>S4</sub> Ia	Máximo	20	2,35	3,47	3,31	5,60	2,81	3,88	2,11	1,81	2,49	0,485	1,42	0,483	0,763
	Mínimo		2,17	3,06	3,00	5,24	2,55	3,58	1,85	1,57	2,21	0,370	1,21	0,370	0,508
	Promedio		2,25	3,30	3,13	5,48	2,71	3,75	1,96	1,69	2,34	0,419	1,31	0,432	0,593

### Unidad QR<sub>S4</sub> I

Esta unidad comprende 0,82 m de espesor, entre los 1,35 y 0,55 m a partir del tope del núcleo, por lo que está ubicada en el extremo basal del núcleo. Abarca las muestras S4-68 y S4-28 (Apéndice IV).

Esta unidad se dividió en dos sub-unidades químico-radiométricas:

- QR<sub>S4</sub> Ia, es la más basal, comprende los primeros 0,40 m de espesor, entre las muestras S4-68 y S4-49.
- QR<sub>S4</sub> Ib, es la más superior, comprende 0,42 m de espesor, entre las muestras S4-48 y S4-27.

La litología de esta unidad se caracteriza por presentar una granulometría fina tipo arcilla hacia la base, la cual aumenta gradualmente a arena al tope (Tabla 2.3).

El SiO<sub>2</sub> y el Zr se caracterizan por presentar un comportamiento similar y homogéneo a lo largo de esta unidad. En el límite entre las sub-unidades QR<sub>S4</sub> Ia y Ib (muestra S4-48, 0,95 m a partir del tope), se puede observar que hay un descenso o salto en las concentraciones, resaltándose en el perfil del Zr.

Los perfiles del TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, K<sub>2</sub>O, Rb, Pb, Zn,  $\gamma^{208}\text{Tl}$ ,  $\gamma^{214}\text{Bi}$  y  $\gamma^{40}\text{K}$ , presentan un comportamiento muy similar entre sí, y contrario al SiO<sub>2</sub>.

El MgO y el V evidencia un comportamiento similar, encontrándose varias muestras por debajo del límite de detección, aunque el MgO muestra una mayor dispersión de las concentraciones a lo largo de la unidad.

Los perfiles del Cu y Ni, se comportan similarmente en relación a que varias de sus muestras presentan concentraciones ubicadas en el LD. Las concentraciones del V tienden a agruparse entre las muestras S4-43 y S4-37 de la sub-unidad QR<sub>S4</sub> Ib. Por su parte, el Ni muestra todas sus concentraciones ubicadas en el LD.

El CaO, Sr y  $\gamma^{228}\text{Ac}$  exhibe un comportamiento similar a lo largo de la unidad, hasta la muestra S4-27 (0,53 m a partir del tope) en el límite con la unidad QR<sub>S4</sub> II.

### **Unidad QR<sub>S4</sub> II**

Esta unidad suprayace a la unidad anterior, y abarca 0,53 m de espesor, entre las muestras S4-27 y S4-1, por lo que está limitada en su parte superior por el tope del núcleo (Apéndice IV).

Esta unidad se dividió en dos sub-unidades químico-radiométricas:

- QR<sub>S4</sub> IIa, es la más basal, comprende los primeros 0,32 m de espesor, entre las muestras S4-27 y S4-12.
- QR<sub>S4</sub> IIb, es la más superior, comprende 0,21 m de espesor, entre las muestras S4-11 y S4-1.

La litología de esta unidad se caracteriza por una granulometría tipo arena (Tabla 2.3).

El SiO<sub>2</sub> y el Zr se caracterizan por una tendencia a disminuir sus concentraciones en la sub-unidad QR<sub>S4</sub> IIa, marcándose aún más a partir de la sub-unidad QR<sub>S4</sub> IIb en el perfil del SiO<sub>2</sub>.

Los perfiles del  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Pb}$  y  $\text{Zn}$ , al igual que en la unidad anterior, muestran un comportamiento muy similar y contrario al  $\text{SiO}_2$ . Tienen un desarrollo descendente en la sub-unidad  $\text{QR}_{\text{S4}}$  Ila y ascendente a partir de la sub-unidad  $\text{QR}_{\text{S4}}$  Iib; excepto en los perfiles del  $\text{Pb}$  y  $\text{Zn}$ , cuyas concentraciones se ubican en el límite de detección. Las variables radiométricas  $\gamma^{208}\text{Tl}$ ,  $\gamma^{214}\text{Bi}$  y  $\gamma^{40}\text{K}$  se comportan similarmente a las variables químicas antes mencionadas, mostrando el cambio de descenso y aumento de las cuentas por segundo en la muestra S4-7 aproximadamente (Apéndice IV).

Los perfiles del  $\text{MgO}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Cu}$  y  $\text{Ni}$  se comportan similar, ya que varias de sus muestras presentan concentraciones ubicadas en el LD, excepto el  $\text{MgO}$  y el  $\text{Cu}$ , los cuales muestran concentraciones en la sub-unidad  $\text{QR}_{\text{S4}}$  Ila (muestras S4-23 a S4-19) (Apéndice IV).

Los perfiles del  $\text{CaO}$  y el  $\text{Sr}$  se comportan similarmente, con una tendencia a aumentar las concentraciones en la sub-unidad  $\text{QR}_{\text{S4}}$  Ila hasta la unidad suprayacente. En cambio, en la sub-unidad  $\text{QR}_{\text{S4}}$  Iib se agrupan las máximas concentraciones con una tendencia constante.

### **Relaciones Químicas**

La unidad inferior se caracteriza por una granulometría fina ( $\text{Zr/Rb}$ ) con algunos niveles de sedimentos gruesos, los cuales aumentan hacia la unidad superior proporcionalmente a las condiciones de energía del medio ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Por otra parte, esta unidad inferior es principalmente siliciclástica ( $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2)/\text{CaO}$ ,  $(\text{Zr}+\text{Rb})/\text{Sr}$ ), cuya concentración carbonática tiende a aumentar hacia la unidad superior. Las condiciones óxido-reductoras ( $\text{TiO}_2/\text{V}$ ,  $\text{MnO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) son similares que las del núcleo P29, oxidante en la unidad inferior y principalmente reductor hacia la unidad suprayacente, a partir del límite entre unidades (P29-27) (Apéndice IV).

## 5.4.3. NÚCLEO C38

Se definieron dos unidades químico-radiométricas principales con tendencia negativa, ambas unidades a su vez fueron divididas en dos sub-unidades. Este núcleo mide aproximadamente 2,17 m.

En la Tabla 5.22 y 5.23, se presenta el comportamiento de las variables químicas y radiométricas a través de las unidades y sub-unidades definidas, las cuales ayudaron a definir los marcadores de primer orden.

**Tabla 5.22.** Cuadro comparativo de los componentes químicos de las distintas unidades químicas en el núcleo C38. Los componentes mayoritarios están en % y los elementos traza en ppm.

Unidad		# Muestras	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Ni
QR <sub>C38</sub> IIb	Máximo	26	60,58	0,95	22,06	8,38	0,13	6,25	3,22	2,35	48	413	203	284	71	139	487
	Mínimo		52,50	0,78	11,90	6,49	0,04	1,00	0,43	1,75	30	113	87	190	43	86	284
	Promedio		57,05	0,87	15,50	7,29	0,09	1,55	0,77	2,13	35	201	116	247	57	114	382
QR <sub>C38</sub> IIa	Máximo	11	59,16	0,93	18,83	8,16	0,12	2,95	0,49	2,39	59	273	107	278	61	127	484
	Mínimo		54,70	0,87	13,60	6,54	0,04	1,00	0,37	2,20	30	111	100	238	47	98	260
	Promedio		56,98	0,89	16,70	7,48	0,08	1,39	0,42	2,28	44	158	104	264	54	116	384
QR <sub>C38</sub> Ic	Máximo	19	59,36	0,97	18,31	9,47	0,14	3,59	1,14	2,33	61	194	149	278	64	132	306
	Mínimo		54,06	0,80	13,35	6,33	0,05	1,00	0,37	2,09	30	122	99	248	47	105	260
	Promedio		56,92	0,89	16,08	7,54	0,10	1,27	0,54	2,22	40	147	109	261	55	116	262
QR <sub>C38</sub> Ib	Máximo	48	60,73	0,94	18,58	10,77	0,19	4,77	1,10	2,27	62	343	151	281	76	141	346
	Mínimo		53,76	0,77	12,00	6,35	0,05	1,00	0,35	1,71	30	113	96	196	43	86	260
	Promedio		56,62	0,89	16,01	7,54	0,10	1,70	0,49	2,12	39	163	108	257	61	119	269
QR <sub>C38</sub> Ia	Máximo	5	58,86	0,89	17,04	8,09	0,10	1,85	0,65	2,24	46	227	106	269	68	126	260
	Mínimo		56,79	0,79	13,44	6,30	0,05	1,00	0,37	1,91	30	141	96	228	50	112	260
	Promedio		57,52	0,86	14,88	7,01	0,07	1,17	0,46	2,09	40	191	102	249	60	119	260

**Tabla 5.23.** Cuadro comparativo de las variables radiométricas de las distintas unidades químicas en el núcleo C38. Las variables radiométricas están en cps.

Unidad		# Muestras	<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
QR <sub>C38</sub> IIb	Máximo	26	2,38	3,51	3,33	5,50	2,86	3,94	2,24	1,83	2,52	0,468	1,44	0,450	0,783
	Mínimo		2,00	3,02	2,99	4,95	2,53	3,50	1,72	1,59	2,22	0,350	1,18	0,290	0,590
	Promedio		2,27	3,24	3,17	5,28	2,68	3,74	1,98	1,70	2,39	0,403	1,33	0,387	0,675
QR <sub>C38</sub> IIa	Máximo	11	2,37	3,44	3,35	5,76	2,89	3,89	2,11	1,75	2,58	0,433	1,51	0,488	0,710
	Mínimo		2,21	3,16	2,97	5,19	2,61	3,62	1,91	1,62	2,29	0,348	1,27	0,353	0,608
	Promedio		2,30	3,31	3,21	5,43	2,72	3,75	1,99	1,69	2,42	0,397	1,37	0,418	0,644
QR <sub>C38</sub> Ic	Máximo	19	2,34	3,41	3,38	5,56	2,85	4,04	2,19	1,86	2,58	0,465	1,47	0,453	0,690
	Mínimo		2,13	3,07	3,05	5,15	2,54	3,57	1,85	1,62	2,30	0,363	1,21	0,358	0,580
	Promedio		2,26	3,28	3,17	5,35	2,70	3,81	1,98	1,74	2,42	0,406	1,35	0,413	0,642
QR <sub>C38</sub> Ib	Máximo	48	2,42	3,46	3,33	5,80	2,82	4,10	2,15	1,96	2,66	0,473	1,49	0,513	0,753
	Mínimo		2,07	3,05	2,89	5,05	2,48	3,55	1,80	1,55	2,26	0,365	1,23	0,335	0,505
	Promedio		2,23	3,26	3,15	5,37	2,69	3,79	2,01	1,73	2,42	0,415	1,37	0,415	0,632
QR <sub>C38</sub> Ia	Máximo	5	2,36	3,39	3,20	5,52	2,78	3,94	2,09	1,79	2,41	0,463	1,42	0,535	0,695
	Mínimo		2,11	3,11	2,96	5,34	2,57	3,69	1,99	1,66	2,36	0,368	1,30	0,408	0,485
	Promedio		2,22	3,28	3,11	5,40	2,68	3,81	2,01	1,74	2,39	0,421	1,36	0,454	0,614

### Unidad QR<sub>C38</sub> I

Esta unidad mide aproximadamente 1,44 m de espesor, entre los 2,17 y 0,75 m a partir del tope del núcleo, por lo que está ubicada en el extremo basal del núcleo. Abarca las muestras C38-109 y C38-38 (Apéndice IV).

Esta unidad se dividió en tres sub-unidades químico-radiométricas:

- QR<sub>C38</sub> Ia, es la más basal, comprende los primeros 0,10 m de espesor, entre las muestras C38-109 y C38-105.
- QR<sub>C38</sub> Ib, comprende 0,96 m de espesor, entre las muestras C38-104 y C38-57.
- QR<sub>C38</sub> Ic, es la más superior, comprende 0,38 m de espesor, entre las muestras C38-56 y C38-38.

La litología de esta unidad se caracteriza por una granulometría fina tipo arcilla (Tabla 2.3).

El SiO<sub>2</sub> y el Zr se caracterizan por una tendencia negativa similar a lo largo de esta unidad. Y contrario a estos, las variables químicas y radiométricas TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Rb, Pb y Zn,  $\gamma^{208}\text{Tl}$ ,  $\gamma^{214}\text{Bi}$ ,  $\gamma^{228}\text{Ac}$  y  $\gamma^{40}\text{K}$ , presentan un comportamiento muy similar entre sí, manteniendo una tendencia negativa; así como también se puede observar entre el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y el MnO (Apéndice IV).

Cabe destacar, que los límites inferior y superior de la sub-unidad QR<sub>C38</sub> Iib (muestras C38-104 y C38-56, respectivamente) se caracterizan porque las variables químicas TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Rb, Pb y Zn, determinan una correspondencia con el SiO<sub>2</sub>, es decir, dichas muestras definen valores mínimos en cada una de estas variables, lo cual no ocurre a lo largo de las unidades definidas en este núcleo ni en los anteriormente descritos; contrario al Zr y el SiO<sub>2</sub>, los cuales muestran comportamientos opuestos en estas muestras (Apéndice IV).

El MgO, V y Ni evidencian un comportamiento similar, presentando varias muestras por debajo del LD, diferenciándose el V del MgO y el Ni, por su mayor variación de concentraciones a lo largo de la unidad (Apéndice IV).

El CaO y el Sr exhiben una tendencia similar a lo largo de la unidad, mostrando máximos valores en la sub-unidad QR<sub>C38</sub> Ib (muestra C38-97) y QR<sub>C38</sub> Ic (muestras C38-56 y C38-45).

## Unidad QR<sub>C38</sub> II

Esta unidad suprayace a la unidad anterior, y abarca 0,73 m de espesor, entre las muestras C38-37 y C38-1, por lo que está limitada en su parte superior por el tope del núcleo (Apéndice IV).

Esta unidad se dividió en dos sub-unidades químico-radiométricas:

- QR<sub>C38</sub> IIa, es la más basal, comprende los primeros 0,22 m de espesor, entre las muestras C38-37 y C38-27.
- QR<sub>C38</sub> IIb, es la más superior, comprende 0,51 m de espesor, entre las muestras C38-26 y C38-1.

La litología de esta unidad se caracteriza por una granulometría tipo arcilla (Tabla 2.3).

El SiO<sub>2</sub> y el Zr muestran una tendencia similar negativa. Por otra parte, los perfiles del TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, K<sub>2</sub>O, Rb, Pb, Zn,  $\gamma^{208}\text{Tl}$ ,  $\gamma^{214}\text{Bi}$ ,  $\gamma^{228}\text{Ac}$  y  $\gamma^{40}\text{K}$  al igual que en la unidad anterior, estas variables químicas y radiométricas presentan un comportamiento muy similar y contrario al SiO<sub>2</sub> y al Zr; teniendo un desarrollo ligeramente ascendente a lo largo de la sub-unidad QR<sub>C38</sub> IIa, hasta llegar al límite con la sub-unidad superior (QR<sub>C38</sub> IIb, muestra C38 – 26), donde su tendencia general es descendente, marcándose aún más en las muestras superiores (aproximadamente en la muestra C38-3) (Apéndice IV).

Los perfiles del MgO, V y Ni se muestran similares, ya que varias de sus muestras presentan concentraciones ubicadas en el LD; diferenciándose de la unidad anterior en que el V y el Ni muestran una mayor variación de sus concentraciones en comparación al MgO. Cabe destacar, que esta unidad se caracteriza por altas concentraciones de Ni en contraste a la unidad anterior, la cual exhibe la mayoría de sus concentraciones de manera uniforme. En relación al V, se comporta de manera homogénea a lo largo de la sub-unidad QR<sub>C38</sub> IIa, hasta el límite de la sub-unidad QR<sub>C38</sub> IIb donde sus concentraciones tienden a descender.

El CaO y el Sr se comportan similarmente. En contacto con la unidad inferior QR<sub>C38</sub> I, la sub-unidad QR<sub>C38</sub> IIa, se caracteriza por bajas concentraciones de CaO y Sr, en cambio, a partir de la sub-unidad QR<sub>C38</sub> IIb (muestra C38-26), tienden a aumentar gradualmente sus concentraciones, hasta llegar aproximadamente a la muestra C38-5 donde las concentraciones aumentan bruscamente hasta llegar a valores de 3% y 204 ppm respectivamente.

### **Relaciones Químicas**

En general, este núcleo se caracteriza por una granulometría fina (TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Zr/Rb), la cual tiende a evidenciar algunos niveles importantes de gruesos hacia el tope de la unidad superior, condicionada dicha granulometría por la energía del medio, que tiende a ser mucho más baja que en los núcleos anteriores (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Además, es un núcleo principalmente siliciclástico ((Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+SiO<sub>2</sub>)/CaO, (Zr+Rb)/Sr), con algunos niveles carbonáticos (C38-18, 44, 57, 97) y a partir de la muestra C38-11 aproximadamente, tiende a aumentar sus concentraciones carbonáticas. En relación a las condiciones óxido-reductoras (TiO<sub>2</sub>/V, MnO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), se puede observar al menos 3 niveles principales (C38-28, 52, 92 aproximadamente) asociados a condiciones reductoras (Apéndice IV).



### 5.4.4. NÚCLEO Q3

Se definieron dos unidades químico-radiométricas principales con tendencia negativa, ambas unidades a su vez fueron divididas en dos sub-unidades. Este núcleo mide 1,63 m.

En la Tabla 5.24 y 5.25, se presenta el comportamiento de las variables químicas y radiométricas a través de las unidades y sub-unidades definidas, las cuales ayudaron a definir los marcadores de primer orden.

**Tabla 5.24.** Cuadro comparativo de los componentes químicos de las distintas unidades químicas en el núcleo Q3. Los componentes mayoritarios están en % y los elementos traza en ppm

Unidad		# Muestras	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	As	Zn	Ni
QR <sub>Q3</sub> IIb	Máximo	22	57,59	0,75	14,06	6,18	0,04	2,32	5,07	1,77	35	289	231	219	59	45	109	415
	Mínimo		54,66	0,65	11,26	5,54	0,02	1,00	2,90	1,62	30	220	168	191	36	45	72	260
	Promedio		55,55	0,68	12,58	5,82	0,031	1,06	4,47	1,70	30	251	211	204	50	45	91	287
QR <sub>Q3</sub> IIa	Máximo	28	57,55	0,71	15,07	6,33	0,03	2,30	4,31	1,70	30	303	200	201	59	45	106	381
	Mínimo		56,20	0,66	11,29	5,65	0,03	1,00	3,11	1,53	30	261	171	175	36	45	75	260
	Promedio		56,90	0,68	12,95	5,97	0,029	1,12	3,65	1,64	30	280	181	190	47	45	89	266
QR <sub>Q3</sub> Ib	Máximo	26	57,63	0,67	12,74	8,84	0,05	2,67	5,71	1,55	30	312	242	186	55	67	100	382
	Mínimo		51,29	0,57	8,35	5,64	0,02	1,00	3,39	1,23	30	258	178	156	41	45	71	260
	Promedio		54,29	0,63	10,83	7,38	0,035	1,10	4,71	1,38	30	284	211	170	48	49	87	271
QR <sub>Q3</sub> Ia	Máximo	6	58,09	0,73	14,43	5,68	0,03	1,98	3,82	1,58	30	317	189	187	49	45	93	260
	Mínimo		56,97	0,67	11,98	5,48	0,02	1,00	3,43	1,47	30	289	180	181	36	45	83	260
	Promedio		57,44	0,69	12,81	5,58	0,027	1,16	3,60	1,53	30	305	185	184	43	45	88	260

**Tabla 5.25.** Cuadro comparativo de las variables radiométricas de las distintas unidades químicas en el núcleo Q3. Las variables radiométricas están en cps.

Unidad		# Muestras	<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
QR <sub>Q3</sub> IIb	Máximo	22	2,28	3,34	3,20	5,70	2,75	4,02	2,07	1,80	2,57	0,503	1,40	0,495	0,658
	Mínimo		2,06	2,91	2,90	5,18	2,50	3,61	1,82	1,63	2,30	0,363	1,15	0,408	0,513
	Promedio		2,16	3,19	3,06	5,46	2,65	3,78	1,98	1,71	2,41	0,439	1,30	0,452	0,581
QR <sub>Q3</sub> IIa	Máximo	28	2,40	3,42	3,29	5,75	2,79	4,00	2,10	1,85	2,56	0,525	1,49	0,543	0,678
	Mínimo		2,00	3,07	2,84	5,30	2,41	3,63	1,81	1,54	2,19	0,363	1,17	0,380	0,518
	Promedio		2,21	3,21	3,05	5,51	2,65	3,78	1,95	1,70	2,40	0,434	1,33	0,447	0,591
QR <sub>Q3</sub> Ib	Máximo	26	2,33	3,34	3,19	5,88	2,80	3,93	2,12	1,86	2,59	0,498	1,44	0,503	0,643
	Mínimo		2,04	2,91	2,88	5,24	2,41	3,65	1,77	1,56	2,24	0,370	1,23	0,360	0,478
	Promedio		2,20	3,16	3,02	5,58	2,64	3,78	1,95	1,69	2,41	0,434	1,33	0,445	0,569
QR <sub>Q3</sub> Ia	Máximo	6	2,26	3,27	3,14	5,77	2,84	3,88	2,04	1,88	2,47	0,490	1,40	0,515	0,610
	Mínimo		2,10	3,07	2,88	5,56	2,49	3,65	1,93	1,64	2,24	0,368	1,19	0,433	0,523
	Promedio		2,18	3,18	3,03	5,65	2,70	3,79	1,98	1,74	2,40	0,425	1,27	0,466	0,567

### Unidad QR<sub>Q3</sub> I

Esta unidad mide 0,64 m de espesor, entre los 1,63 y 0,99 m a partir del tope del núcleo, por lo que está ubicada en el extremo basal del núcleo. Abarca las muestras Q3-82 y Q3-51 (Apéndice IV).

Esta unidad se dividió en tres sub-unidades químico-radiométricas:

- $QR_{Q3}$  Ia, es la más basal, comprende los primeros 0,12 m de espesor, entre las muestras Q3-82 y Q3-77.
- $QR_{Q3}$  Ib, comprende 0,52 m de espesor, entre las muestras Q3-76 y Q3-51.

La litología de esta unidad se caracteriza por una granulometría tipo arena (Tabla 2.3).

Las perfiles del  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$ , Zr, Rb, Pb y Zn se caracterizan por tendencias negativa similares y una determinada correspondencia a lo largo de esta unidad; así como también, las primeras 5 variables químicas muestran un comportamiento descendente hasta la muestra Q3-60 aproximadamente (sub-unidad  $QR_{Q3}$  Ib), a partir del cual las concentraciones tienden a aumentar hasta el límite superior de esta unidad  $QR_{Q3}$  I (muestra Q3-50). En cambio, el Rb presenta un comportamiento descendente hasta la muestra Q3-56, y luego sus concentraciones aumentan hasta el límite de esta unidad; a diferencia del Pb y el Zn, los cuales desarrollan un comportamiento ligeramente homogéneo a lo largo de la unidad. Por otra parte, las variables radiométricas  $\gamma^{208}Tl$ ,  $\gamma^{214}Bi$  y  $\gamma^{40}K$ , muestran una ligera correspondencia con las variables químicas asociadas a arcillas.

Las variables químicas CaO,  $Fe_2O_3$ , MnO y Sr, evidencian un comportamiento opuesto al de las variables químicas mencionadas en el párrafo anterior. Con un desarrollo ligeramente homogéneo de bajas concentraciones en la sub-unidad  $QR_{Q3}$  Ia, hasta llegar al límite con la sub-unidad suprayacente  $QR_{Q3}$  Ib (muestra Q3-76), en cual sus concentraciones comienzan a aumentar hasta las muestras Q3-53 y 52 ( $Fe_2O_3$  y MnO respectivamente) y Q3-62 y 61 (Sr y CaO respectivamente), en donde ocurre un descenso brusco de sus concentraciones hasta el límite con la unidad  $QR_{Q3}$  II. Por otra parte la variable radiométrica  $\gamma^{228}Ac$  exhibe una ligera correspondencia de picos con respecto a las variables químicas asociadas a carbonatos.

El MgO, V, As y Ni evidencian un comportamiento similar, con varias muestras por debajo del límite de detección. Cabe destacar, que el V no presenta concentraciones por encima del LD a lo largo de esta unidad; siendo el MgO y Ni, las variables químicas que muestran las más altas concentraciones en muestras dispersas, y el As, tiende a aumentar sus

concentraciones en la sección superior de la sub-unidad QR<sub>Q3</sub> Ib, entre las muestras Q3-61 y Q3-50 (límite superior de la unidad QR<sub>Q3</sub> I).

### Unidad QR<sub>Q3</sub> II

Esta unidad suprayace a la unidad anterior, y abarca 0,99 m de espesor, entre las muestras Q3-50 y Q3-1, por lo que está limitada en su parte superior por el tope del núcleo (Apéndice IV).

Esta unidad se dividió en dos sub-unidades químico-radiométricas:

- QR<sub>Q3</sub> IIa, es la más basal, comprende los primeros 0,56 m de espesor, entre las muestras Q3-50 y Q3-23.
- QR<sub>Q3</sub> IIb, es la más superior, comprende 0,43 m de espesor, entre las muestras Q3-22 y Q3-1.

La litología de esta unidad se caracteriza por una granulometría tipo arena hacia la base, con mayor dominio de la arcilla hacia el tope (Tabla 2.3).

Los perfiles del SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, K<sub>2</sub>O, Zr, Rb, Pb, Zn,  $\gamma^{208}\text{Tl}$ ,  $\gamma^{214}\text{Bi}$  y  $\gamma^{40}\text{K}$  muestran una tendencia similar negativa y una correspondencia entre sí. A su vez, el SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Zr se caracterizan porque sus concentraciones tienden a disminuir; caso contrario a las concentraciones del MnO, K<sub>2</sub>O, Rb, Pb y Zn, los cuales aumentan hacia el tope de la secuencia. Por su parte, el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y el TiO<sub>2</sub> evidencian un comportamiento ligeramente homogéneo. Cabe destacar, que el MnO, Pb y el Zn exhiben un brusco decaimiento de sus concentraciones hacia el tope de la sub-unidad QR<sub>Q3</sub> IIb (a partir de las muestras Q3-2 y Q3-3).

El MgO, V, As y el Ni se comportan similarmente, ya que varias de sus muestras presentan concentraciones ubicadas en el límite de detección, por lo que se define una curva constante; diferenciándose de la unidad anterior en que el MgO y el Ni tienden a una mayor

variación de sus concentraciones en las sub-unidades QR<sub>Q3</sub> IIa y QR<sub>Q3</sub> IIb respectivamente. Además, esta unidad se caracteriza por no encontrarse concentraciones importantes de As por encima del LD y por evidenciar la única concentración considerable de V hacia la base de la sub-unidad QR<sub>Q3</sub> IIb (muestra Q3-20).

El CaO, Sr y  $\gamma^{228}\text{Ac}$  muestran una determinada correspondencia de picos entre sí, así como también, un comportamiento opuesto a las variables mencionadas al principio de esta unidad. Sus concentraciones tienden a aumentar hacia el tope del núcleo, contrario a las cuentas por segundo del  $\gamma^{228}\text{Ac}$ , las cuales tienden a disminuir.

### **Relaciones Químicas**

Este núcleo se caracteriza por una granulometría gruesa ( $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , Zr/Rb) hacia la base (unidad inferior) y fina hacia el tope (unidad superior), cuya granulometría responde claramente a las condiciones de energía del medio ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Además, su unidad inferior se caracteriza por ser siliciclástica ( $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2)/\text{CaO}$ ,  $(\text{Zr}+\text{Rb})/\text{Sr}$ ) en la base (QR<sub>Q3</sub> Ia) y carbonática en el tope (QR<sub>Q3</sub> Ib) y a su vez, la unidad superior se comporta igual que en la unidad inferior, delimitándose dichas facies por los límites entre unidades y sub-unidades. Por otra parte, las condiciones óxido-reductoras ( $\text{TiO}_2/\text{V}$ ,  $\text{MnO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) caracterizan a la unidad QR<sub>Q3</sub> Ib como un ambiente reductor, contrario a la sub-unidad infrayacente y la unidad suprayacente las cuales están asociadas a un ambiente oxidante (Apéndice IV).

## **5.5. ESTADÍSTICA MULTIVARIANTE**

### **5.5.1. ANÁLISIS DE AGRUPACIONES**

El objetivo de la elaboración de análisis de agrupaciones o dendogramas es definir y establecer grupos con características químicas y/o radiométricas semejantes. La elaboración y obtención de los dendogramas se realizó a partir de la combinación de 16 variables químicas

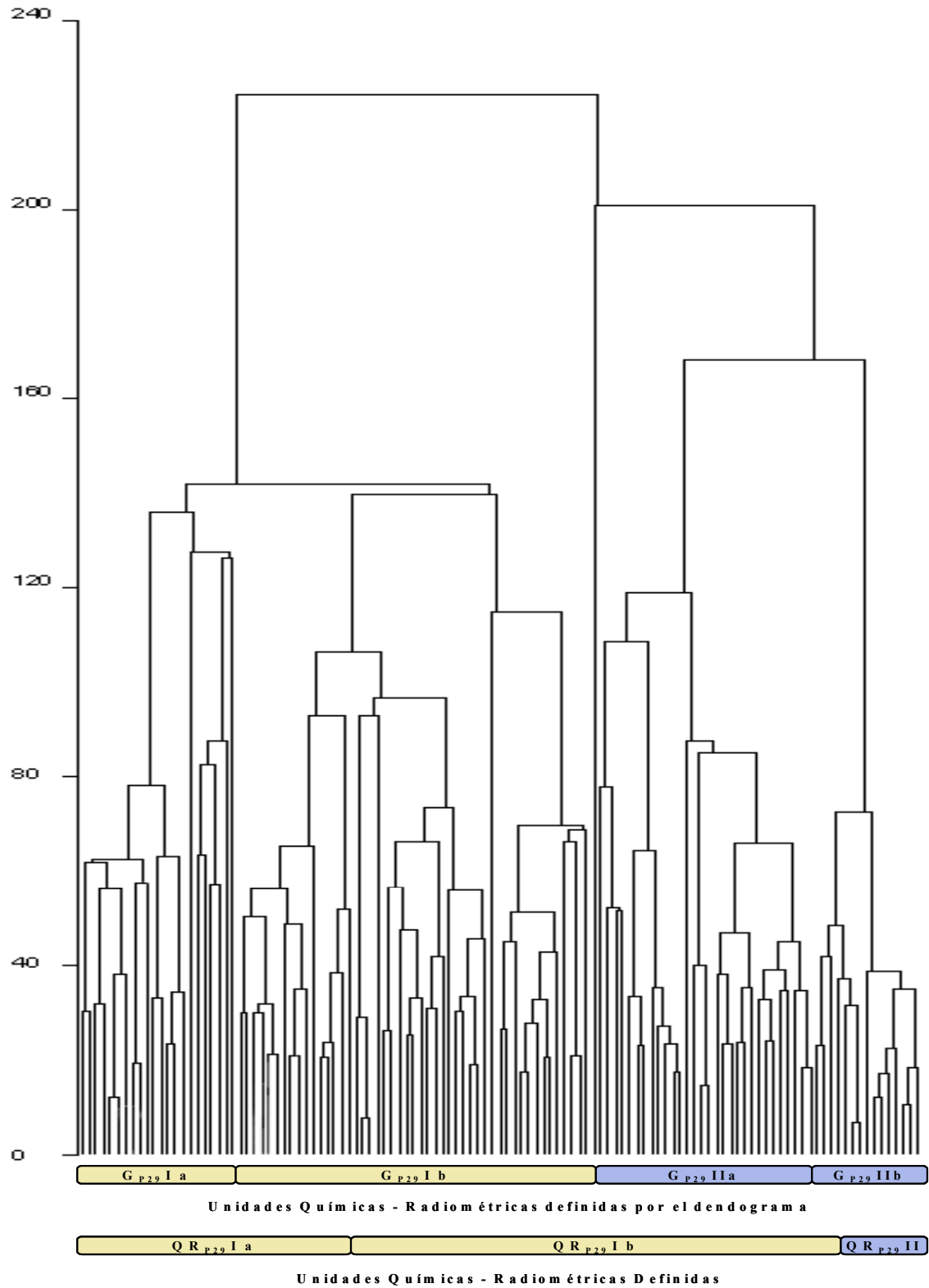
(8 componentes mayoritarios y 8 elementos traza) y 13 variables radiométricas, por medio de la ayuda del programa MVSP<sup>®</sup> 3.1, en el cual se mantuvo el orden estratigráfico de las muestras y se aplicó el método “Furthest neighbor” o “el vecino más lejano” y el criterio de las distancias euclidianas.

### *Núcleo P29*

El análisis de agrupaciones de este núcleo arrojó dos grupos mayores  $G_{P29}$  I y  $G_{P29}$  II, los cuales están subdivididos en dos sub-grupos cada uno.

Al comparar los límites de las unidades químico-radiométricas definidas por medio de los perfiles químicos con los límites de los grupos que se determinaron con el dendograma, se puede observar que no existe una buena correspondencia, hallándose varios de los límites desfasados entre sí (Figura 5.9); por ejemplo, el límite inferior y superior del grupo  $G_{P29}$  Ib se ubican en las muestras P29-95 y 45 respectivamente, comparado con el límite inferior y superior de la sub-unidad  $QR_{P29}$  Ib en las muestras P29-80 y 10 respectivamente, por lo que además, el grupo  $G_{P29}$  IIa queda dentro de la sub-unidad antes mencionada. En cambio, la definición del límite inferior del grupo  $G_{P29}$  IIb y la sub-unidad  $QR_{P29}$  IIb quedan un poco desfasados en las muestras P29-15 y 10 respectivamente. Esta falta de concordancia en los límites se puede deber posiblemente a pequeñas variaciones químicas y/o radiométricas, las cuales no son fácilmente observables en los perfiles.

Los valores de las medidas estadísticas de tendencia central (promedio, mediana, desviación estándar) obtenidas a partir de las interpretaciones de los análisis de agrupaciones, se muestran en la Tabla 5.26.



**Figura 5.9.** Comparación de las unidades químico-radiométricas definidas por medio del dendograma y los perfiles del núcleo P29 (eje vertical está definido por distancias euclidianas y el horizontal por las muestras).

**Tabla 5.26.** Datos de estadística descriptiva para los grupos obtenidos del análisis de agrupaciones del núcleo P29.

Agrupación	Medidas de Tendencia Central	# Muestras	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Cu
G <sub>P29</sub> IIb	Promedio	15	53,72	0,56	11,75	5,11	0,03	1,09	6,14	1,53	30	184	281	167	42	82	110
	Mediana		52,38	0,57	11,61	5,30	0,03	1,00	6,54	1,58	30	159	310	177	41	83	110
	Desviación Estandar		3,01	0,060	1,34	0,64	0,010	0,28	1,61	0,18	0	51	53	30	6	11	0
G <sub>P29</sub> IIa	Promedio	30	62,13	0,80	14,47	5,38	0,07	2,44	0,79	1,70	30	260	101	188	47	94	110
	Mediana		61,61	0,82	14,41	5,46	0,07	1,80	0,44	1,71	30	261	98	189	45	96	110
	Desviación Estandar		3,22	0,081	2,46	0,98	0,023	1,70	0,63	0,24	1	58	26	38	10	19	0
G <sub>P29</sub> Ib	Promedio	50	60,70	0,87	16,08	6,23	0,08	2,00	0,43	1,89	33	214	99	218	51	107	111
	Mediana		60,28	0,88	16,36	6,41	0,07	1,49	0,38	1,89	30	210	99	220	50	108	110
	Desviación Estandar		3,25	0,060	1,93	1,04	0,032	1,14	0,18	0,21	5	59	17	32	10	17	6
G <sub>P29</sub> Ia	Promedio	22	60,44	0,85	14,76	6,36	0,09	1,49	0,56	1,85	33	218	105	222	43	108	110
	Mediana		59,43	0,85	15,37	6,47	0,08	1,06	0,43	1,84	30	217	101	230	41	108	110
	Desviación Estandar		3,08	0,055	2,05	1,13	0,034	0,88	0,27	0,22	5	62	24	36	8	19	0

**Tabla 5.26.** Continuación.

Agrupación	Medidas de Tendencia Central	# Muestras	<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
G <sub>P29</sub> IIb	Promedio	15	2,21	3,17	3,10	5,40	2,66	3,74	1,94	1,70	2,36	0,420	1,32	0,435	0,585
	Mediana		2,21	3,18	3,07	5,40	2,69	3,74	1,93	1,68	2,34	0,425	1,33	0,445	0,583
	Desviación Estandar		0,07	0,12	0,14	0,13	0,12	0,11	0,07	0,07	0,08	0,023	0,06	0,034	0,028
G <sub>P29</sub> IIa	Promedio	30	2,30	3,37	3,25	5,21	2,69	3,75	2,02	1,74	2,38	0,398	1,34	0,395	0,658
	Mediana		2,31	3,38	3,23	5,20	2,69	3,76	2,02	1,73	2,39	0,394	1,34	0,396	0,664
	Desviación Estandar		0,08	0,10	0,11	0,14	0,09	0,09	0,07	0,08	0,09	0,027	0,06	0,030	0,048
G <sub>P29</sub> Ib	Promedio	50	2,31	3,34	3,25	5,20	2,71	3,75	2,01	1,76	2,38	0,397	1,34	0,400	0,668
	Mediana		2,32	3,35	3,25	5,19	2,70	3,74	2,02	1,75	2,37	0,395	1,34	0,394	0,658
	Desviación Estandar		0,08	0,12	0,08	0,12	0,09	0,10	0,06	0,08	0,07	0,032	0,06	0,028	0,050
G <sub>P29</sub> Ia	Promedio	22	2,26	3,32	3,22	5,31	2,66	3,78	1,98	1,71	2,39	0,404	1,34	0,412	0,667
	Mediana		2,26	3,32	3,22	5,30	2,66	3,78	1,95	1,71	2,38	0,415	1,34	0,411	0,668
	Desviación Estandar		0,09	0,14	0,10	0,17	0,08	0,12	0,10	0,07	0,10	0,031	0,06	0,036	0,023

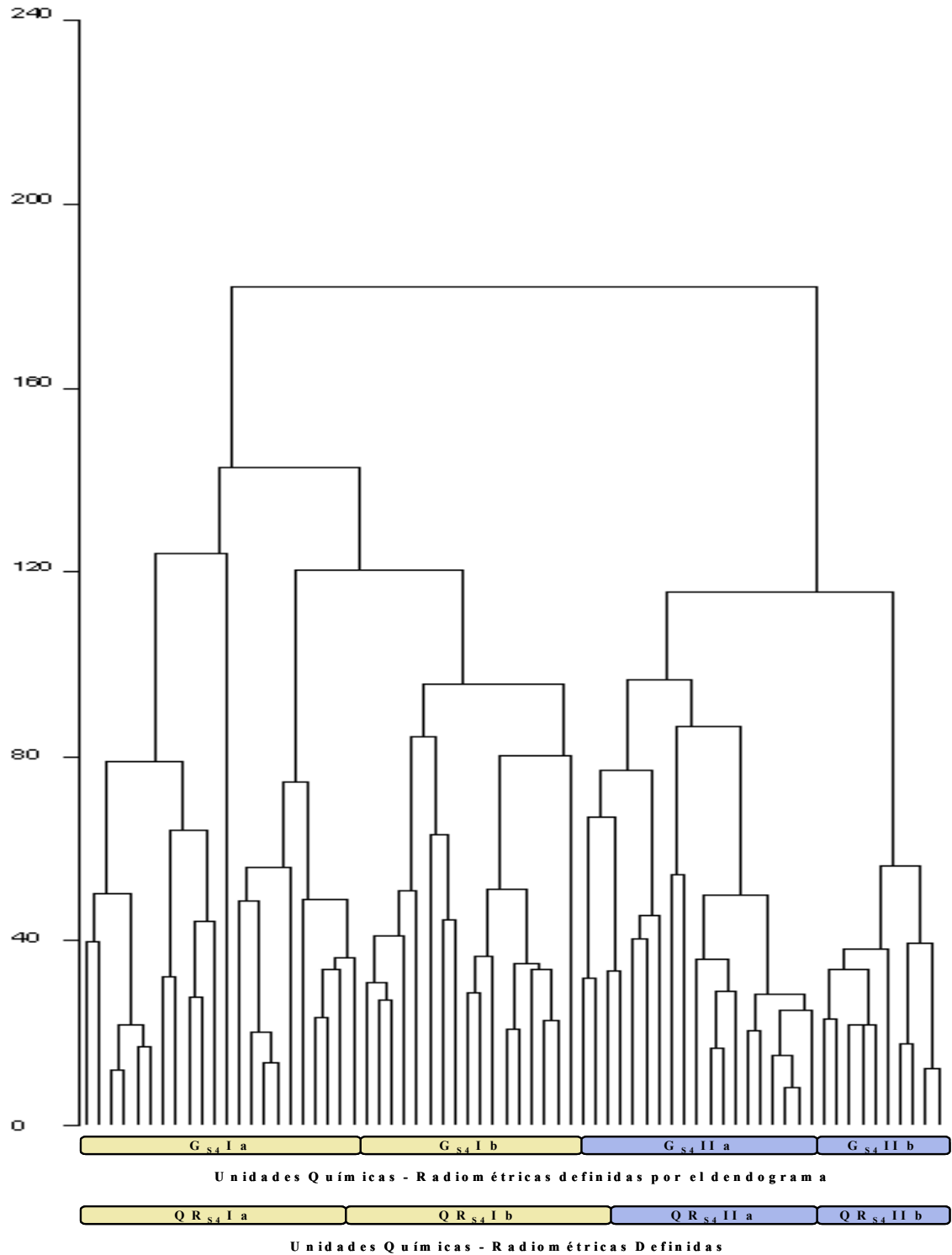
*Núcleo S4*

El análisis de agrupaciones, al igual que en el núcleo anterior, se definieron dos grupos mayores  $G_{S4}$  I y  $G_{S4}$  II, los cuales están subdivididos en dos sub-grupos cada uno.

Los límites de las unidades químico-radiométricas definidas por medio de los perfiles químicos con los límites de los grupos que se determinaron con el dendograma, presentan una buena correspondencia, hallándose muy poco desfasado los límites (Figura 5.10). El límite inferior y superior del grupo  $G_{S4}$  Ib se ubican en las muestras S4-46 y 29 respectivamente, comparado con el límite inferior y superior de la sub-unidad  $QR_{S4}$  Ib en las muestras S4-48 y 27 respectivamente; y por su parte, el límite superior del grupo  $G_{S4}$  IIa se ubica en la muestra S4-10, en cambio en los perfiles, el de la sub-unidad  $QR_{S4}$  IIa se ubica en la muestra S4-11.

Los valores de las medidas estadísticas de tendencia central (promedio, mediana, desviación estándar) obtenidas a partir de las interpretaciones de los análisis de agrupaciones, se muestran en la Tabla 5.27.





**Figura 5.10.** Comparación de las unidades químico-radiométricas definidas por medio del dendrograma y los perfiles del núcleo S4 (eje vertical está definido por distancias euclidianas y el horizontal por las muestras).

**Tabla 5.27.** Datos de estadística descriptiva para los grupos obtenidos del análisis de agrupaciones del núcleo S4.

Agrupación	Medidas de Tendencia Central	# Muestras	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Cu
G <sub>S4</sub> IIb	Promedio	10	51,22	0,39	8,06	3,13	0,01	1,00	11,00	0,97	30	229	393	90	36	61	114
	Mediana		50,94	0,39	8,10	3,08	0,02	1,00	11,33	0,95	30	228	406	88	36	60	110
	Desviación Estandar		1,52	0,02	0,38	0,19	0,006	0,00	1,24	0,07	0	18	41	6	0	2	11
G <sub>S4</sub> IIa	Promedio	19	60,86	0,55	10,87	3,77	0,03	1,12	3,04	1,23	30	258	141	113	38	67	117
	Mediana		60,85	0,51	10,67	3,45	0,03	1,00	2,74	1,14	30	259	127	96	36	60	110
	Desviación Estandar		2,34	0,13	2,18	1,05	0,021	0,35	2,18	0,32	0	43	61	41	4	12	22
G <sub>S4</sub> Ib	Promedio	17	60,96	0,80	14,18	5,70	0,07	1,35	0,46	1,82	30	240	84	188	47	90	110
	Mediana		61,47	0,81	14,25	5,78	0,07	1,00	0,41	1,80	30	247	85	186	47	87	110
	Desviación Estandar		2,07	0,04	1,25	0,66	0,019	0,63	0,14	0,13	1	35	10	25	8	12	0
G <sub>S4</sub> Ia	Promedio	22	63,62	0,72	12,81	4,74	0,06	1,53	0,38	1,61	31	306	68	154	42	79	110
	Mediana		63,40	0,72	13,08	4,48	0,06	1,06	0,37	1,62	30	299	66	148	38	76	110
	Desviación Estandar		3,03	0,09	1,82	1,05	0,016	0,79	0,03	0,26	3	58	14	38	7	17	0

**Tabla 5.27.** Continuación.

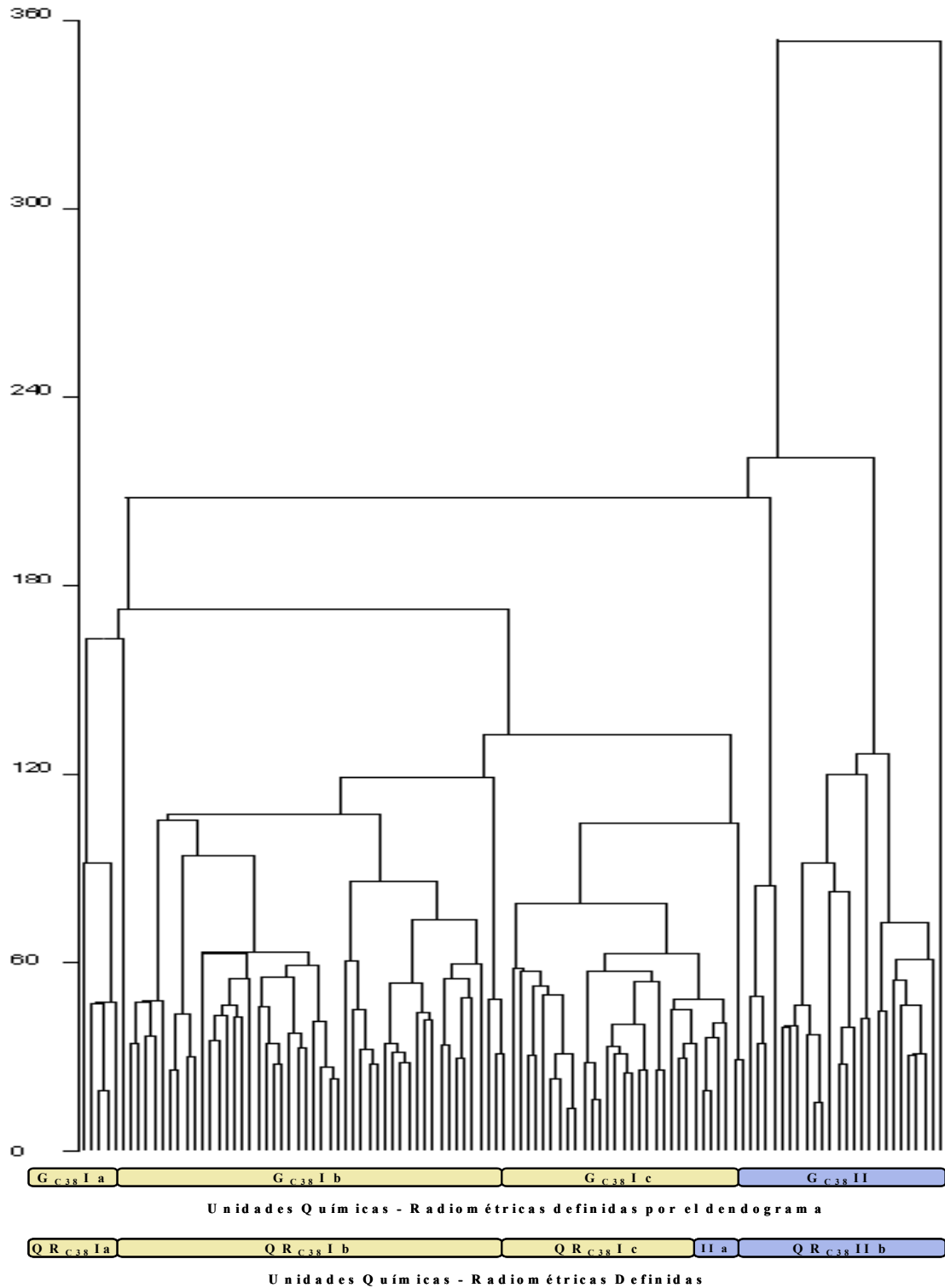
Agrupación	Medidas de Tendencia Central	# Muestras	<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
G <sub>S4</sub> IIb	Promedio	10	2,19	3,14	3,09	5,45	2,64	3,68	1,93	1,69	2,37	0,433	1,29	0,450	0,580
	Mediana		2,21	3,13	3,09	5,45	2,62	3,67	1,96	1,71	2,35	0,439	1,29	0,448	0,588
	Desviación Estandar		0,06	0,09	0,10	0,13	0,05	0,07	0,07	0,08	0,09	0,034	0,01	0,048	0,032
G <sub>S4</sub> IIa	Promedio	19	2,23	3,29	3,11	5,51	2,63	3,77	1,97	1,67	2,37	0,410	1,32	0,426	0,609
	Mediana		2,22	3,29	3,13	5,53	2,63	3,75	1,96	1,67	2,38	0,418	1,32	0,430	0,605
	Desviación Estandar		0,07	0,08	0,09	0,14	0,07	0,08	0,05	0,08	0,09	0,044	0,05	0,027	0,051
G <sub>S4</sub> Ib	Promedio	17	2,24	3,33	3,12	5,56	2,66	3,79	1,99	1,74	2,38	0,427	1,31	0,435	0,599
	Mediana		2,25	3,34	3,10	5,56	2,64	3,78	1,99	1,74	2,38	0,423	1,31	0,438	0,593
	Desviación Estandar		0,06	0,13	0,10	0,12	0,09	0,10	0,08	0,07	0,08	0,028	0,04	0,029	0,031
G <sub>S4</sub> Ia	Promedio	22	2,26	3,30	3,13	5,47	2,71	3,75	1,95	1,70	2,35	0,424	1,31	0,435	0,594
	Mediana		2,26	3,32	3,12	5,48	2,71	3,76	1,96	1,70	2,34	0,421	1,30	0,435	0,594
	Desviación Estandar		0,07	0,11	0,07	0,09	0,06	0,08	0,07	0,08	0,07	0,035	0,05	0,034	0,047

*Núcleo C38*

El análisis de agrupaciones, al igual que en el núcleo anterior, se definieron dos grupos mayores  $G_{C38}$  I y  $G_{C38}$  II, cuyo primer grupo está subdividido en tres sub-grupos.

Así como en el núcleo anterior, los límites de unidades y sub-unidades definidas por medio de los perfiles químicos y radiométricos con los límites de los grupos que se determinaron con el dendograma coincidieron perfectamente, con un margen de error de una muestra (Figura 5.11). Cabe destacar, que el límite entre las unidades  $QR_{C38}$  I y II, definido por el límite de las sub-unidades  $QR_{C38}$  Ia y IIa respectivamente, no se observa en el dendograma, ya que éste ubica a dichas sub-unidades como un solo grupo y perteneciente al grupo principal inferior  $G_{C38}$  I. El límite inferior y superior del grupo  $G_{C38}$  Ib se ubican en las muestras C38-103 y 55 respectivamente, comparado con el límite inferior y superior de la sub-unidad  $QR_{S4}$  Ib en las muestras C38-104 y 56 respectivamente; y por su parte, el límite superior del grupo  $G_{C38}$  Ic se ubica en la muestra C38-25, en cambio en los perfiles, el de la sub-unidad  $QR_{C38}$  IIa se ubica en la muestra C38-26.

Los valores de las medidas estadísticas de tendencia central (promedio, mediana, desviación estándar) obtenidas a partir de las interpretaciones de los análisis de agrupaciones, se muestran en la Tabla 5.28.



**Figura 5.11.** Comparación de las unidades químico-radiométricas definidas por medio del dendograma y los perfiles del núcleo C38 (eje vertical está definido por distancias euclidianas y el horizontal por las muestras).

**Tabla 5.28.** Datos de estadística descriptiva para los grupos obtenidos del análisis de agrupaciones del núcleo C38.

Agrupación	Medidas de Tendencia Central	# Muestras	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	Zn	Ni
G <sub>C38</sub> II	Promedio	25	56,91	0,87	15,53	7,32	0,09	1,57	0,78	2,13	35	195	117	249	57	115	381
	Mediana		56,73	0,88	15,13	7,08	0,10	1,00	0,61	2,18	32	190	112	256	59	114	381
	Desviación Estandar		1,48	0,043	1,95	0,60	0,023	1,20	0,56	0,17	6	75	21	25	8	13	47
G <sub>C38</sub> Ic	Promedio	30	57,16	0,89	16,29	7,43	0,09	1,32	0,47	2,23	41	159	105	261	55	115	312
	Mediana		57,03	0,89	16,64	7,40	0,09	1,00	0,44	2,24	41	148	104	264	55	117	260
	Desviación Estandar		1,24	0,026	1,54	0,56	0,027	0,67	0,11	0,07	9	49	7	14	5	9	75
G <sub>C38</sub> Ib	Promedio	48	56,61	0,89	16,05	7,51	0,10	1,66	0,49	2,13	39	161	109	258	61	120	269
	Mediana		56,54	0,90	16,48	7,29	0,09	1,00	0,42	2,13	38	140	105	259	61	120	260
	Desviación Estandar		1,53	0,034	1,61	0,68	0,026	1,03	0,19	0,08	8	52	13	14	7	10	20
G <sub>C38</sub> Ia	Promedio	6	57,02	0,84	14,63	7,64	0,09	1,40	0,54	2,03	38	198	103	240	59	114	260
	Mediana		57,23	0,86	14,47	6,98	0,07	1,00	0,43	2,09	41	209	103	247	58	119	260
	Desviación Estandar		1,41	0,052	1,36	1,65	0,054	0,66	0,23	0,19	7	36	3	26	8	14	0

**Tabla 5.28.** Continuación.

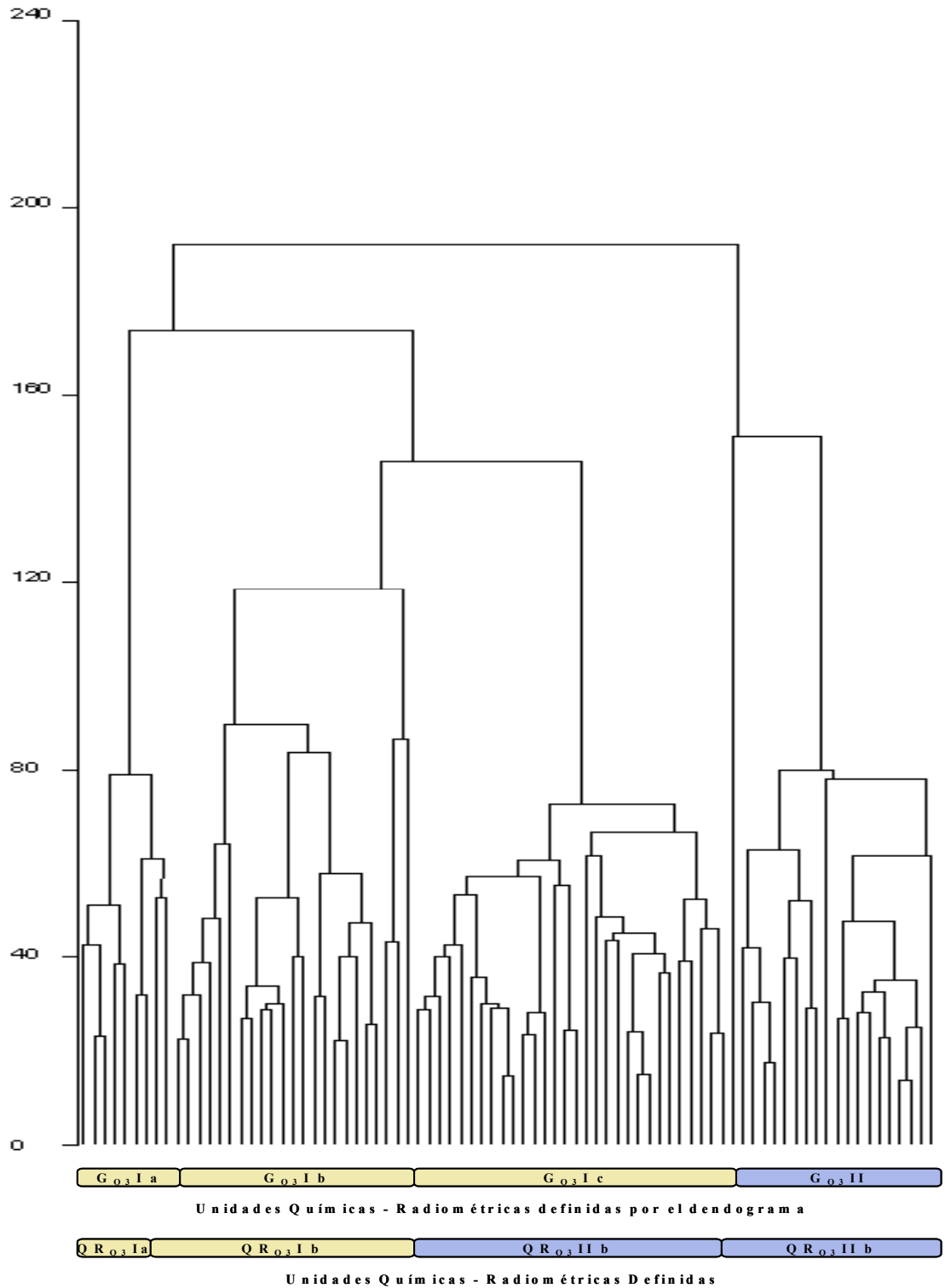
Agrupación	Medidas de Tendencia Central	# Muestras	<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Pb	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Pb	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
G <sub>C38</sub> II	Promedio	25	2,27	3,23	3,17	5,27	2,67	3,74	1,98	1,69	2,38	0,403	1,33	0,387	0,676
	Mediana		2,26	3,25	3,18	5,29	2,66	3,74	1,98	1,70	2,36	0,395	1,34	0,393	0,673
	Desviación Estandar		0,08	0,12	0,08	0,13	0,08	0,11	0,09	0,07	0,09	0,030	0,07	0,035	0,044
G <sub>C38</sub> Ic	Promedio	30	2,27	3,30	3,17	5,38	2,70	3,78	1,97	1,72	2,42	0,404	1,36	0,414	0,642
	Mediana		2,28	3,30	3,18	5,36	2,70	3,78	1,97	1,72	2,42	0,404	1,35	0,419	0,640
	Desviación Estandar		0,05	0,09	0,10	0,14	0,08	0,10	0,06	0,07	0,08	0,026	0,06	0,032	0,033
G <sub>C38</sub> Ib	Promedio	48	2,23	3,27	3,15	5,38	2,69	3,79	2,01	1,73	2,42	0,414	1,37	0,416	0,633
	Mediana		2,23	3,26	3,16	5,37	2,70	3,78	2,02	1,73	2,43	0,414	1,37	0,410	0,634
	Desviación Estandar		0,07	0,10	0,09	0,15	0,08	0,11	0,08	0,08	0,08	0,032	0,05	0,034	0,043
G <sub>C38</sub> Ia	Promedio	6	2,20	3,27	3,09	5,39	2,68	3,82	1,99	1,73	2,39	0,420	1,36	0,441	0,619
	Mediana		2,17	3,30	3,12	5,38	2,68	3,86	1,99	1,74	2,39	0,423	1,38	0,425	0,643
	Desviación Estandar		0,10	0,11	0,09	0,07	0,07	0,11	0,08	0,06	0,03	0,033	0,05	0,058	0,079

*Núcleo Q3*

En este núcleo, por medio del análisis de agrupaciones, se definieron dos grupos mayores  $G_{Q3}$  I y  $G_{Q3}$  II, los cuales están subdivididos en dos sub-grupos cada uno.

Los límites de unidades y sub-unidades definidas por medio de los perfiles químicos y radiométricos, con los límites de los grupos que se determinaron con el dendograma coincidieron casi perfectamente, con un margen de error de dos a tres muestra (Figura 5.12). El límite inferior y superior del grupo  $G_{Q3}$  Ib se ubican en las muestras Q3-73 y 50 respectivamente, comparado con el límite inferior y superior de la sub-unidad  $QR_{Q3}$  Ib en las muestras Q3-76 y 50 respectivamente; y por su parte, el límite superior del grupo  $G_{Q3}$  IIa se ubica en la muestra Q3-20, en cambio en los perfiles, el de la sub-unidad  $QR_{Q3}$  IIa se ubica en la muestra Q3-22.

Los valores de las medidas estadísticas de tendencia central (promedio, mediana, desviación estándar) obtenidas a partir de las interpretaciones de los análisis de agrupaciones, se muestran en la Tabla 5.29.



**Figura 5.12.** Comparación de las unidades químico-radiométricas definidas por medio del dendrograma y los perfiles del núcleo Q3 (eje vertical está definido por distancias euclidianas y el horizontal por las muestras).

**Tabla 5.29.** Datos de estadística descriptiva para los grupos obtenidos del análisis de agrupaciones del núcleo Q3.

Agrupación	Medidas de Tendencia Central	# Muestras	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	V	Zr	Sr	Rb	Pb	As	Zn
G <sub>Q3</sub> II	Promedio	20	55,40	0,67	12,63	5,80	0,03	1,07	4,59	1,70	30	248	215	205	50	45	91
	Mediana		55,34	0,68	12,68	5,80	0,03	1,00	4,59	1,71	30	248	213	206	51	45	92
	Desviación Estandar		0,59	0,012	0,71	0,12	0,005	0,30	0,28	0,035	1	16	10	7	6	0	9
G <sub>Q3</sub> Ic	Promedio	30	56,91	0,69	12,89	5,98	0,03	1,11	3,62	1,64	30	280	180	191	47	45	89
	Mediana		56,82	0,69	12,89	5,96	0,03	1,00	3,63	1,65	30	278	181	193	47	45	89
	Desviación Estandar		0,35	0,019	0,90	0,16	0,003	0,29	0,26	0,042	0	11	6	6	5	0	7
G <sub>Q3</sub> Ib	Promedio	23	53,95	0,62	10,64	7,60	0,04	1,04	4,81	1,36	30	281	214	168	48	49	87
	Mediana		53,97	0,62	10,84	7,70	0,04	1,00	4,68	1,35	30	281	214	169	48	45	88
	Desviación Estandar		1,00	0,028	0,99	0,71	0,004	0,20	0,56	0,067	0	13	16	9	4	6	8
G <sub>Q3</sub> Ia	Promedio	9	57,27	0,68	12,63	5,62	0,03	1,29	3,70	1,51	30	304	186	183	45	45	87
	Mediana		57,27	0,69	12,61	5,64	0,03	1,00	3,62	1,52	30	304	186	182	45	45	87
	Desviación Estandar		0,56	0,023	0,85	0,09	0,003	0,61	0,29	0,043	0	9	7	4	5	0	4

**Tabla 5.29.** Continuación.

Agrupación	Medidas de Tendencia Central	# Muestras	<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Pb	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Pb	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
G <sub>Q3</sub> II	Promedio	20	2,15	3,18	3,07	5,45	2,65	3,78	1,98	1,72	2,41	0,437	1,30	0,452	0,583
	Mediana		2,14	3,19	3,07	5,43	2,65	3,78	1,99	1,72	2,39	0,441	1,30	0,454	0,585
	Desviación Estandar		0,07	0,12	0,09	0,13	0,06	0,09	0,06	0,05	0,07	0,038	0,06	0,026	0,037
G <sub>Q3</sub> Ic	Promedio	30	2,21	3,22	3,05	5,51	2,65	3,78	1,95	1,70	2,40	0,436	1,34	0,447	0,589
	Mediana		2,22	3,21	3,08	5,52	2,66	3,77	1,96	1,71	2,40	0,431	1,33	0,444	0,581
	Desviación Estandar		0,09	0,09	0,10	0,12	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,035	0,06	0,038	0,039
G <sub>Q3</sub> Ib	Promedio	23	2,21	3,16	3,01	5,57	2,63	3,79	1,95	1,69	2,41	0,436	1,33	0,448	0,568
	Mediana		2,21	3,19	3,02	5,56	2,62	3,76	1,95	1,67	2,41	0,433	1,33	0,460	0,558
	Desviación Estandar		0,07	0,11	0,08	0,13	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,029	0,06	0,035	0,040
G <sub>Q3</sub> Ia	Promedio	9	2,18	3,17	3,07	5,64	2,71	3,76	1,98	1,72	2,41	0,423	1,29	0,452	0,569
	Mediana		2,18	3,17	3,08	5,66	2,71	3,74	1,99	1,71	2,45	0,423	1,26	0,448	0,570
	Desviación Estandar		0,07	0,08	0,10	0,10	0,11	0,08	0,04	0,08	0,10	0,036	0,08	0,038	0,026



### 5.5.2. FUNCIONES DISCRIMINANTES

A partir de las unidades y sub-unidades químico-radiométricas definidas por medio de los perfiles y calibradas a través de los dendogramas, se han determinado las ecuaciones de las funciones discriminantes, las cuales representan la mayor discriminación posible entre estas unidades (CAMPOSANO & MARTÍNEZ 2000), es decir, tienen como finalidad diferenciar una unidad y sub-unidad respecto a otra por medio de las características químico-radiométricas de las muestras pertenecientes a cada una de ellas, por medio de la ayuda del programa STATGRAPHICS® 4.1.

#### a) Núcleo P29

Se utilizaron 117 muestras para la determinación de las funciones discriminantes separadamente con variables químicas, radiométricas y químico-radiométricas.

#### *Variables químicas*

La Tabla 5.30 presenta un ejemplo de los coeficientes de las ecuaciones de las funciones discriminantes para la separación de las 2 unidades mayores y sus sub-unidades.

**Tabla 5.30.** Coeficientes de las funciones discriminantes químicas del núcleo P29.

<b>Variables Químicas</b>	<b>FD1</b>	<b>FD2</b>
SiO <sub>2</sub>	0,831653	0,170956
TiO <sub>2</sub>	-9,55517	-13,7492
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,15089	-0,294171
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,36652	-0,255288
MnO	-10,8981	13,1008
MgO	0,601912	0,262229
CaO	3,474	-0,513947
K <sub>2</sub> O	9,47362	10,1132
V	-0,0747386	-0,0573221
Zr	0,00528203	0,00833424
Sr	-0,0238208	0,0109308
Rb	0,0196655	-0,0411198

**Tabla 5.30.** Continuación.

Pb	0,0560981	0,151124
Zn	-0,0061545	0,00672172
Cu	-0,00185594	-0,00102396
Ni	-0,0094783	-0,0274885
Constante	-69,0271	-5,68678

Por medio de los coeficientes obtenidos anteriormente, se generan las siguientes ecuaciones de funciones discriminantes:

$$\mathbf{FD1} = - 69,0271 + 0,831653\text{SiO}_2 - 9,55517\text{TiO}_2 - 0,15089\text{Al}_2\text{O}_3 + 1,36652\text{Fe}_2\text{O}_3 - 10,8981\text{MnO} + 0,601912\text{MgO} + 3,474\text{CaO} + 9,47362\text{K}_2\text{O} - 0,0747386\text{V} + 0,00528203\text{Zr} - 0,0238208\text{Sr} + 0,0196655\text{Rb} + 0,0560981\text{Pb} - 0,0061545\text{Zn} - 0,00185594\text{Cu} - 0,0094783\text{Ni}$$

$$\mathbf{FD2} = - 5,68678 + 0,170956\text{SiO}_2 - 13,7492\text{TiO}_2 - 0,294171\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,255288\text{Fe}_2\text{O}_3 + 13,1008\text{MnO} + 0,262229\text{MgO} - 0,513947\text{CaO} + 10,1132\text{K}_2\text{O} - 0,0573221\text{V} + 0,00833424\text{Zr} + 0,0109308\text{Sr} - 0,0411198\text{Rb} + 0,151124\text{Pb} + 0,00672172\text{Zn} - 0,00102396\text{Cu} - 0,0274885\text{Ni}$$

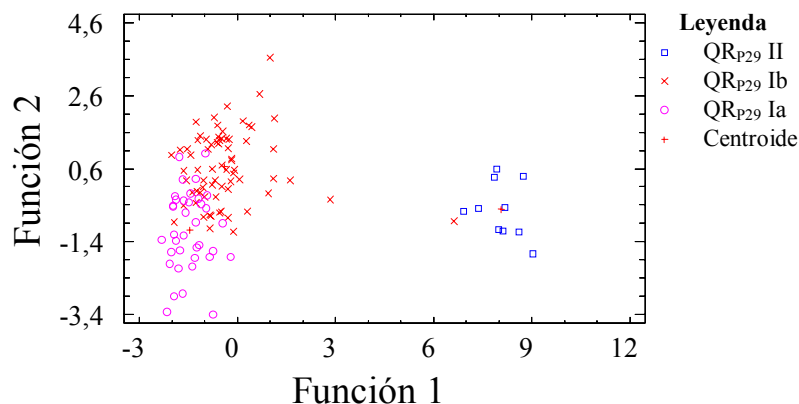
La Tabla 5.31 muestra la manera en que fueron clasificadas las muestras según las sub-unidades definidas. Obteniéndose un 86,32% de muestras correctamente clasificadas, lo que indica un acierto en la definición de las unidades.

**Tabla 5.31.** Tabla de clasificación química de las muestras según las sub-unidades del núcleo P29.

Sub – unidad Actual	Número de muestras	Sub – unidades de predicción		
		QR <sub>P29</sub> II	QR <sub>P29</sub> Ib	QR <sub>P29</sub> Ia
QR <sub>P29</sub> II	10	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>P29</sub> Ib	70	1 (1,43%)	56 (80%)	13 (18,57%)
QR <sub>P29</sub> Ia	37	0 (0%)	5 (13,51%)	32 (86,49%)

**86,32% de muestras clasificadas correctamente**

La figura 5.13 presenta gráficamente los resultados, donde se puede observar el aislamiento de las unidades mayores y una leve interdigitación entre las sub-unidades QR<sub>P29</sub> Ia y Ib.



**Figura 5.13.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químicas para la separación de sub-unidades del núcleo P29.

### *Variables radiométricas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes radiométricas se presentan en el Apéndice V.

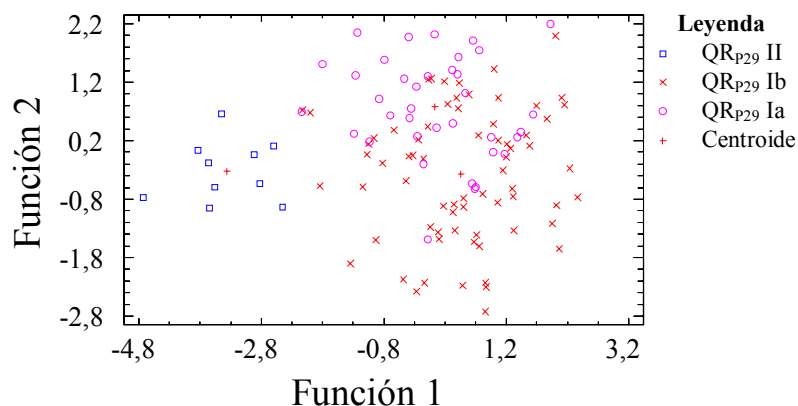
La Tabla 5.32 muestra la manera en que fueron clasificadas las muestras según las sub-unidades definidas. Determinándose un 69,23% de muestras correctamente clasificadas, lo que indica un acierto en la definición de las unidades.

**Tabla 5.32.** Tabla de clasificación radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo P29.

Sub – unidad Actual	Número de muestras	Sub – unidades de predicción		
		QR <sub>P29</sub> II	QR <sub>P29</sub> Ib	QR <sub>P29</sub> Ia
QR <sub>P29</sub> II	10	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>P29</sub> Ib	70	3 (4,29%)	46 (65,71%)	21 (30%)
QR <sub>P29</sub> Ia	37	1 (2,70%)	11 (29,73%)	25 (65,57%)

**69,23% de muestras clasificadas correctamente**

La figura 5.14 presenta gráficamente los resultados, donde se puede observar una menor diferenciación de las unidades principales y un mayor solapamiento entre las sub-unidades QR<sub>P29</sub> Ia y Ib, en comparación a los resultados obtenidos en las variables químicas.



**Figura 5.14.** Representación gráfica de las funciones discriminantes radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo P29.

#### *Variables químicas-radiométricas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes químico-radiométricas se presentan en el Apéndice V.

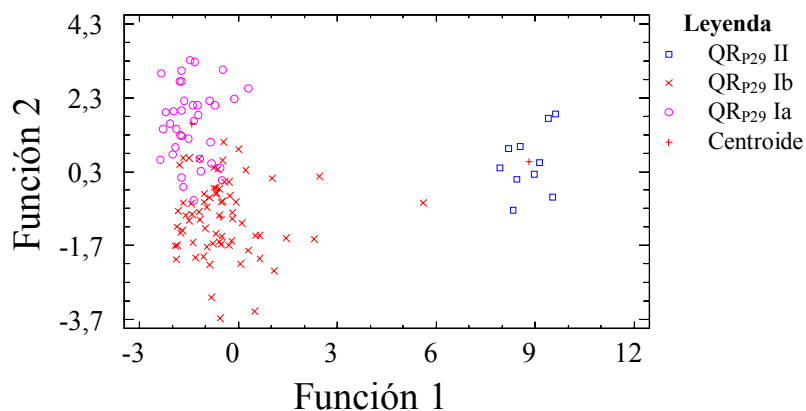
La Tabla 5.33 muestra la manera en que fueron clasificadas las muestras según las sub-unidades definidas, con un porcentaje de acierto cercano al 90%, lo que indica que la definición de unidades químicas-radiométricas se optimiza con el aumento del número de variables.

**Tabla 5.33.** Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo P29.

Sub – unidad Actual	Número de muestras	Sub – unidades de predicción		
		QR <sub>P29</sub> II	QR <sub>P29</sub> Ib	QR <sub>P29</sub> Ia
QR <sub>P29</sub> II	10	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>P29</sub> Ib	70	1 (1,43%)	62 (88,57%)	7 (10%)
QR <sub>P29</sub> Ia	37	0 (0%)	4 (10,81%)	33 (89,19%)

**89,74% de muestras clasificadas correctamente**

La figura 5.15 presenta gráficamente los resultados, donde se puede observar una marcada diferenciación entre las unidades mayores y destacándose la misma interdigitación entre las sub-unidades QR<sub>P29</sub> Ia y Ib mostrada en los resultados anteriores.



**Figura 5.15.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo P29.

## b) Núcleo S4

Se utilizaron 68 muestras para la determinación de las funciones discriminantes químicas, radiométricas y químico-radiométricas.

### *Variables químicas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes químicas se presentan en el Apéndice V.

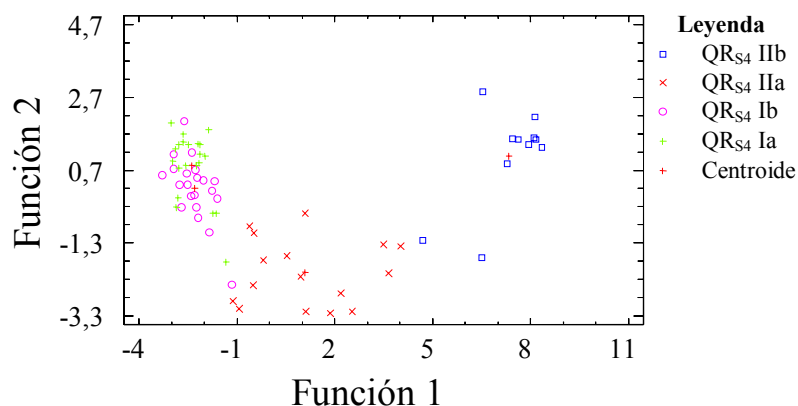
La Tabla 5.34 muestra la manera en que fueron clasificadas las muestras según las sub-unidades. Determinándose un 84% de acierto en la definición de estas sub-unidades.

**Tabla 5.34.** Tabla de clasificación química de las muestras según las sub-unidades del núcleo S4.

Sub – unidad Actual	Número de muestra	Sub – unidades de predicción			
		QR <sub>S4</sub> IIb	QR <sub>S4</sub> IIa	QR <sub>S4</sub> Ib	QR <sub>S4</sub> Ia
QR <sub>S4</sub> IIb	11	11 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>S4</sub> IIa	16	0 (0%)	15 (93,75%)	1 (6,25%)	0 (0%)
QR <sub>S4</sub> Ib	21	0 (0%)	1 (4,76%)	17 (80,95)	3 (14,29%)
QR <sub>S4</sub> Ia	21	0 (0%)	1 (4,76%)	5 (23,81%)	15 (71,43%)

**84,06% de muestras clasificadas correctamente**

La figura 5.16 presenta gráficamente los resultados, la cual muestra un comportamiento distinto entre las unidades mayores, destacándose que las sub-unidades (QR<sub>S4</sub> Ia y Ib) pertenecientes a la unidad basal tienden a solaparse, mientras que las sub-unidades restantes se aíslan de éstas y entre sí.

**Figura 5.16.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químicas para la separación de sub-unidades del núcleo S4.

### *Variables radiométricas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes radiométricas se presentan en el Apéndice V.

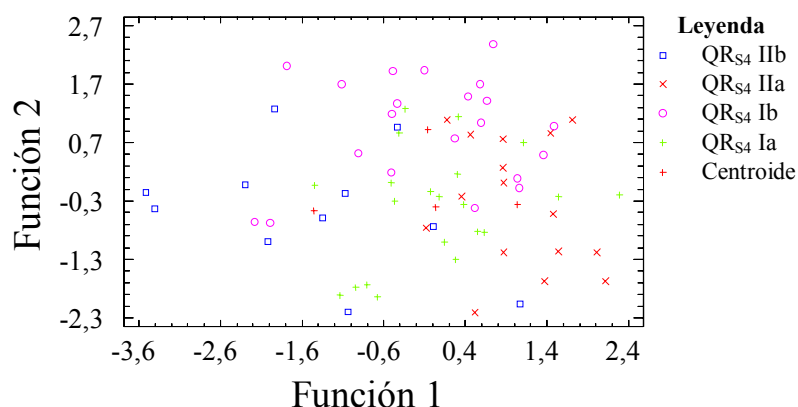
La Tabla 5.35 compara las sub-unidades definidas con las sub-unidades de predicción de las funciones discriminantes, mostrando un acierto del 67% de muestras correctamente clasificadas.

**Tabla 5.35.** Tabla de clasificación radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo S4.

Sub – unidad Actual	Número de muestras	Sub – unidades de predicción			
		QR <sub>S4</sub> IIb	QR <sub>S4</sub> IIa	QR <sub>S4</sub> Ib	QR <sub>S4</sub> Ia
QR <sub>S4</sub> IIb	11	7 (63,64%)	1 (9,09%)	1 (9,09%)	2 (18,18%)
QR <sub>S4</sub> IIa	16	0 (0%)	12 (75%)	2 (12,50%)	2 (12,50%)
QR <sub>S4</sub> Ib	21	2 (9,52%)	4 (19,05%)	14 (66,67)	1 (4,76%)
QR <sub>S4</sub> Ia	21	2 (9,52%)	2 (9,52%)	4 (19,05%)	13 (61,90%)

**66,67% de muestras clasificadas correctamente**

La figura 5.17 muestra los resultados gráficamente, en el cual se observa una interdigitación de las sub-unidades y por consiguiente de las unidades mayores.



**Figura 5.17.** Representación gráfica de las funciones discriminantes radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo S4.

### *Variables químicas-radiométricas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes químico-radiométricas se presentan en el Apéndice V.

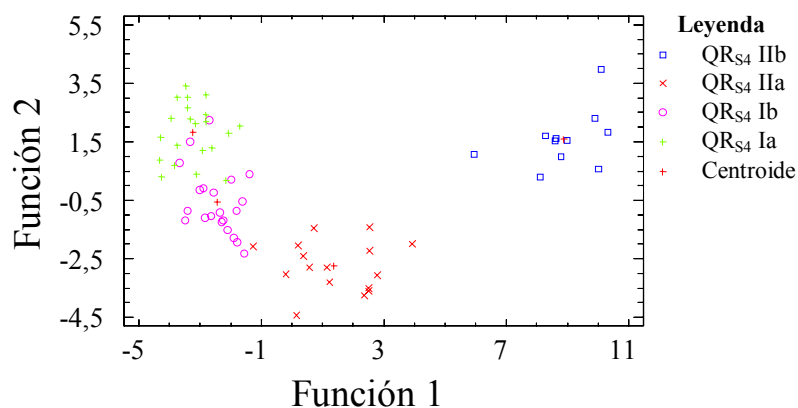
La Tabla 5.36, al igual que la tabla anterior, exhibe la clasificación de las muestras según las sub-unidades definidas, resultando un 94% de acierto en las muestras correctamente ubicadas.

**Tabla 5.36.** Tabla de clasificación químico-radiométricas de las muestras según las sub-unidades del núcleo S4.

Sub – unidad Actual	Tamaño de la sub – unidad	Sub – unidades de predicción			
		QR <sub>S4</sub> IIb	QR <sub>S4</sub> IIa	QR <sub>S4</sub> Ib	QR <sub>S4</sub> Ia
QR <sub>S4</sub> IIb	11	11 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>S4</sub> IIa	16	0 (0%)	15 (93,75%)	1 (6,25%)	0 (0%)
QR <sub>S4</sub> Ib	21	0 (0%)	0 (0%)	20 (95,24)	1 (4,76%)
QR <sub>S4</sub> Ia	21	0 (0%)	0 (0%)	2 (9,52%)	19 (90,48%)

94,20% de muestras clasificados correctamente

La figura 5.18 muestra gráficamente los resultados. Se puede observar una discriminación de las unidades principales y un leve solapamiento entre las sub-unidades (QR<sub>S4</sub> Ia y Ib) de la unidad más basal, a diferencia de la unidad suprayacente en la cual sus sub-unidades (QR<sub>S4</sub> IIa y IIb) se aíslan entre sí.



**Figura 5.18.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo S4.



### c) Núcleo C38

Se utilizaron 109 muestras para la determinación de las funciones discriminantes químicas, radiométricas y químico-radiométricas.

#### *Variables químicas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes químicas se presentan en el Apéndice V.

La tabla 5.37 muestra la clasificación de las muestras según las sub-unidades químicas determinadas y obteniéndose un porcentaje de acierto de 84% de muestras correctamente ubicadas en las sub-unidades definidas.

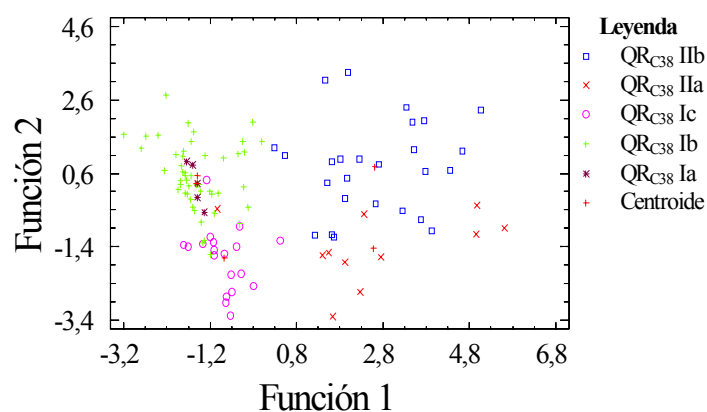
**Tabla 5.37.** Tabla de clasificación química de las muestras según las sub-unidades del núcleo C38.

Sub – unidad Actual	Número de muestras	Sub – unidades de predicción				
		QR <sub>C38</sub> IIb	QR <sub>C38</sub> IIa	QR <sub>C38</sub> Ic	QR <sub>C38</sub> Ib	QR <sub>C38</sub> Ia
QR <sub>C38</sub> IIb	26	21 (80,77%)	3 (11,54%)	1 (3,85%)	1 (3,85%)	0 (0%)
QR <sub>C38</sub> IIa	11	0 (0%)	10 (90,91%)	0 (0%)	1 (9,09%)	0 (0%)
QR <sub>C38</sub> Ic	19	0 (0%)	0 (0%)	17 (89,47%)	1 (5,26%)	1 (5,26%)
QR <sub>C38</sub> Ib	48	0 (0%)	0 (0%)	4 (8,33%)	39 (81,25%)	5 (10,42%)
QR <sub>C38</sub> Ia	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)

**83,49% de muestras clasificadas correctamente**

En el gráfico de dispersión de las funciones discriminantes principales (Figura 5.19), se observa claramente el aislamiento entre las unidades químicas principales, por un lado las sub-unidades QR<sub>C38</sub> IIb y IIa, y en el otro extremo las sub-unidades restantes, estas a su vez se encuentran bien definidas. Por otra parte, se observa un pequeño solapamiento entre las sub-unidades QR<sub>C38</sub> Ib y Ia, este puede ser debido a que se refieren a la parte más basal del núcleo

y por tanto no se tiene información adicional al respecto, el límite entre ellas esta bien sustentado por marcadores de primer orden en los perfiles de distribución químicos.



**Figura 5.19.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químicas para la separación de sub-unidades del núcleo C38.

#### *Variables radiométricas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes radiométricas se presentan en el Apéndice V.

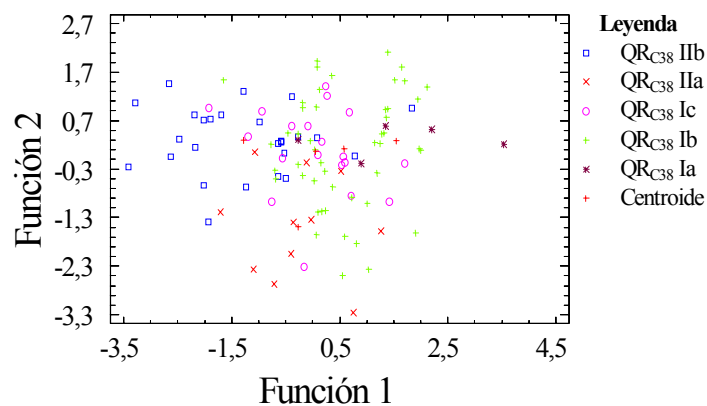
La Tabla 5.38 muestra la manera en que fueron clasificadas las muestras según las sub-unidades definidas. Obteniéndose un 51% de muestras correctamente clasificadas, lo que indica una baja discriminación de las sub-unidades.

**Tabla 5.38.** Tabla de clasificación radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo C38.

Sub – unidad Actual	Número de muestras	Sub – unidades de predicción				
		QR <sub>C38</sub> IIb	QR <sub>C38</sub> IIa	QR <sub>C38</sub> Ic	QR <sub>C38</sub> Ib	QR <sub>C38</sub> Ia
QR <sub>C38</sub> IIb	26	16 (61,54%)	2 (7,69%)	5 (19,23%)	1 (3,85%)	2 (7,69%)
QR <sub>C38</sub> IIa	11	1 (9,09%)	8 (2,73%)	1 (9,09%)	0 (0,00%)	1 (9,09%)
QR <sub>C38</sub> Ic	19	3 (15,79%)	1 (5,26%)	10 (52,63%)	3 (15,79%)	2 (10,53%)
QR <sub>C38</sub> Ib	48	4 (8,33%)	8 (16,67%)	7 (14,58%)	19 (39,58%)	10 (20,83%)
QR <sub>C38</sub> Ia	5	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (20%)	1 (20%)	3 (60%)

**51,38% de muestras clasificadas correctamente**

La figura 5.20 muestra el solapamiento existente entre cada una de las sub-unidades radiométricas y la amplia dispersión de los datos, lo que no define patrones en específico y evidencia aun más la homogeneidad radiométrica presente en el núcleo.



**Figura 5.20.** Representación gráfica de las funciones discriminantes radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo C38.

#### *Variables químicas-radiométricas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes químico-radiométricas se presentan en el Apéndice V.

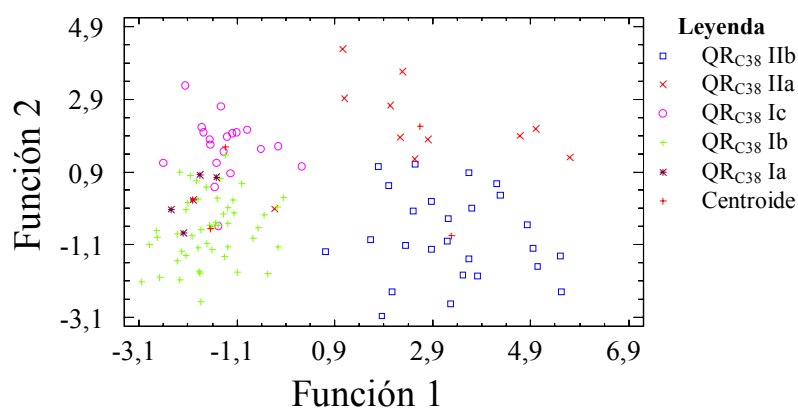
La tabla de clasificación (Tabla 5.39) muestra el porcentaje de acierto para cada una de las sub-unidades, destacando el porcentaje total de muestras correctamente clasificadas en 94% de discriminación.

**Tabla 5.39.** Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo C38.

Sub – unidad Actual	Número de muestras	Sub – unidades de predicción				
		QR <sub>C38</sub> IIb	QR <sub>C38</sub> IIa	QR <sub>C38</sub> Ic	QR <sub>C38</sub> Ib	QR <sub>C38</sub> Ia
QR <sub>C38</sub> IIb	26	25 (96,15%)	1 (3,85%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
QR <sub>C38</sub> IIa	11	0 (0,00%)	10 (90,91%)	0 (0,00%)	1 (9,09%)	0 (0,00%)
QR <sub>C38</sub> Ic	19	0 (0,00%)	0 (0,00%)	18 (94,74%)	1 (5,26%)	0 (0,00%)
QR <sub>C38</sub> Ib	48	0 (0,00%)	0 (0,00%)	3 (6,25%)	44 (91,67%)	1 (2,08%)
QR <sub>C38</sub> Ia	5	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	5 (100%)

**93,58% de muestras clasificadas correctamente**

En el gráfico de dispersión de las funciones discriminante principales (Figura 5.21), se observa el aislamiento de las sub-unidades químico-radiométricas QR<sub>C38</sub> IIb y IIa, con respecto a las restantes, así mismo, entre ellas no existe solapamiento alguno, lo que si sucede, pero levemente entre las otras sub-unidades. En general, se observan dos poblaciones de datos, que corresponden a las dos unidades químico-radiométricas definidas anteriormente.

**Figura 5.21.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo C38.

### d) Núcleo Q3

Se utilizaron 82 muestras para la determinación de las funciones discriminantes químicas, radiométricas y químico-radiométricas.

#### *Variables Químicas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes químicas se presentan en el Apéndice V.

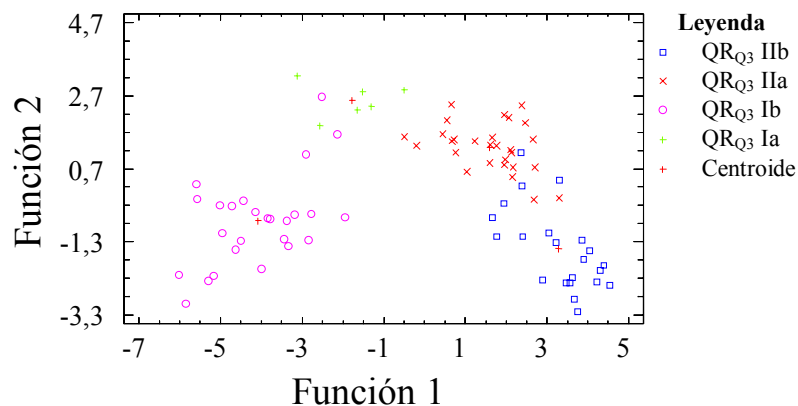
La Tabla 5.40 muestra la clasificación de las muestras según las sub-unidades químicas determinadas, obteniéndose un 91% de acierto de muestras correctamente clasificadas.

**Tabla 5.40.** Tabla de clasificación química de las muestras según las sub-unidades del núcleo Q3.

Sub – unidad Actual	Número de muestras	Sub – unidades de predicción			
		QR <sub>Q3</sub> IIb	QR <sub>Q3</sub> IIa	QR <sub>Q3</sub> Ib	QR <sub>Q3</sub> Ia
QR <sub>Q3</sub> IIb	22	19 (86,39%)	3 (13,64%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>Q3</sub> IIa	28	1 (3,57%)	27 (96,43%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>Q3</sub> Ib	26	0 (0%)	0 (0%)	23 (88,46%)	3 (11,54%)
QR <sub>Q3</sub> Ia	6	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)

**91,46% de muestras clasificadas correctamente**

En el gráfico de dispersión de las funciones discriminantes (Figura 5.22), se observa claramente el aislamiento entre los distintos grupos químicos, con un pequeño solapamiento debido al error anteriormente mencionado, esencialmente se observa una diferencia marcada entre la sub-unidad QR<sub>Q3</sub> Ib con el resto de ellas.



**Figura 5.22.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químicas para la separación de sub-unidades del núcleo Q3.

### *Variables radiométricas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes radiométricas se presentan en el Apéndice V.

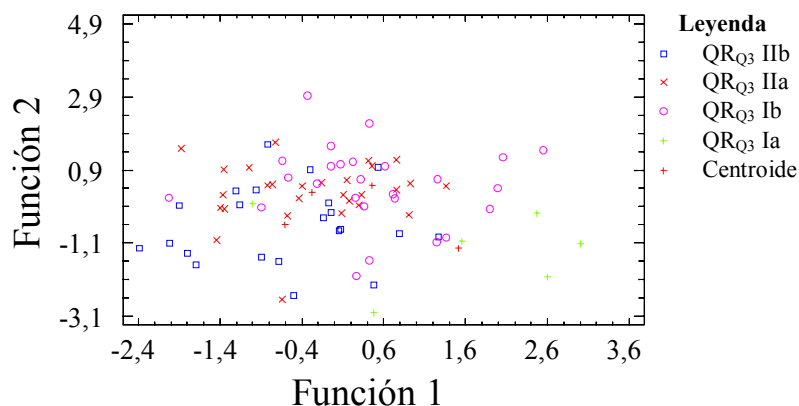
La tabla 5.41 muestra el porcentaje de acierto para la clasificación radiométrica en las muestras pertenecientes a este núcleo, resultando un 57% de acierto de muestras correctamente discriminadas.

**Tabla 5.41.** Tabla de clasificación radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo Q3.

Sub – unidad Actual	Tamaño de la sub – unidad	Sub – unidades de predicción			
		QR <sub>Q3</sub> IIb	QR <sub>Q3</sub> IIa	QR <sub>Q3</sub> Ib	QR <sub>Q3</sub> Ia
QR <sub>Q3</sub> IIb	22	12 (54,55%)	4 (18,18%)	4 (18,18%)	2 (9,09%)
QR <sub>Q3</sub> IIa	28	4 (14,29%)	16 (57,14%)	8 (28,57%)	0 (0%)
QR <sub>Q3</sub> Ib	26	2 (7,69%)	5 (19,23%)	14 (53,85%)	5 (19,23%)
QR <sub>Q3</sub> Ia	6	0 (0%)	1 (16,67%)	0 (0%)	5 (83,33%)

57,32% de muestras clasificados correctamente

La figura 5.23 muestra la alta dispersión de los datos, por lo que no define poblaciones o grupos radiométricos y evidencia aun más la homogeneidad de la data en el núcleo.



**Figura 5.23.** Representación gráfica de las funciones discriminantes radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo Q3.

#### *Variables químicas-radiométricas*

La tabla de coeficientes y las ecuaciones de las funciones discriminantes químico-radiométricas se presentan en el Apéndice V.

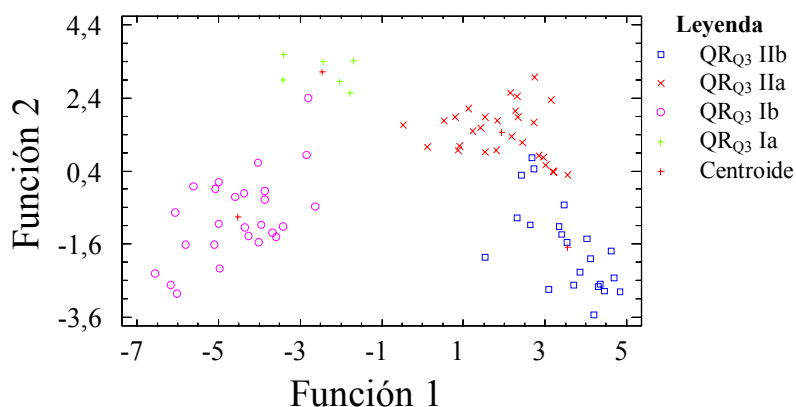
La tabla de clasificación (Tabla 5.42) muestra el porcentaje de acierto para cada una de las sub-unidades, destacando el porcentaje total de muestras correctamente clasificadas en 96%.

**Tabla 5.42.** Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las sub-unidades del núcleo Q3.

Sub – unidad Actual	Número de muestras	Sub – unidades de predicción			
		QR <sub>Q3</sub> IIb	QR <sub>Q3</sub> IIa	QR <sub>Q3</sub> Ib	QR <sub>Q3</sub> Ia
QR <sub>Q3</sub> IIb	22	19 (86,39%)	3 (13,64%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>Q3</sub> IIa	28	0 (0%)	28 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>Q3</sub> Ib	26	0 (0%)	0 (0%)	26 (100%)	0 (0%)
QR <sub>Q3</sub> Ia	6	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)

**96,34% de muestras clasificadas correctamente**

En el gráfico de dispersión de las funciones discriminante principales (Figura 5.24), en general, se observan dos poblaciones, correspondiendo con las unidades químico-radiométricas definidas anteriormente. Tienden a solaparse levemente las sub-unidades  $QR_{Q3}$  IIb y IIa, así como la  $QR_{Q3}$  Ib y Ia, lo que evidencia la buena clasificación químico-radiométrica definida en este núcleo.



**Figura 5.24.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométricas para la separación de sub-unidades del núcleo Q3.

## 5.6. COMPARACIÓN QUÍMICA-RADIOMÉTRICA ENTRE NÚCLEOS

En las tablas 5.1 y 5.7, se pudo observar que las mayores concentraciones promedios de los óxidos mayoritarios se ubican dentro del núcleo C38, así como de los elementos traza. A su vez, algunas concentraciones importantes de estos componentes químicos se manifiestan también en el núcleo Q3, es de hacer notar que solo se determinó As en este último núcleo. Así mismo, el Cu solo se determinó en los núcleos P29 y S4. En cuanto a las variables radiométricas, estas presentan las mayores cuentas por segundo promedio en los núcleos P29 y Q3, aunque tienden a ser constantes estos valores en todos los núcleos.



## 5.6.1. ESTADÍSTICA UNIVARIANTE

### 5.6.1.1. Histogramas de frecuencia

Un resumen del comportamiento de los histograma a través de los 4 núcleos estudiados se presenta en la tabla 5.43, en ella se muestra el porcentaje de patrones unimodales, bimodales y hasta multimodales. De esta manera, se observa una amplia versatilidad en la conducta de cada uno, especialmente el núcleo S4, en el cual se destaca el mayor número de casos, casi 50%, entre bimodalidad y multimodalidad. Para el resto de los núcleos este porcentaje no supera el 35%, inclusive el núcleo Q3 define el mejor comportamiento, siendo el 83% de los casos unimodal.

**Tabla 5.43.** Porcentajes de los comportamientos modales entre cada uno de los núcleos.

Comportamiento modal	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
<b>Unimodal</b>	66%	48%	71%	<b>83%</b>
<b>Bimodal</b>	34%	<b>41%</b>	25%	14%
<b>Multimodal</b>	0%	<b>11%</b>	4%	3%
<b>Total</b>	100%	100%	100%	100%

En general, se observa un patrón similar en el comportamiento de los histogramas y polígonos de frecuencia en los núcleos P29 y S4 para todas las variables a excepción del  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Rb}$  y  $\text{Zn}$ . Así mismo, se define un comportamiento distinto en el núcleo C38 para los elementos  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Rb}$  y  $\text{Ni}$  y de las variables  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Zr}$  y  $\text{Sr}$  en el núcleo Q3. En cuanto al comportamiento radiométrico, este no define variaciones a través de los núcleos estudiados, lo que implica una data muy homogénea.

### 5.6.1.2. Diagramas de caja

De manera general, se distingue un patrón de comportamiento para los núcleos P29 y S4, similar al agrupar los núcleos C38 y Q3, donde los valores máximos de las medianas y las

mayores dispersiones se concentran en los núcleos P29 y C38 y decrecen hacia los otros núcleos del grupo, o viceversa, esto se cumple tanto en las variables químicas como las radiométricas (Figura 5.25). La diferencia radica en que los rangos de dispersión químicos para los primeros núcleos son mucho mayores que en los núcleos C38 y Q3, además estos rangos tienden a solaparse entre sí, mientras que en los otros estos intervalos son menores por lo que se aíslan. Solo algunas variables químicas presentan las más altas dispersiones en estos núcleos, tal es el caso del V y Ni, que se presentan en el C38 y del CaO, Sr y Rb que se manifiestan en el Q3.

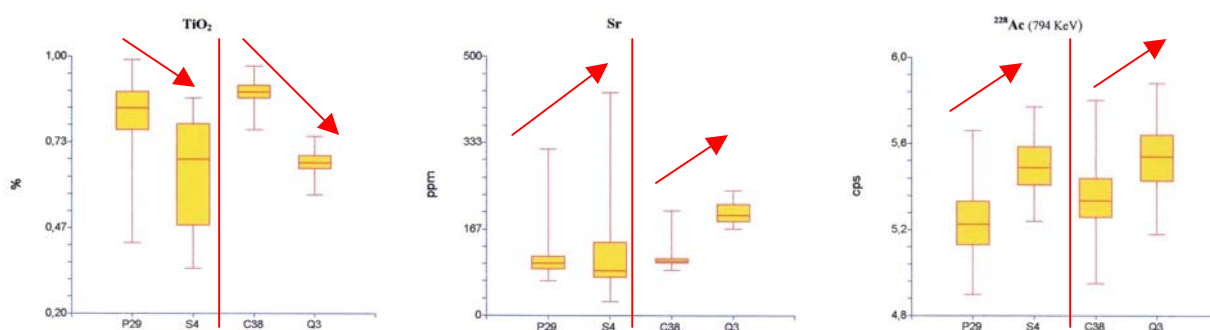


Figura 5.25. Comportamiento de las medianas y los rangos de concentraciones entre los núcleos.

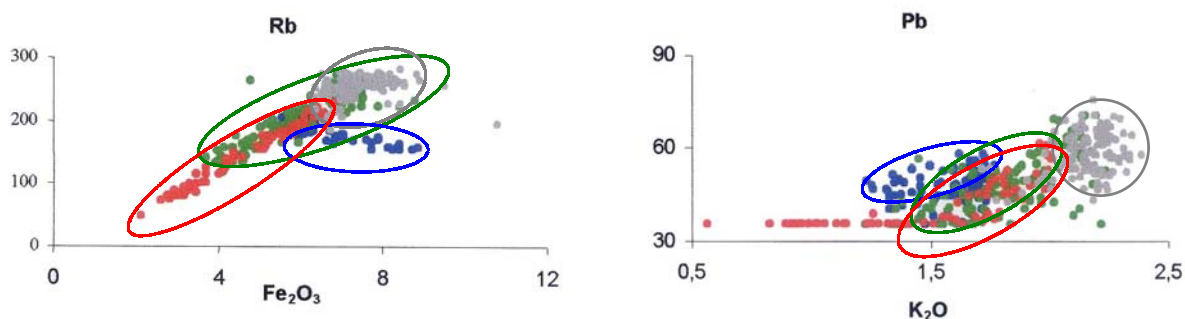
### 5.6.1.3. Diagramas de dispersión

En la tabla 5.44 se muestran los porcentajes generales de los coeficientes de correlación químicos-radiométricos según su grado de confiabilidad, destacándose que al juntar estas variables estos porcentajes descienden debido a la homogeneidad de la data radiométrica, lo cual indica que las relaciones lineales son mucho mejor entre las variables químicas. A manera general se observa que el núcleo P29 presenta la mejor confiabilidad en los diagramas de dispersión, buena confiabilidad en los núcleos S4 y Q3, pésimas en el núcleo C38. Es decir, que la relación lineal existente entre las distintas variables químicas-radiométricas son mucho mayor en zonas de profundidades someras.

**Tabla 5.44.** Porcentajes generales de los coeficientes de correlación químico-radiométrico, mayores y menores al  $r_c$ , para los núcleos P29, S4, C38 y Q3.

Confiabilidad	Núcleos			
	P29	S4	C38	Q3
$C > 99\%$	32%	17%	18%	12%
$95\% \leq C < 99\%$	11%	9%	10%	6%
$C < 95\%$	57%	74%	72%	82%

En general se observa una relación lineal no significativa ( $<95\%$ ) entre las variables MgO, Cu, Ni, y todas las radiométricas con el resto de los elementos, por ello al analizar los diagramas de dispersión se obviaron estas variables, de esta manera se define un patrón químico similar entre los núcleos P29 y S4, con alta dispersión, de tal manera que se solapan entre sí en la mayoría de los diagramas, así mismo se define un patrón único para el núcleo C38 y otro para el Q3, ambos de baja dispersión y aislados entre sí, y en algunos casos alejados de los primeros núcleos (Figura 5.26).



**Figura 5.26.** Comportamiento de los núcleos en los diagramas de dispersión.  
P29 (verde), S4 (rojo), C38 (gris), Q3 (azul).

## 5.6.2. PERFILES DE DISTRIBUCIÓN Y ESTADÍSTICA MULTIVARIANTE

### 5.6.2.1. Perfiles de distribución y análisis de agrupaciones

Por medio de los perfiles de distribución se puede observar que se definieron dos unidades principales químico-radiométricas a través de los 4 núcleos (Tabla 5.45), en las que se identificaron a su vez un cierto número de sub-unidades químicas, ya que en los perfiles radiométricos no se visualizaban con claridad. Cabe destacar que al realizar la calibración de la unidades y sub-unidades por medio de los análisis de agrupaciones se verificó que varios de los límites entre unidades y sub-unidades coincidían en un margen de error de 1% (2 muestras), además de redefinir algunas sub-unidades, debiéndose posiblemente a pequeñas variaciones químicas y radiométricas las cuales no son fácilmente visibles en los perfiles; por lo que se consideró como unidades químico-radiométricas definitivas y sus respectivas sub-unidades, todas aquellas que se definieron por medio de los perfiles de distribución, tomando en cuenta cualquier modificación hecha por los análisis de agrupaciones, respetando los criterios ya expuestos para la definición de unidades en los perfiles de distribución.

**Tabla 5.45.** Nomenclatura y número de unidades y sub-unidades definitivas de los 4 núcleos.

Núcleo	Unidad	Sub – Unidad
P29	QR <sub>P29</sub> II	-----
	QR <sub>P29</sub> I	QR <sub>P29</sub> Ib QR <sub>P29</sub> Ia
S4	QR <sub>S4</sub> II	QR <sub>S4</sub> IIb QR <sub>S4</sub> IIa
	QR <sub>S4</sub> I	QR <sub>S4</sub> Ib QR <sub>S4</sub> Ia
C38	QR <sub>C38</sub> II	QR <sub>C38</sub> IIb QR <sub>C38</sub> IIa
	QR <sub>C38</sub> I	QR <sub>C38</sub> Ic QR <sub>C38</sub> Ib QR <sub>C38</sub> Ia
Q3	QR <sub>Q3</sub> II	QR <sub>Q3</sub> IIb QR <sub>Q3</sub> IIa
	QR <sub>Q3</sub> I	QR <sub>Q3</sub> Ib QR <sub>Q3</sub> Ia

### 5.6.2.2. Funciones Discriminantes

La Tabla 5.46 presenta los porcentajes de acierto de las tablas de clasificación de las funciones discriminantes de acuerdo a las variables y grupos utilizados. Se puede observar que las variables químicas son las que dominan sobre la radiométricas al momento de clasificar una muestra en determinado grupo, ya que al trabajar con ambas variables (químicas + radiométricas), el aporte de las variables radiométricas comprende entre 5-10%, por lo que es más confiable trabajar con todas las variables posibles.

**Tabla 5.46.** Porcentajes de acierto de las tablas de clasificación de las funciones discriminantes de acuerdo a las variables y sub-unidades.

Núcleo	Sub Unidad	Variables		
		Químicas + Radiométricas	Químicas	Radiométricas
<b>P29</b>	3 Sub U.	89,7	83,8	69,2
<b>S4</b>	4 Sub U.	94,2	84,1	66,7
<b>C38</b>	5 Sub U.	93,6	83,5	51,4
<b>Q3</b>	4 Sub U.	96,3	91,5	57,3

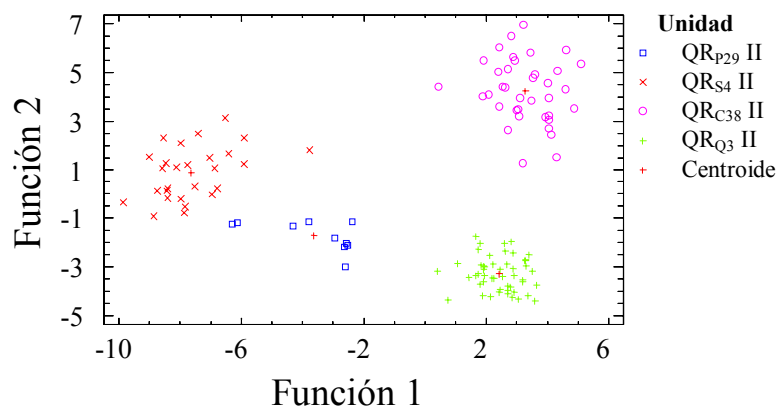
La Tabla 5.47 muestra la manera en que fueron clasificadas las muestras según las unidades superiores de cada núcleo, obteniéndose una acertada clasificación (100%). Los coeficientes de la función discriminante con sus respectivas ecuaciones se presentan en el Apéndice V.

**Tabla 5.47.** Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las unidades superiores de los 4 núcleos.

Unidad Actual	Número de muestras	Unidades de predicción			
		QR <sub>P29</sub> II	QR <sub>S4</sub> II	QR <sub>C38</sub> II	QR <sub>Q3</sub> II
<b>QR<sub>P29</sub> II</b>	10	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
<b>QR<sub>S4</sub> II</b>	27	0 (0%)	27 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
<b>QR<sub>C38</sub> II</b>	37	0 (0%)	0 (0%)	37 (100%)	0 (0%)
<b>QR<sub>Q3</sub> II</b>	50	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	50 (100%)

**100% de muestras clasificadas correctamente**

Al comparar las unidades superiores (tope) de cada uno de los núcleos, se observa que cada una de estas unidades se comportan aisladamente entre sí, por lo que aparentemente no se aprecia ninguna relación químico-radiométrica entre ellas (Figura 5.27).



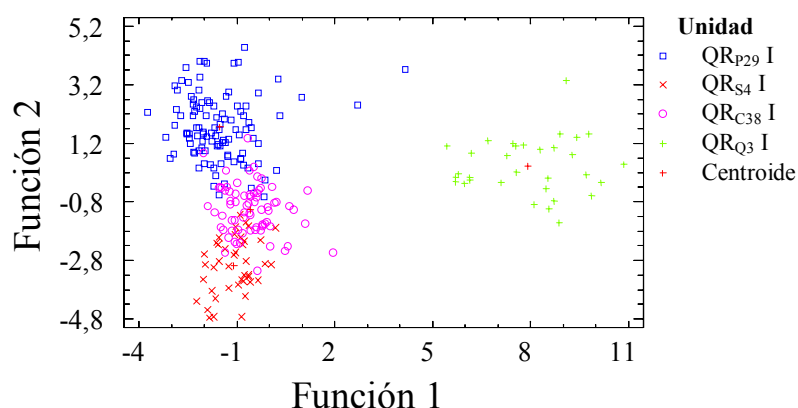
**Figura 5.27.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométrica para la comparación de las unidades superiores entre los 4 núcleos.

Por otra parte, al comparar las unidades inferiores (base) de cada uno de los núcleos, se observa que las unidades  $QR_{P29}$  I,  $QR_{S4}$  I y  $QR_{C38}$  I presentan una ligera relación químico-radiométrica entre sí, diferenciándose totalmente de la unidad  $QR_{Q3}$  I (Figura 5.28). Dicha relación esta representada en el 4,35% restante del porcentaje de aciertos obtenido en la tabla de clasificación de las muestras de estas unidades en cada uno de los núcleos (Tabla 5.48). Los coeficientes de la función discriminante con sus respectivas ecuaciones se presentan en el Apéndice V.

**Tabla 5.48.** Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las unidades inferiores de los 4 núcleos.

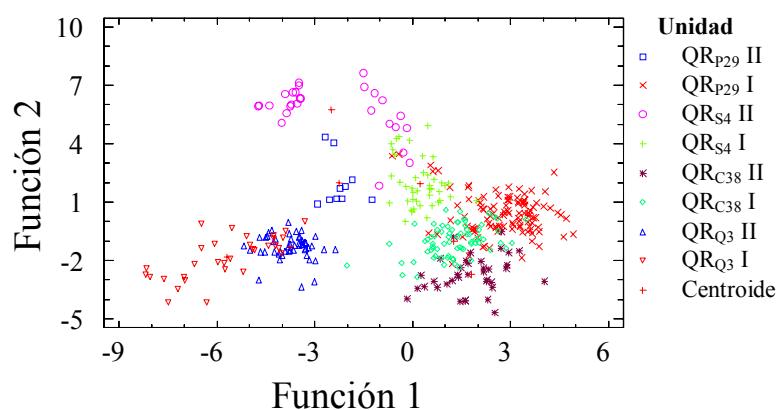
Unidad Actual	Número de muestras	Unidades de predicción			
		$QR_{P29}$ I	$QR_{S4}$ I	$QR_{C38}$ I	$QR_{Q3}$ I
$QR_{P29}$ I	107	98 (91,59%)	0 (0%)	8 (7,48%)	1 (0,93%)
$QR_{S4}$ I	42	0 (0%)	41 (97,62%)	1 (2,38%)	0 (0%)
$QR_{C38}$ I	72	1 (1,39%)	0 (0%)	71 (98,61%)	0 (0%)
$QR_{Q3}$ I	32	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	32 (100%)

95,65% de muestras clasificadas correctamente



**Figura 5.28.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométrica para la comparación de las unidades inferiores entre los 4 núcleos.

La Figura 5.29 muestra la comparación y la relación entre la unidad superior e inferior entre cada uno de los núcleos. Se puede observar que la unidad superior QR<sub>P29</sub> II y QR<sub>S4</sub> II se comportan aisladamente entre sí y se diferencian de las otras unidades de los núcleos, y a su vez las unidades QR<sub>Q3</sub> I y II que conforman al núcleo Q3, se comportan aisladamente de cualquiera de las unidades de los demás núcleos. Por su parte, la unidad inferior QR<sub>P29</sub> I presenta una relación con respecto a la unidad inferior QR<sub>S4</sub> I, QR<sub>C38</sub> I y la unidad superior QR<sub>C38</sub> II, aunque las unidades QR<sub>S4</sub> I y QR<sub>C38</sub> I tienden a agruparse muy cerca, por lo que su relación es muy baja. La Tabla 5.49 muestra la clasificación según las unidades superiores e inferiores entre cada núcleo, obteniéndose un 91% de acierto. Los coeficientes de la función discriminante con sus respectivas ecuaciones se presentan en el Apéndice V.



**Figura 5.29.** Representación gráfica de las funciones discriminantes químico-radiométrica para la comparación de las unidades inferiores y superiores entre los 4 núcleos.

**Tabla 5.49.** Tabla de clasificación químico-radiométrica de las muestras según las unidades superiores e inferiores de los 4 núcleos.

Unidad Actual	Número de muestras	Unidades de predicción							
		QR <sub>P29</sub> II	QR <sub>P29</sub> I	QR <sub>S4</sub> II	QR <sub>S4</sub> I	QR <sub>C38</sub> II	QR <sub>C38</sub> I	QR <sub>Q3</sub> II	QR <sub>Q3</sub> I
QR <sub>P29</sub> II	10	10 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>P29</sub> I	107	1 (0,93%)	94 (87,85%)	1 (0,93%)	4 (3,74%)	0 (0%)	7 (6,54%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>S4</sub> II	27	0 (0%)	0 (0%)	23 (85,19%)	4 (14,81%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>S4</sub> I	42	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	42 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>C38</sub> II	37	0 (0%)	1 (2,70%)	0 (0%)	0 (0%)	35 (94,59%)	1 (2,70%)	0 (0%)	0 (0%)
QR <sub>C38</sub> I	72	0 (0%)	2 (2,78%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1,39%)	68 (94,44%)	1 (1,39%)	0 (0%)
QR <sub>Q3</sub> II	50	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (2%)	0 (0%)	48 (96%)	1 (2%)
QR <sub>Q3</sub> I	32	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (25%)	24 (75%)

**91,25% de muestras clasificadas correctamente**



## 5.7. INTERPRETACIONES GENERALES

El núcleo C38 se caracteriza por tener una granulometría fina, mientras que los núcleos P29 y S4 poseen una granulometría fina hacia la base que grada a gruesa hacia el tope, diferenciándose del núcleo Q3, ya que presenta una textura gruesa hacia la base y fina hacia el tope. Además se observa contenido bioclástico en los núcleos S4 y Q3, siendo este último el que presenta un mayor contenido de fragmentos fósiles, destacándose que en ambos se encuentran mal preservados en su mayoría.

Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), la plataforma interna representa la parte submarina del Delta del Orinoco, y se caracteriza por una sedimentación de material fino en un ambiente reductor, cuya facies de plataforma deltaica esta dominada por arenas finas intercaladas con arcillas limosas ricas en materia orgánica; por su parte, la facies prodeltaica interna se caracteriza por una sedimentación de arcillas limosas negras piríticas, las cuales se diferencian de la facies prodeltaica externa en su contenido ligeramente calcáreo; lo cual concuerda con la sedimentación encontrada en los núcleos.

Además, según BUTENKO & BARBOT (1979), los sedimentos superficiales corresponden a una cuña de fango compuesta fundamentalmente de materiales arcillosos con alto contenido de agua, y cuya depositación está controlada por la descarga de sedimentos provenientes del río Orinoco y la corriente litoral que se desplaza paralela a la costa con dirección SE-NW, transportando sedimentos de otros ríos como el Amazonas y el Esequibo. Dicha cuña de fango presenta un espesor de 26 m, el cual se acorta de manera progresiva en sentido de la pendiente de la plataforma continental, sobreyaciendo a sedimentos deltaicos mas antiguos y de naturaleza heterogénea, probablemente una mezcla de arenas finas, limo y arcilla, de espesores que varían entre los cero y las decenas de metros, cuyo límite inferior es discordante sobre una superficie erodada y formada por paleocauces que pueden estimarse de edad Pleistoceno.

El límite nor-oriental queda delimitado por la existencia de un acantilado submarino, con un desnivel máximo de 45 m. Este acantilado no está asociado a fallamientos, y la existencia

de areniscas carbonáticas oxidadas y arrecifes coralinos en su borde, permiten suponer que la formación del acantilado ocurrió durante niveles de mar más bajo que el actual (BUTENKO & BARBOT 1979), probablemente durante la regresión del Pleistoceno, como lo indican GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), al mencionar que la mayor parte de la plataforma del Delta del Orinoco y oriental de Trinidad estuvo por encima del nivel del mar, por lo que se generó una sedimentación fluvio-marina en su borde externo. Dicha edad y ambiente asociado a una sedimentación carbonática, coincide con la bioestratigrafía obtenida en la base de los núcleos S4 y Q3, específicamente en este último, ya que la biota indica un ambiente de plataforma externa a talud superior, y la sedimentación corresponde con lo indicado por los autores antes mencionados.

Los análisis químicos indican que los núcleos P29 y S4 se comportan similarmente, observándose dicha tendencia a través de los histogramas de frecuencia, diagramas de caja y diagramas de dispersión. Así mismo, el núcleo C38 se encuentra asociado químicamente a los anteriores núcleos, aunque sus tendencias químicas no se comportan igual. Por otra parte, el núcleo Q3 se encuentra aislado químicamente de los núcleos antes mencionados.

Esta asociación química que existe entre los núcleos P29, S4 y C38 se caracteriza por presentarse en materiales principalmente siliciclástico y arcilloso, mientras que el Q3 está asociado a material carbonático. Esto se evidencia por los altos contenidos de SiO<sub>2</sub> en los dos primeros núcleos y altas concentraciones de elementos químicos relacionados a arcillas, tales como el TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, V (YARINCIK & MURRAY 2000, YARINCIK *et al.* 2000), entre otros; en el núcleo C38. Por su parte, el núcleo Q3 presenta las mayores concentraciones de CaO y Sr, constituyentes de sedimentos carbonáticos (MASON 1960, FAIRBRIDGE 1972)

En base a las características sedimentológicas y las tendencias químicas de los núcleos estudiados, se pueden agrupar los elementos químicos analizados en 4 asociaciones principales (adaptado de FAIRBRIDGE 1972):

- *Asociación Siliciclástica* (SiO<sub>2</sub>, Zr).
- *Asociación Arcillosa* (TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, K<sub>2</sub>O, Rb, Pb, Zn).

- *Asociación Orgánica* (V, Cu, Ni).
- *Asociación Carbonática* (CaO, MgO, Sr, As).

Cabe destacar, que el elemento traza As, está asociado a condiciones de bajo pH o altas temperaturas (ROMERO 1975), encontrándose solo en el núcleo Q3, en su unidad basal (QR<sub>Q3</sub> I).

El comportamiento químico de los núcleos P29, S4 y C38 se caracteriza por:

- Las mayores concentraciones de SiO<sub>2</sub> se presentan en los dos primeros núcleos, debiéndose posiblemente a la insolubilidad del elemento, el cual se deposita pronto al perder energía el medio de transporte (MASON 1960). Por ello, se observa un decrecimiento en las concentraciones de oeste a este, debido a la pérdida de energía del sistema deltaico.
- El núcleo C38, presenta las mayores concentraciones de TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, K<sub>2</sub>O, Rb, Pb y Zn, los cuales están asociados a material arcilloso. El Al y el K presentan una alta coherencia debido a que se encuentran en feldspatos y minerales de arcilla tales como muscovita, illita y caolinita (ROMERO 1975, AL – GAILANI 1980), además, según MASON (1960), en minerales de arcilla tipo montmorillonita, el Al puede ser parcial o totalmente sustituido por el Fe<sup>+3</sup>, Mg, Zn o Mn. Por otra parte, en condiciones oxidantes el Fe y Mn se asocian y se fraccionan preferencialmente hacia la fase arcillosa; así como también, el Pb en las mismas condiciones oxidantes puede ser acarreado en solución en aguas ácidas, en cambio en condiciones neutrales o en aguas alcalinas el Pb puede ser hidrolizado y precipitado con otros hidróxidos o puede ser absorbido por minerales de arcilla (FAIRBRIDGE 1972). El Rb se asocia con el TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y K<sub>2</sub>O en la fracción arcillosa (DYPVIK & HARRIS 2001), además se observa una alta coherencia entre el Rb y el K, ya que presentan un comportamiento geoquímico parecido, debido a la similitud del radio iónico y sus cargas: Rb<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>, 1,48 Å y 1,33 Å respectivamente (ROMERO 1975, FAIRBRIDGE 1972); también estos mismo autores indican que la absorción del Rb dentro de la estructura de minerales de arcilla como la illita y la montmorillonita se debe a que es mas fuerte y estable que el K. Según ROMERO (1975),

existe una alta coherencia entre el K y el Zn, debido a su presencia en arcillas y al Zn en la materia orgánica, la cual está asociada a su vez a los sedimentos finos arcillosos.

- Además, el núcleo C38 presenta las mayores concentraciones de V y Ni, así mismo, el Cu se presenta únicamente en los núcleos P29 y S4, asociándose estos tres elementos traza con material arcilloso en su fracción orgánica. Las proporciones de estos elementos que se asocian a la fracción orgánica depende fundamentalmente del potencial redox del medio sedimentario al momento de la depositación y durante la diagénesis temprana (?)

El comportamiento químico del núcleo Q3 se caracteriza por un alto contenido de material carbonático, asociado a las altas concentraciones de Ca y Sr. El Sr por su radio iónico similar al Ca, tiende a reemplazarlo dentro de la estructura molecular de los carbonatos. Por otra parte, el As es característico del Q3, éste está asociado a aguas de bajo pH o elevadas temperaturas (ROMERO 1975) y a rocas pegmatíticas (FAIRBRIDGE 1972).

Las variables radiométricas al igual que las químicas (excepto el SiO<sub>2</sub>), presentan un patrón similar en los núcleos P29-S4 y C38-Q3, en cada grupo de núcleos existe una tendencia de aumento o disminución de las cuentas radiométricas y las concentraciones químicas en el mismo sentido, es decir, si disminuyen de oeste a este, disminuye del núcleo P29 al S4 y del C38 al Q3 y viceversa; por lo que entre los núcleos S4 y C38 existe una tendencia contraria.

Debido a la homogeneidad de los valores radiométricos de cada uno de los núcleos, no se pudo definir una asociación radiométrica en específico, aunque aparentemente se observa una correspondencia entre el isótopo radiométrico  $\gamma^{228}\text{Ac}$ , las ventanas  $\gamma\text{F3}$  y  $\gamma\text{F5}$ ; y la asociación química carbonática ya definida, por lo que el resto de las variables radiométricas presentan una tendencia similar con la asociación química siliciclástica y arcillosa ya antes descritas; principalmente con la asociación arcillosa a la cual muchos autores la relacionan. Según EHRENBERG & SVÄNÅ (2001), el  $\gamma^{40}\text{K}$  es un marcador de aluminosilicatos (minerales de arcillas, micas y feldspatos) y tiene un carácter siliciclástico, presentando una correlación lineal con el  $\gamma^{232}\text{Th}$ . Además, los mismos autores indican un enriquecimiento de  $\gamma^{238}\text{U}$  ( $\gamma^{214}\text{Bi}$ )

en las arcillas, y lo interpretan como un reflejo de bajas acumulaciones de materia orgánica en sedimentos marinos, en condiciones anóxicas; también lo asocian a delgadas capas de arcillas de facies carbonáticas poco profundas o a pequeños eventos transgresivos.

En cuanto a la variación vertical de las asociaciones químicas a través de cada uno de los núcleos, se puede observar:

- *Núcleo P29*: se definieron 2 unidades químico-radiométricas principales; QR<sub>P29</sub> I, en la base, la cual se caracteriza por sedimentos de grano fino (tipo arcilla) hacia la base, gradando a grueso (tipo arena) hacia el tope, definiendo desde el punto de vista sedimentológico y químico una asociación química siliciclástica y arcillosa; QR<sub>P29</sub> II, en el tope, y se caracteriza por presentar sedimentos de grano fino (tipo arcilla), y altas concentraciones de Ca y Sr, definiendo una asociación química carbonática.
- *Núcleo S4*: se definieron 2 unidades químico-radiométricas principales; QR<sub>S4</sub> I, en la base, presentando una granulometría fina (tipo arcilla) con algunos niveles dispersos de granulometría más gruesa (tipo arena) hacia la base, mientras que hacia el tope se hace principalmente fina, mostrando una correspondencia química con las asociaciones química siliciclástica y arcillosa, y destacando que algunas muestras presentan concentraciones de V y Ni, lo que se consideran concentraciones anómalas; QR<sub>S4</sub> II, en el tope, se caracteriza por una granulometría gruesa (tipo arena), y correspondiendo químicamente a una asociación carbonática por sus altos valores de Ca y Sr, por otra parte, se destacan valores anómalos de Mg, Pb, Zn y Cu, así como también se muestra que las concentraciones de V y Ni se presentan por debajo del límite de detección.
- *Núcleo C38*: se definieron 2 unidades químico-radiométricas principales; QR<sub>C38</sub> I, en la base, se caracteriza por una granulometría fina y definida como una asociación química arcillosa, con algunos valores anómalos dispersos de Ni; QR<sub>C38</sub> II, en el tope, muestra una granulometría fina (tipo arcilla) hacia la base la cual tiende a aumentar (tipo limo) hacia el tope, correspondiendo a una asociación química arcillosa con alto contenido de materia orgánica y un tope calcáreo.

- *Núcleo Q3*: se definieron 2 unidades químico-radiométricas principales; QR<sub>Q3</sub> I, en la base, se caracteriza por una granulometría gruesa (tipo arena), correspondiendo a una asociación química carbonática, y se destacan algunas muestras que presentan concentraciones de MgO, As y Ni por encima del LD, y de V por debajo del LD en toda la unidad; QR<sub>Q3</sub> II, muestra una granulometría que tiende a ser fina hacia el tope, definiendo una asociación siliciclástica hacia la base y carbonática hacia el tope, mostrando valores anómalos de Mg, V y Ni, y ninguna concentración de As por encima del LD.

En base a la estadística univariante, multivariante y a lo dicho anteriormente, los núcleos P29 y S4 presentan una alta correspondencia sedimentaria, químico y radiométrica, y a su vez se observa una similitud entre las unidades químico-radiométricas definidas en ambos núcleos. Por otra parte, los núcleos C38 y Q3 no comparten las características de los núcleos anteriores y a su vez se muestran textural, química y radiométricamente distintos entre sí.

Esta diferenciación de sedimentación y químico-radiométrica se puede deber posiblemente a que la pluma de sedimentos del Orinoco tiene un movimiento hacia el N-NE, a través de Boca de Dragón, mostrando luego un comportamiento N-NW con dirección al Mar Caribe, dominada por la corriente de Guyana en las zonas someras de la plataforma, por lo que la fracción siliciclástica proveniente del río Orinoco no presenta una progradación activa del frente deltaico hacia el este (KLEIN & LORENZONI 2002, LLANO & BUITRAGO 2002, MÉNDEZ *et al.* 2002). Esto produce que la mayor parte de los sedimentos arenosos se distribuyan paralelos a la línea de costa, al igual que la fracción limosa y arcillosa que proviene del río Orinoco, río Amazonas, Costas de la Guyana Francesa y Surinam, mostrando un avance muy lento del prodelta, ya que está condicionado a la progradación lateral de toda la franja costera deltaica (MÉNDEZ *et al.* 2002).

Por otra parte, la corriente de Guyana define la sedimentación clástica en la plataforma deltaica como una sedimentación mayoritariamente calcárea (MÉNDEZ *et al.* 2002), lo cual explica las altas concentraciones de CaO hacia el tope de cada uno de los núcleos.

Asimismo, LLANO & SANDOVAL (2002), indican un aumento en las concentraciones de  $\text{CaCO}_3$  y materia orgánica hacia el este, marcando una franja entre las profundidades de 130 y 360 m donde ambas variables presentan sus máximas concentraciones. Dicha franja coincide con la ubicación del núcleo Q3. Además, estos mismos autores plantean la posibilidad de que dicha franja represente una antigua línea de costa, lo cual concuerda con las evidencias bioestratigráficas encontradas en el núcleo.

### 5.8. DETERMINACIÓN DEL COLOR MUNSELL

Los núcleos estudiados se caracterizaron por presentar una baja diversidad de colores, según el sistema de clasificación Munsell, el cual arrojó los siguientes resultados:

- P29: gris oliva claro (5Y6/2) al tope, y gris claro (5Y7/2) hacia la base.
- S4: gris oliva claro (5Y6/2) en la unidad  $\text{QR}_{\text{S4}}$  II (tope) y gris claro (5Y7/2) en la unidad  $\text{QR}_{\text{S4}}$  I (base).
- C38: variaciones de gris claro (5Y7/1, 5Y7/2, 2.5Y7/2) a lo largo del núcleo.
- Q3: gris claro (5Y7/2) en la unidad  $\text{QR}_{\text{Q3}}$  II (tope), oliva pálido (5Y6/3) y gris oliva claro (5Y6/2) en las sub-unidades superior e inferior de la unidad  $\text{QR}_{\text{Q3}}$  I.

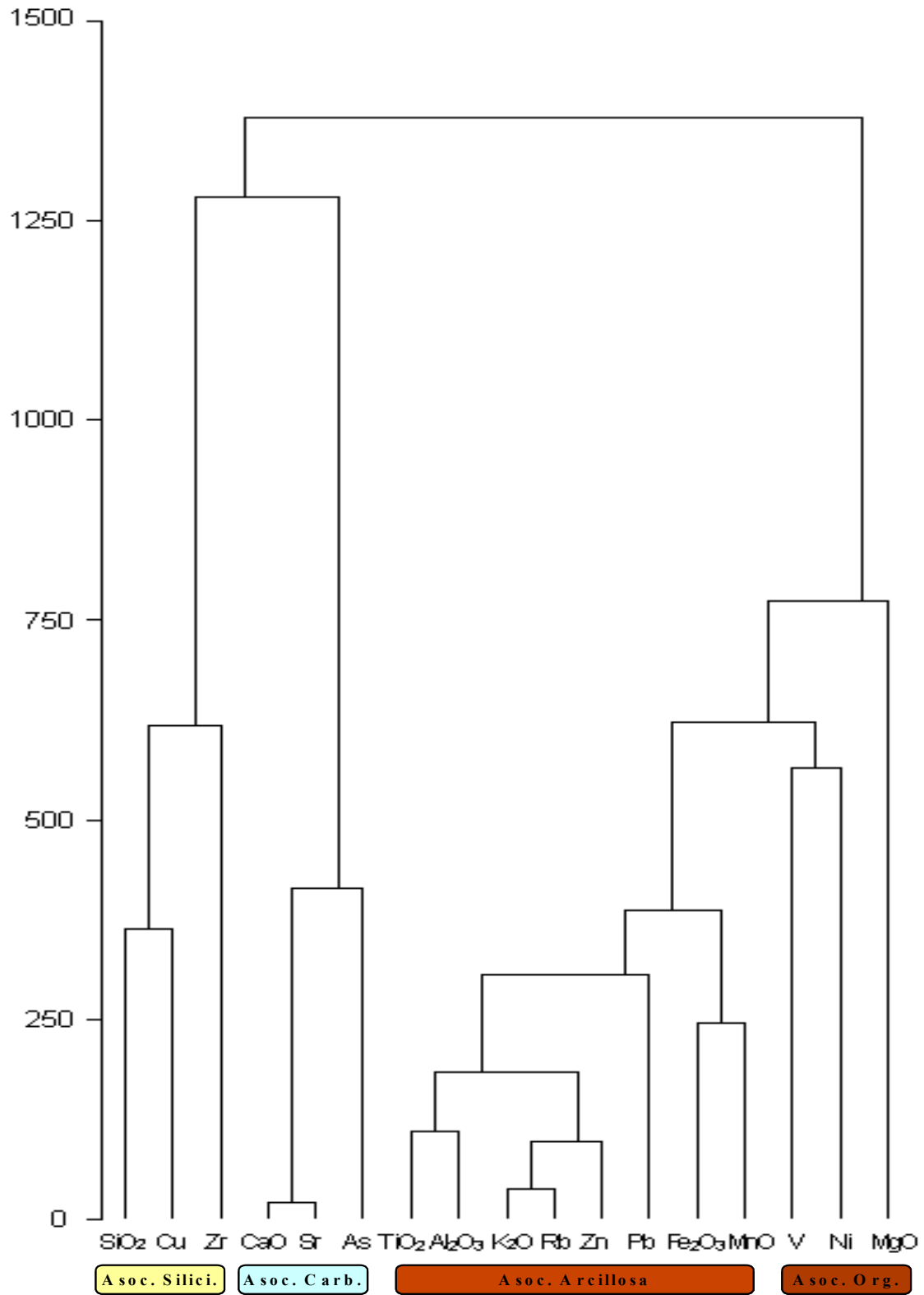
Cabe destacar que las variaciones de estos colores coinciden en su mayoría con las unidades químico-radiométrica definidas, como se pudo observar en los núcleos S4 y Q3; por lo que dichas variaciones están marcadas por los cambios químicos y radiométricos a lo largo de los núcleos, es decir, están condicionadas por la mineralogía y la condiciones físico-químicas de formación.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- La zona de estudio se caracteriza por una sedimentación de granulometría fina a gruesa, desde sedimentos tipo arcilla hasta arena, los cuales caracterizan a cada uno de los núcleos.
- Estos sedimentos presentan una gran diversidad de biota mal preservada, entre los que se destacan fragmentos de bivalvos, miliólidos, foraminíferos bénticos arenáceos y calcáreos, foraminíferos plácticos, entre otros; los cuales tienden a agruparse hacia el núcleo PD-01G Q3, indicando un ambiente de plataforma externa a talud superior y definiendo una edad Pleistoceno sin diferenciar.
- Se observa una tendencia similar de las concentraciones y cuentas de los componentes químicos y variables radiométricas en los primeros dos núcleos (P29 y S4), la cual se repite en los otros dos núcleos (C38 y Q3), visualizándose un aumento de las concentraciones de CaO, Zr y Sr, y de las cuentas del isótopo  $^{228}\text{Ac}$ , y las ventanas F3 y F5, de Oeste a Este, generando una disminución de las restantes variables químicas y radiométricas, a excepción del  $\text{SiO}_2$  que no define un patrón de tendencia semejante a alguna de las variables.
- Se definieron 4 asociaciones de elementos químicos, en base a la relación de estas variables con el tipo de sedimentos y sus tendencias a lo largo de cada uno de los núcleos (Figura 6.1):
  - Asociación Siliciclástica.
  - Asociación Arcillosa.
  - Asociación Orgánica.
  - Asociación Carbonática.

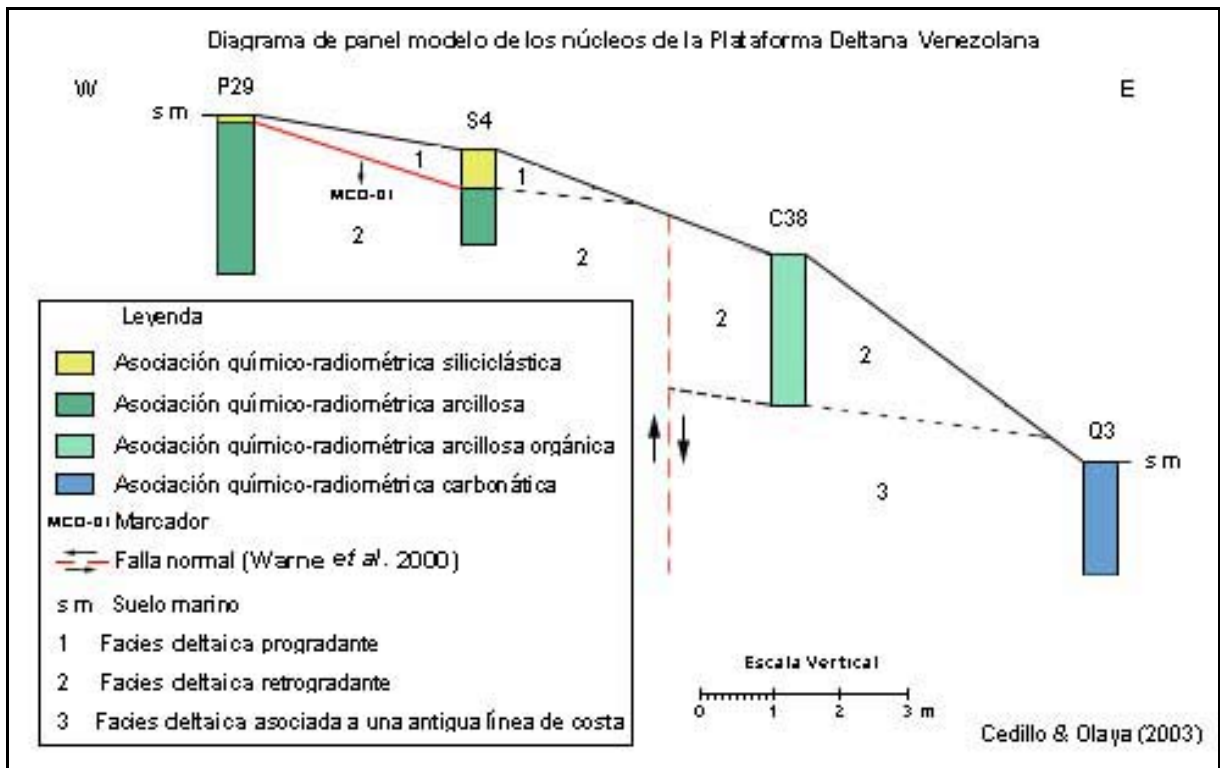




**Figura 6.1.** Asociaciones químicas definidas en base a la relación de estas variables con el tipo de sedimentos (eje vertical en distancia euclidiana, y eje horizontal variables químicas).

- Debido a la homogeneidad de los resultados radiométricos, los cuales no presentan una tendencia definida, no se logró identificar una asociación radiométrica, aunque tienden a estar relacionadas con las variables químicas de la asociación arcillosa ( $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) y carbonática ( $^{228}\text{Ac}$ ).
- Se determinó que los análisis químico-radiométricos están dominados por las variables químicas entre 90-95%, y las variables radiométricas aportan entre 5-10%, es decir, a medida que se aumentan el número de variables a analizar, aumenta el porcentaje de confiabilidad de los resultados.
- Se definieron 2 unidades químico-radiométricas para cada uno de los núcleos, así mismo se pudieron definir sub-unidades químicas en todos los núcleos, ya que en las variables radiométricas no se pudieron observar cambios significativos.
- En base a las asociaciones químicas definidas anteriormente, se estableció una relación directa con las unidades químico-radiométricas interpretadas:
  - *Núcleo P29*:  $\text{QR}_{\text{P29}}$  II = Asociación Carbonática.  
 $\text{QR}_{\text{P29}}$  I = Asociación Siliciclástica-Arcillosa.
  - *Núcleo S4*:  $\text{QR}_{\text{S4}}$  II = Asociación Carbonática.  
 $\text{QR}_{\text{S4}}$  I = Asociación Siliciclástica-Arcillosa.
  - *Núcleo C38*:  $\text{QR}_{\text{C38}}$  II = Asociación Arcillosa-Orgánica.  
 $\text{QR}_{\text{C38}}$  I = Asociación Arcillosa.
  - *Núcleo Q3*:  $\text{QR}_{\text{Q3}}$  II = Asociación Carbonática-Siliciclástica.  
 $\text{QR}_{\text{Q3}}$  I = Asociación Carbonática.
- De acuerdo a los patrones de tendencia químico-radiométricos y los análisis estadísticos univariantes y multivariante, se pudo definir una posible correspondencia entre los núcleos P29 y S4, utilizando como marcador guía su límite entre las unidades principales. Así mismo, se determinó que no existe una correspondencia entre los núcleos C38 y Q3, ni con los núcleos anteriores.

- En base a la bibliografía consultada y a los resultados obtenidos, se interpreta como posibles fuentes de aporte de sedimentos a las formaciones cuaternarias de la Cuenca Oriental de Venezuela, el cratón de Guayana, el río Esequibo y el río Amazonas.
- Se determinó que el núcleo Q3 contiene los sedimentos más antiguos, de características carbonáticas, alto contenido de biota mal preservada y edad Pleistoceno; los cual puede pertenecer a una antigua línea de costa (MÉNDEZ *et al.* 2002, LLANO & SANDOVAL 2002), depositada sincrónicamente con la regresión pleistocénica (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).
- El núcleo C38 se caracteriza por contener las mayores concentraciones de arcillas, las cuales son evidencia de la retrogradación deltaica durante el Pleistoceno, y de similar comportamiento con las unidades basales de los núcleos P29 y S4, pero sin que exista una correlación directa con el núcleo C38, debido a la presencia de un fallamiento normal, posiblemente sinsedimentario (WARNE *et al.* 2000).
- Las unidades superiores de los núcleos P29 y S4, debido a sus características granulométricas y químicas, pueden ser posibles evidencias de la progradación actual del delta. Esta superficie de transición (retrogradación-progradación) coincide con el límite entre las unidades químico-radiométricas principales de los núcleos P29 y S4, el cual se define como el marcador MCO-01, en el diagrama de panel expuesto (Figura 6.2).



**Figura 6.2.** Diagrama de panel modelo de los núcleos P29, S4, C38 y Q3 pertenecientes a la Plataforma Deltana, en el cual se presenta una correlación en base a las asociaciones químico-radiométricas definidas y a las facies progradantes y retrogradantes.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sedimentológicos detallados, para caracterizar la sedimentología de los núcleos.
- Se recomienda hacer estudios bioestratigráficos detallados, los cuales puedan determinar variaciones ambientales y definan rango de edades relativas mas exactas.
- Realizar estudios por difracción de rayos x para la determinación de la mineralogía y así poder asociarla con la data químico-radiométrica, lo cual podría ayudar a definir con mayor exactitud las provincias de aporte.
- Realizar estudios similares en núcleos adyacentes a la zona de trabajo para así ampliar y extrapolar la información sedimentológica, química y radiométrica.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN G. P. 1992 *Sequence stratigraphic analysis in clastic sediments*. Total Centre Scientifique et Technique. Pessac, Francia, 36 p.
- ALMENARA M. & S. OCHOA 2000 *Delta del Orinoco, características sedimentológicas y distribución de facies en el delta inferior y la línea de costa entre los caños Manamo y Macarico*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. Dpto. de Geología, UCV, 169 p.
- AL-GAILANI M. B. 1980 Geochemical identification of unconformities using semi-quantitative x-ray fluorescence análisis. In: *Journal of Sedimentary Petrology*, 50 (4): 1261-1270.
- ARIAS I. & L. CAMPOSANO 2002 *Pruebas para la calibración y optimización del sistema de espectrometría de rayos gamma Amptek MCA8000A "Pocket MCA"*. Informe para el Laboratorio de Difracción y Fluorescencia de rayos X de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Inédito. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela, 32 p.
- ASLAN A., A. G. WARNE, W. A. WHITE, E. H. GUEVARA, R. C. SMYTH, J. A. RANEY AND J. C. GIBEAUT. 2000 Mud volcanoes of the Orinoco Delta, eastern Venezuela. In: *Geomorphology*, 41 (4): 323-336.
- BARNOLA A. 1959 Historia del Campo Pedernales. Creole Petroleum Corporation. In: *III Congreso Geológico Venezolano*, sp.
- BRAMI T. R., C. PIRMEZ, C. ARCHIE, S. HEERALAL & K. HOLMAN 2000 Late Pleistoceno deep water stratigraphy and depositional procesess, offshore Trinidad y Tobago. In: *GCSSEPM Foundation 20<sup>th</sup> Annual Research Conference Deep – Water Reservoirs of the World*: 104-115.

- 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.
- BURKE K., C. COOPER, J. F. DEWEY & J. L. PINDELL 1984 Caribbean tectonics and relative plate motions. In: *BONINI W. E., et al., eds., The Caribbean-South American plate boundary and regional tectonics*: Geological Society of America Memoir, 162: 31-64.
- BUTENKO J. 1978 *Interpretation and assessment of shallow geologic conditions, Orinoco regional survey areas, offshore Orinoco Delta, Venezuela*. McClelland Engineers Geotechnical Consultant, sp.
- & J. BARBOT 1979 Características geotécnicas de los sedimentos marinos costafuera Delta del Orinoco. En: *Fourth Latin American Geological Congress Trinidad and Tobago*: 144-154.
- & J. DAZA 1981 Singularidades geológicas exploradas con el mini submarino del Calipso en Venezuela. *Revista Técnica Intevep Caracas*, 1 (1): 27-35.
- CALZADILLA M. 1978 *Radiometría*. Ediciones Pueblo y Educación, La Habana, 131 p.
- CAMPOSANO L. & N. MARTÍNEZ 2000 *Caracterización química y radiométrica de secciones estratigráficas de las formaciones Barco y Mirador. San Pedro del Río. Edo. Táchira*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. Dpto. de Geología, UCV, 245 p.
- 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 de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Inédito. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela, 47 p.

- CARR-BROWN B. 1972 The Holocene/Pleistocene contact in the offshore area east of Galeota Point, Trinidad, West Indies. *Conferencia Geológica Caribe VI, Porlamar*: 381-382
- CHESTER R. 1990 *Marine Geochemistry*. Unwin Hyman, LTD, London, 698 p.
- COLEMAN J & L. WRIGHT 1975 Modern river deltas: Variability of processes and sand bodies. In: *BROWSAND M., Delta models for exploration*. Houston Geological Society: 99-149.
- DAVIS J. C. 1973. *Statistics and Data Analysis in Geology*. Wiley and Sons, New York, 550 p.
- DIXON W. 1966 *Introducción al Análisis Estadístico*. 2<sup>da</sup> edición. McGraw-Hill, New York, 489 p.
- DYPVIK H. & N. HARRIS 2001 Geochemical facies analysis of fine grained siliciclastics using Th / U, Zr / Rb and (Zr + Rb) / Sr ratios. *Chemical Geology*, 181: 131-146.
- EHRENBERG S. & T. SVÄNÅ 2001 Use of spectral gamma-ray signature to interpret stratigraphic surfaces in carbonate strata: An example from the finmarke carbonate platform (Carboniferous – Permian), Barent Sea. *AAPG Bulletin*, 85 (2): 295-308.
- EISMA D., S. VAN DER GAAST, J. MARTÍN & A. THOMAS 1978 Suspend matter and bottom deposits of the Orinoco Delta: Turbidity, Mineralogy and Elementary composition. *Netherlands Journal of Sea Research*, 12 (2): 224-251.
- ESCAMILLA H. & K. ROMERO 2000 *Distribución de facies sedimentarias, características de los sedimentos en la parte superior del Delta del Orinoco*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. Dpto. de Geología, UCV, 166 p.
- ESTÉVEZ I. 2000 *Estudio quimioestratigráfico del terciario temprano-medio y límite Cretácico-Terciario del occidente venezolano*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. I.C.T. Dpto. de Geoquímica, UCV, sp.



- FAIRBRIDGE R. 1972 *The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences. Encyclopedia of Earth Sciences series, volume IVA*. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Pensilvania, 1321 p.
- FIGUEREDO N. 1984 *Caracterización geoquímica de sedimentos fluviales provenientes de la zona septentrional del estado Bolívar*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. I.C.T. Dpto. de Geoquímica, UCV, 233 p.
- FISHER W. L., L. F. BROWN, A. J. SCOTT & J. H. MCGOWEN 1969 Delta systems in the exploration for oil and gas: A research colloquium: Univ. Texas, *Bur. Econ. Geology*, sp.
- FRIEDLANDER G., J. KENNEDY & J. MILLER 1964. *Nuclear and radiochemistry*. 2da. Ed. John Wiley & Sons Inc. New York/London/Sydney, 584 p.
- GALLOWAY W. 1975 Process framework for describing the morphology and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: *BROWSAND M., Delta models for exploration*. Houston Geological Society: 87-98.
- GIBBS R. 1967 The Geochemistry of the Amazon River System: Part I. The Factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. *Geological Society of America Bulletin*, 78: 1203-1232.
- GONZÁLEZ DE JUANA C, J. ITURRALDE & X. PICARD 1980 *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Tomos I-II. Edit. Foninves, Caracas, 1031 p.
- GONZÁLEZ L. & G. SÁNCHEZ 2001 *Caracterización geoquímica y radiométrica de dos secciones estratigráficas de la formación La Luna, edo. Táchira*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. Dpto. de Geología, UCV, 230 p.
- HARBAUGH J. & MERRIAM 1968 *Computer applications in stratigraphic analysis*. John Wiley and Sons Inc., New York/London/Sydney, 282 p.

- 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.
- IRINO T. & T. F. PEDERSEN 2000 Geochemical character of glacial to interglacial sediments at site 1017, southern Californian margin: minor and trace elements. In: *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, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A, México, 630 p.
- JORGENSEN N. 1986. Chemostratigraphy of upper Cretaceous chalk in the Danish subbasin. *AAPG Bulletin*, 70 (3): 309-317.
- KENDALL M. 1980 *Multivariate analysis*. Second edition, Ed. Charlers Griffin & Company LTD, 210 p.
- KLEIN E. & L. LORENZONI 2002 Comportamiento e influencia de la pluma del Orinoco en la Fachada Atlántica de Venezuela. En: *Primer Simposio Fachada Atlántica de Venezuela, en el marco de la LII Convención Anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (AsoVac) 2002, Barquisimeto*: 15.
- LLANO M. & F. BUITRAGO 2002 Dinámica de sedimentos en la Fachada Atlántica Venezolana deducida del análisis vectorial del tamaño medio de los granos del sedimento. En: *Primer Simposio Fachada Atlántica de Venezuela, en el marco de la LII Convención Anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (AsoVac) 2002, Barquisimeto*: 19.
- & G. SANDOVAL 2002 Distribución de carbonato cálcico y materia orgánica presentes en los sedimentos superficiales de la Fachada Atlántica Venezolana. En: *Primer Simposio Fachada Atlántica de Venezuela, en el marco de la LII Convención Anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (AsoVac) 2002, Barquisimeto*: 21.

- LU H., R. MATSUMOTO & Y. WATANABE 2000 Data Report: Major element geochemistry of the sediments from site 997, Blake Ridge, Western Atlantic. In: *PAULL C. K., MATSUMOTO R., WALLACE P. J. & DILLON W. P., Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, (164): 147-149.
- MASON B. 1960 *Principles of Geochemistry*. John Wiley, New York, 329 p.
- MÉNDEZ J. 2000 Delta del Orinoco (Geología). *Bol. Geol. Caracas*, Publicación Especial N° 13: 14-121.
- , T. TOSSIANI, C. YÁNEZ, A. RAMÍREZ & S. LO MÓNACO 2002 Delta del Orinoco: Progradación y avance del prodelta sobre la plataforma y talud deltaico. En: *Primer Simposio Fachada Atlántica de Venezuela, en el marco de la LII Convención Anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (AsoVac) 2002, Barquisimeto*: 32.
- 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 135°W: Tracking sedimentary major, trace, and rare earth element fluxes at the equator and the Intertropical Convergence Zone. *Geochimica and Cosmochimica 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. *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 60 (20): 3869-3878.

- 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.
- NOGUERA, M. & S. YÉPEZ. 2002 *Caracterización química de secciones estratigráficas: formaciones Naricual y Querecual, estados Anzoátegui y Monagas*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. Dpto. de Geología, UCV, 282 p.
- NORTH C. & M. BOERINGS 1999 Spectral Gamma – ray logging for facies discrimination in mixed fluvial-eolian successions: A cautionary tale. *AAPG Bulletin*, 83 (1): 155-169.
- NOTA D. J. 1958 Sediments of the western Guiana Shelf (Reports of the Orinoco Shelf expedition, Vol. II). *Wageningen, Landbouwhoghschool Meded.*, 58 (2): 1-98.
- OLTMAN R. E. 1965 Some observations of Amazon River hidrology. *South Carolina Engineer*, 16 (1): 6-12.
- PALACIOS N. 2001 *Evaluación de riesgos geológicos y geotécnicos en un área costa afuera del Delta del Orinoco*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. Dpto. de Geofísica, UCV, 99p.
- 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. In: *Non-biostratigraphical methods of datin and correlation. Geological Society special publication*. (89): 107-143.
- PEINADO A. 2001 *Geoestadística Básica*. Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED). Inédito, Caracas, 232 p.
- 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. In: *LECKIE R.*

- M., SIGURDSSON H., ACTON G. D. & DRAPER G., *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, (165): 115-124.
- POCKNALL D. T., L. WOOD, A. GEEN, B. HARRY & R. HEDLUND 2001 Integrated paleontological studies of Plioceno to Pleistoceno deposits of the Orinoco Delta, eastern Venezuela and Trinidad. In: *GOODMAN D. & CLARKE R., Proceedings of the IX International Palynological Congress*. AASPF, Houston: 319-326.
- RINCÓN G., A. R. GONZÁLEZ, F. PÁRRAGA, M. HOYER & E. WILDERMAN 2002 Estudio de altimetría satelital en la Fachada Atlántica de Venezuela. En: *Primer Simposio Fachada Atlántica de Venezuela, en el marco de la LII Convención Anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (AsoVac) 2002*, Barquisimeto: 16.
- RODRÍGUEZ N., A. RUIZ & E. TUNDIDOR 2000 *Caracterización Química por Fluorescencia de Rayos X y Radioisotopía por Espectrometría Gamma Multicanal de dos Secuencias Estratigráficas de la Formación Guárico, El Pao, Edo. Cojedes*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. Dpto. de Geología, UCV, 263 p.
- ROLLINSON H. 1993 *Using Geochemical Data: Evaluation, presentation, interpretation*. Longman Scientific & Technical, New York, 352 p.
- ROMERO H. 1975 *Distribución de elementos en sedimentos de fondo del río Orinoco: Influencia de la granulometría y el transporte*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. Dpto. de Geología, UCV, 109 p.
- SCHROEDER J. O., R. W. M 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.
- SKOOG D., F. JAMES HOLLY & T. NIEMAN 1992 *Principios de Análisis Instrumental*. 5<sup>ta</sup> edición. McGraw-Hill, Madrid, 1028 p.

SPIEGEL M. 1988 *Estadística (Serie Schaum)*. Mc Graw- Hill, Madrid, 532 p.

STAINFORTH R. M. 1978 ¿Was it the Orinoco?. *AAPG Bulletin*, 62 (2): 303-306.

STRAHLER A. & A. STRAHLER 1997 *Physical Geography*. John Wiley & Sons, Inc., New-York, 637 p.

VAN ANDEL T. 1955 Recent sedimentation on the Orinoco shelf. *Journal of Sedimentary Petrology*, 25 (2): 140.

----- & P. SACHS 1964 Sedimentation in the Gulf of Paria during the Holocene transgression; a subsurface acoustic reflection study. *Journal of Marine Research*, 22 (1): 30-50.

----- 1967 The Orinoco Delta. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37 (2): 297-310.

WARNE A. G., R. H. MEADE, W. A. WHITE, E. H. GUEVARA, J. GIBEAUT, R. C. SMYTH, A. ASLAN & T. TREMBLAY 2000 Regional controls on geomorphology, hydrology, and ecosystem integrity in the Orinoco Delta, Venezuela. In: *Geomorphology*, 44 (12): 273-307.

WOOD L. J. 2000 Chronostratigraphy and tectonostratigraphy of the Columbus Basin, eastern offshore Trinidad. In: *AAPG Bulletin*, 84 (12): 1905-1928.

YARINCIK K. M. & R. 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. MURRAY, T. LYONS, L. PETERSON & G. 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.

ZANNIN, G. & N. MARIÑO 1983 *Estudio geológico y geoquímico preliminar de las fuentes termales, aguas sulfurosas y volcanismo sedimentario del edo. Monagas y Territorio Federal Delta Amacuro*. Trabajo Especial de Grado, Inédito. Dpto. de Geología, UCV, 492 p.

## APÉNDICE I

## Peso (gr) de las muestras por núcleo

# Muestra	Muestra Húmeda	Fracción Gruesa	Fracción Fina Hum.	Fracción Fina Seca
P29-1	26,1	2	24,1	8,1
P29-2	37,7	2,7	35	11,3
P29-3	29,4	1	28,4	9,6
P29-4	31,2	1,3	29,9	10,7
P29-5	36,4	3	33,4	12,2
P29-6	36,5	3,4	33,1	11,7
P29-7	36,1	3,1	33	11,2
P29-8	34,2	3,4	30,8	9,3
P29-9	43,5	8,7	34,8	10,9
P29-10	65,1	17,4	47,7	19,5
P29-11	62,6	13	49,6	22,5
P29-12	73,4	10,1	63,3	19,8
P29-13	67,5	9,4	58,1	15,8
P29-14	77	5,7	71,3	20,1
P29-15	69,6	4	65,6	32,8
P29-16	79,9	2,7	77,2	33,8
P29-17	62,8	2	60,8	32,3
P29-18	49,2	0,8	48,4	28,2
P29-19	73,5	1,3	72,2	40,6
P29-20	44,4	0,5	43,9	20,4
P29-21	53,7	1,7	52	27,6
P29-22	48,3	0,7	47,6	23,9
P29-23	41,4	0,5	40,9	18,7
P29-24	37,8	0,1	37,7	15,1
P29-25	48,3	0,2	48,1	15,8
P29-26	52,6	0	52,6	30,5
P29-27	52,1	0	52,1	25
P29-28	49,8	0	49,8	23,3
P29-29	42,8	0	42,8	19,1
P29-30	42,9	0	42,9	17,2
P29-31	43,4	0,2	43,2	19,4
P29-32	39,3	0	39,3	18,7
P29-33	45,8	0	45,8	20,3
P29-34	49,2	0	49,2	22,6
P29-35	48,8	0	48,8	21,3
P29-36	69	0	69	30,7
P29-37	50	0	50	23,4
P29-38	48,3	0	48,3	30
P29-39	61,6	0	61,6	26,6
P29-40	49,2	0	49,2	20,8
P29-41	60,1	0	60,1	27,4
P29-42	66,3	0	66,3	32,4
P29-43	45,3	0	45,3	19,1
P29-44	64,6	0	64,6	32,3
P29-45	61,8	0	61,8	26,7
P29-46	42,5	0	42,5	19
P29-47	76,7	0	76,7	45,2
P29-48	56,7	0	56,7	24,6
P29-49	52,8	0	52,8	22,8
P29-50	67	0	67	38,8
P29-51	58	0	58	25
P29-52	51,5	0	51,5	22,3
P29-53	47,4	0,1	47,3	23,6
P29-54	50,8	0	50,8	24,1
P29-55	57,3	0	57,3	27,9
P29-56	50,8	0	50,8	24,6
P29-57	50,4	0	50,4	22,8
P29-58	41,9	0,1	41,8	16,7
P29-59	42,8	0	42,8	21
P29-60	43,7	0	43,7	18,2



P29-61	51	0	51	25,5
P29-62	57,1	0,1	57	25,8
P29-63	54,7	0	54,7	34,8
P29-64	38,5	0	38,5	17,5
P29-65	40	0	40	17,1
P29-66	56,3	0	56,3	32
P29-67	36,3	0	36,3	15,5
P29-68	36,3	0	36,3	15,8
P29-69	29,5	0	29,5	13,7
P29-70	37,5	0	37,5	15,4
P29-71	51,4	0	51,4	27
P29-72	49,9	0	49,9	23,3
P29-73	53,9	0	53,9	28,4
P29-74	42,3	0,1	42,2	18,7
P29-75	49,4	0	49,4	26,8
P29-76	60,8	0	60,8	37,6
P29-77	39,7	0	39,7	17,6
P29-78	38,7	0	38,7	16,6
P29-79	30,8	0	30,8	14,1
P29-80	52,2	0	52,2	31,7
P29-81	49,4	0	49,4	26,6
P29-82	36,9	0	36,9	17,7
P29-83	40	0	40	21,8
P29-84	45,2	0	45,2	23,3
P29-85	45,3	0	45,3	21
P29-86	47,8	0	47,8	23,9
P29-87	42,7	0	42,7	22,8
P29-88	46	0	46	22,6
P29-89	43,1	0	43,1	19,5
P29-90	50,6	0	50,6	27
P29-91	45,3	0	45,3	24,4
P29-92	47,3	0	47,3	23,2
P29-93	45	0	45	24,2
P29-94	31,2	0	31,2	16,1
P29-95	40,3	0	40,3	17,3
P29-96	42,3	0	42,3	21
P29-97	34,8	0	34,8	15
P29-98	44,8	0	44,8	22,2
P29-99	53,8	0	53,8	31,5
P29-100	40,8	0	40,8	19,3
P29-101	48,7	0	48,7	23,8
P29-102	36,4	0	36,4	17
P29-103	47,1	0	47,1	22,4
P29-104	49,7	0	49,7	28,3
P29-105	42	0	42	22,1
P29-106	44,3	0	44,3	22,3
P29-107	18,5	0	18,5	15,3
P29-108	41,6	0	41,6	9,8
P29-109	47,3	0	47,3	26,5
P29-110	42,8	0	42,8	25,5
P29-111	37,5	0	37,5	17,4
P29-112	44,5	0	44,5	21,4
P29-113	48	0	48	25,1
P29-114	35,1	0	35,1	19,8
P29-115	43,8	0	43,8	22,2
P29-116	38	0	38	25,8
P29-117	20,1	0	20,1	7,3

# Muestra	Muestra Húmeda	Fracción Gruesa	Fracción Fina Hum.	Fracción Fina Seca
S4-1	49,8	6,4	43,4	23,8
S4-2	50,5	7,9	42,6	18,5
S4-3	56,7	9,1	47,6	24,4
S4-4	47,4	10,8	36,6	20,5
S4-5	51,4	8,3	43,1	23,9
S4-6	52,4	9,1	43,3	25,7
S4-7	47,8	10	37,8	20,3
S4-8	51,5	8,4	43,1	23,2
S4-9	55,5	8,1	47,4	25,1
S4-10	59,8	8,4	51,4	28,1
S4-11	62,7	16,8	45,9	23,3
S4-12	61,4	12,8	48,6	28
S4-13	70,6	13,3	57,3	32,3
S4-14	66,4	7,7	58,7	35,7
S4-15	77,8	4,4	73,4	25,8
S4-16	55	3,2	51,8	50,1
S4-17	61,2	6,3	54,9	29,2
S4-18	62,6	3,7	58,9	32,2
S4-19	70,4	5,3	65,1	40
S4-20	60,7	4,7	56	33,5
S4-21	70,2	4,3	65,9	33
S4-22	61,7	2,5	59,2	32,3
S4-23	61,9	0,7	61,2	26,9
S4-24	63,7	0,3	63,4	26
S4-25	56,8	0,2	56,6	25,1
S4-26	60,6	3	57,6	28,9
S4-27	74,9	3,7	71,2	42,2
S4-28	66,6	2,3	64,3	36,4
S4-29	54,5	0,3	54,2	28,6
S4-30	42,3	0,1	42,2	18,3
S4-31	57,3	0,7	56,6	27,7
S4-32	50,4	0,2	50,2	26,1
S4-33	40,4	0,1	40,3	19,2
S4-34	50,2	0	50,2	24,2
S4-35	59,4	0	59,4	28,9
S4-36	76,6	0,7	75,9	47,2
S4-37	67,8	0,1	67,7	35,2
S4-38	58,6	0,3	58,3	29,9
S4-39	53,9	0	53,9	23,7
S4-40	61,6	0	61,6	28,2
S4-41	61,3	0	61,3	29,3
S4-42	53,6	0	53,6	23,8
S4-43	40	0,1	39,9	16,9
S4-44	48,5	0,2	48,3	24,5
S4-45	56,7	0	56,7	26,9
S4-46	37,1	0	37,1	16
S4-47	40,7	0	40,7	23,7
S4-48	50,2	0	50,2	36,1
S4-49	40,2	0	40,2	27,4
S4-50	44,7	0	44,7	29,7
S4-51	43,9	0	43,9	21,4
S4-52	46,4	0	46,4	22,2
S4-53	54,8	0	54,8	36,2
S4-54	45,3	0	45,3	31,1
S4-55	60,9	0	60,9	37,7
S4-56	50	0	50	23
S4-57	48,3	0	48,3	23,4
S4-58	42,8	0	42,8	21,6
S4-59	53	0	53	30,5
S4-60	66,5	0	66,5	33,8
S4-61	74,4	0	74,4	39
S4-62	55,2	0	55,2	26,8
S4-63	51,1	0	51,1	29,6
S4-64	75,2	0	75,2	51,4
S4-65	77	0	77	61,4
S4-66	36	0	36	24,6
S4-67	48,7	0	48,7	24,5
S4-68	17,7	0	17,7	3,3

# Muestra	Muestra Húmeda	Fracción Gruesa	Fracción Fina Hum.	Fracción Fina Seca
C38-1	17,8	0,8	17	4,3
C38-2	29,4	1,2	28,2	11,9
C38-3	39,4	0	39,4	16,9
C38-4	39,3	0	39,3	17,5
C38-5	38,8	0	38,8	18,2
C38-6	32,5	0	32,5	12,9
C38-7	46,8	0	46,8	22,7
C38-8	39,8	0	39,8	16,1
C38-9	41,2	0	41,2	18,5
C38-10	45,7	0,1	45,6	22,5
C38-11	31,8	0	31,8	14
C38-12	34,9	0	34,9	14,9
C38-13	37,1	0	37,1	16,5
C38-14	29,6	0	29,6	11,7
C38-15	34,5	0,7	33,8	13,4
C38-16	36,8	0	36,8	14,8
C38-17	45,8	0	45,8	17,9
C38-18	44,1	0	44,1	17,5
C38-19	38,8	0,5	38,3	15,2
C38-20	52,9	0	52,9	23,8
C38-21	32,8	0,6	32,2	12,7
C38-22	61,2	0,7	60,5	26,6
C38-23	39,5	0	39,5	18
C38-24	35,7	0	35,7	16,7
C38-25	39,3	1	38,3	19,9
C38-26	55,4	0,8	54,6	28,3
C38-27	47,3	1,2	46,1	23,7
C38-28	40,6	0	40,6	19,4
C38-29	47	0	47	23,4
C38-30	43,4	0	43,4	20,7
C38-31	39,3	0	39,3	19,2
C38-32	44,7	0	44,7	22,6
C38-33	42,1	0	42,1	20,8
C38-34	27,5	0	27,5	12,2
C38-35	41,7	0	41,7	20,2
C38-36	47	0	47	22,6
C38-37	50,6	0	50,6	25,6
C38-38	48,7	0	48,7	24,9
C38-39	45,4	0	45,4	22,4
C38-40	46,2	0,7	45,5	22,6
C38-41	41	1,2	39,8	19,5
C38-42	44,8	0	44,8	21,7
C38-43	42,5	0	42,5	20,7
C38-44	44,1	0	44,1	21,4
C38-45	41,7	0	41,7	19,9
C38-46	29,8	0	29,8	13,3
C38-47	39,4	0	39,4	18,8
C38-48	48,6	0	48,6	25,5
C38-49	39,6	1,2	38,4	19,8
C38-50	46	0	46	22,6
C38-51	48,8	0	48,8	23,4
C38-52	45,4	0	45,4	24,7
C38-53	40,5	0	40,5	20,2
C38-54	46,5	0	46,5	23,7
C38-55	43,4	0	43,4	22,7
C38-56	42,8	0	42,8	20,8
C38-57	42,8	0	42,8	20,9
C38-58	37,8	0	37,8	16,9
C38-59	42	0,3	41,7	20,6
C38-60	34,7	0	34,7	16,6
C38-61	51,7	0	51,7	26,8
C38-62	39	0	39	20,2
C38-63	47,3	0	47,3	23,1
C38-64	44,7	0	44,7	22,7
C38-65	35	0	35	17

C38-66	35,3	0	35,3	17,3
C38-67	37	0,6	36,4	17,7
C38-68	52,4	0	52,4	26,7
C38-69	39,7	0	39,7	19,2
C38-70	48,3	0	48,3	23,4
C38-71	44,4	0	44,4	22,9
C38-72	38	0	38	16,5
C38-73	38,6	0,8	37,8	18,5
C38-74	42,5	0	42,5	16,8
C38-75	45,2	0	45,2	21
C38-76	39,3	0,7	38,6	16,7
C38-77	42,5	0	42,5	19,2
C38-78	37,4	0	37,4	16
C38-79	34,8	0	34,8	15,1
C38-80	34,8	0,3	34,5	14,6
C38-81	41,3	0	41,3	17,4
C38-82	37,4	0	37,4	19,9
C38-83	45,9	0	45,9	20,8
C38-84	39,5	0,3	39,2	17,7
C38-85	47,4	0	47,4	21
C38-86	47,5	0,9	46,6	19,4
C38-87	39,8	0	39,8	17
C38-88	36,5	0	36,5	14,5
C38-89	45,4	0	45,4	20
C38-90	27,2	0,3	26,9	9,6
C38-91	35,6	0	35,6	13,6
C38-92	27,2	0	27,2	9,8
C38-93	40,2	0	40,2	17,8
C38-94	38,5	0	38,5	16,4
C38-95	43,3	0,3	43	19,9
C38-96	38,1	0,3	37,8	14,9
C38-97	42,2	0	42,2	17,8
C38-98	41,7	0	41,7	19,3
C38-99	36,6	0,4	36,2	16
C38-100	29,1	0	29,1	12,2
C38-101	29,2	0	29,2	12,3
C38-102	29,1	0	29,1	12,3
C38-103	38,6	0	38,6	17,6
C38-104	28,1	0,6	27,5	12
C38-105	35,7	0	35,7	14,9
C38-106	47,2	0,4	46,8	19,9
C38-107	40,5	0	40,5	18,5
C38-108	44,6	0	44,6	20,8
C38-109	36,2	0	36,2	7,2

# Muestra	Muestra Húmeda	Fracción Gruesa	Fracción Fina Hum.	Fracción Fina Seca
Q3-1	15,8	0,4	15,4	3,9
Q3-2	46,8	0,9	45,9	17,6
Q3-3	40,2	0,8	39,4	14,9
Q3-4	49,1	0,8	48,3	13,6
Q3-5	41	0,7	40,3	13,2
Q3-6	44,1	0,8	43,3	16,7
Q3-7	37,5	0,7	36,8	13,7
Q3-8	41,5	0,9	40,6	15,2
Q3-9	36,1	0,8	35,3	12,9
Q3-10	42	0,5	41,5	14
Q3-11	45,6	0,6	45	15
Q3-12	41,6	0,4	41,2	15,8
Q3-13	43	0,3	42,7	15,3
Q3-14	40,6	0,6	40	14,8
Q3-15	45,3	0,3	45	18,6
Q3-16	40,6	0,3	40,3	15,8
Q3-17	46,5	0,7	45,8	19
Q3-18	40,7	0,8	39,9	15,4
Q3-19	38,2	0,6	37,6	13,8
Q3-20	37,9	0,6	37,3	13,7
Q3-21	37,8	0,6	37,2	14,6
Q3-22	35,5	0,8	34,7	16,6
Q3-23	42,9	0,8	42,1	13,9
Q3-24	39,2	0,7	38,5	16,1
Q3-25	36,1	0,7	35,4	15
Q3-26	35,4	0,7	34,7	12,8
Q3-27	37,8	0,9	36,9	15
Q3-28	45,7	0,7	45	17,9
Q3-29	35,2	0,8	34,4	13,6
Q3-30	43,5	1	42,5	18,1
Q3-31	47,9	0,7	47,2	18,8
Q3-32	38	1	37	14,3
Q3-33	39,5	0,9	38,6	15,2
Q3-34	38,2	0,6	37,6	15
Q3-35	40,9	0,8	40,1	16,9
Q3-36	32,7	0,8	31,9	12,7
Q3-37	40,5	1,9	38,6	15
Q3-38	40,7	1	39,7	16,8
Q3-39	48,3	1,1	47,2	20,2
Q3-40	39,4	0,7	38,7	15,4
Q3-41	30,8	0,3	30,5	12,3
Q3-42	35,4	0,3	35,1	14,9
Q3-43	32,2	0,5	31,7	12,9
Q3-44	38,7	0,4	38,3	16,7
Q3-45	35,4	0,4	35	15,3
Q3-46	43,3	0,5	42,8	17,8
Q3-47	42,2	0,5	41,7	17,4
Q3-48	44,4	0,5	43,9	18,8
Q3-49	35,6	0,5	35,1	13,8
Q3-50	35	0,4	34,6	13,3
Q3-51	26,2	1,8	24,4	7,4
Q3-52	51	6,1	44,9	14,7
Q3-53	40	4,8	35,2	11,9
Q3-54	43,6	3,2	40,4	14,1
Q3-55	45,7	3,3	42,4	15
Q3-56	44,4	4,5	39,9	15,1
Q3-57	41,6	4,6	37	10,2
Q3-58	49	5,8	43,2	14,7
Q3-59	40,4	4,5	35,9	12,6
Q3-60	37,5	3,3	34,2	11,8
Q3-61	41,5	5,3	36,2	13,8
Q3-62	48,2	4,6	43,6	14,2
Q3-63	45,2	3	42,2	13,4
Q3-64	54,2	4	50,2	14,9
Q3-65	45,9	2	43,9	17,3

Q3-66	45,3	1,4	43,9	19,3
Q3-67	44,8	1,5	43,3	16,8
Q3-68	43,3	2,5	40,8	18,3
Q3-69	44,2	1,8	42,4	15
Q3-70	41,3	2,3	39	11,8
Q3-71	41,8	2,2	39,6	7,3
Q3-72	37,8	2,3	35,5	12,3
Q3-73	40,6	2,1	38,5	14,2
Q3-74	37,3	0,9	36,4	15,1
Q3-75	38,2	1,7	36,5	14,7
Q3-76	38,8	1,8	37	14
Q3-77	41,3	0,8	40,5	17,1
Q3-78	39,5	1,1	38,4	15,6
Q3-79	45,4	1,1	44,3	20
Q3-80	38,8	0,6	38,2	15,7
Q3-81	37,7	0,7	37	15,4
Q3-82	22	0,3	21,7	6,5

APÉNDICE II

Tabla General Química del núcleo P29

MUESTRA	Prof. (cm)	Componentes Mayoritarios (%)								Elementos Trazas (ppm)							
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO (0,03)	MgO (1,00)	CaO	K <sub>2</sub> O	V (30)	Zr (107)	Sr (40)	Rb (70)	Pb (36)	Zn (60)	Cu (110)	Ni (260)
P29-1	1	50,89	0,58	12,57	5,94	0,03	1,00	7,09	1,74	30	136	320	199	38	94	110	260
P29-2	3	51,51	0,58	13,57	5,68	0,04	1,00	6,95	1,68	30	156	312	198	45	86	110	260
P29-3	5	51,42	0,58	13,88	5,90	0,03	1,22	6,54	1,76	30	144	300	194	50	92	110	260
P29-4	7	51,65	0,57	12,72	5,67	0,03	1,00	6,60	1,68	30	159	317	193	53	91	110	278
P29-5	9	51,29	0,58	13,34	5,50	0,03	2,07	6,88	1,67	30	150	310	186	41	93	110	260
P29-6	11	52,15	0,56	12,71	5,59	0,04	1,00	6,52	1,67	30	142	311	195	51	89	110	260
P29-7	13	51,95	0,56	11,46	5,57	0,03	1,00	6,54	1,63	30	133	305	192	45	99	110	260
P29-8	15	52,38	0,53	11,61	5,30	0,03	1,00	6,51	1,58	30	145	295	177	41	83	110	260
P29-9	17	52,41	0,46	10,69	4,58	0,02	1,00	7,86	1,35	30	165	317	136	36	69	110	260
P29-10	19	53,57	0,42	9,67	4,10	0,02	1,00	8,02	1,22	30	198	312	120	36	60	110	260
P29-11	21	53,03	0,49	10,98	4,61	0,03	1,00	7,36	1,35	30	201	314	138	36	75	110	260
P29-12	23	57,58	0,54	10,51	4,05	0,03	1,00	5,32	1,23	30	265	238	120	36	68	110	260
P29-13	25	58,26	0,62	11,15	4,64	0,04	1,00	4,04	1,38	30	245	209	145	43	76	110	262
P29-14	27	59,02	0,63	9,71	4,61	0,06	1,00	2,71	1,46	30	286	165	153	39	81	110	260
P29-15	29	58,73	0,63	11,64	4,88	0,05	1,00	3,22	1,51	30	229	187	156	43	77	110	260
P29-16	31	59,85	0,71	14,97	5,08	0,05	1,55	2,52	1,57	30	257	158	167	40	93	110	260
P29-17	33	63,48	0,73	12,78	4,74	0,05	1,00	1,28	1,53	30	286	115	161	36	84	110	260
P29-18	35	64,58	0,68	12,27	4,33	0,05	4,68	1,09	1,35	30	312	108	134	36	63	110	260
P29-19	37	65,75	0,67	9,94	4,00	0,04	1,00	1,07	1,37	30	324	98	138	36	67	110	260
P29-20	39	61,46	0,79	15,31	5,62	0,07	1,03	1,12	1,71	30	253	118	184	44	98	110	260
P29-21	41	64,73	0,66	12,34	4,18	0,05	2,90	1,70	1,34	30	319	114	126	36	70	110	260
P29-22	43	65,64	0,69	10,61	4,07	0,04	1,00	1,08	1,39	30	359	101	146	36	61	110	260
P29-23	45	59,88	0,76	12,58	5,50	0,07	1,00	2,45	1,63	30	243	178	194	46	81	110	260
P29-24	47	60,05	0,78	13,47	5,60	0,06	1,00	1,99	1,71	30	232	161	190	37	90	110	260
P29-25	49	62,17	0,74	13,01	5,10	0,07	3,77	0,61	1,64	30	278	82	162	36	85	110	260
P29-26	51	64,44	0,72	12,69	4,44	0,04	2,92	0,47	1,50	30	307	70	145	41	76	110	260
P29-27	53	59,89	0,82	15,27	5,83	0,07	4,01	0,70	1,76	30	282	100	201	47	102	110	260
P29-28	55	60,71	0,83	13,45	6,23	0,08	1,00	0,67	1,83	30	293	104	220	47	104	110	260
P29-29	57	61,75	0,85	15,33	5,66	0,06	1,04	0,42	1,88	30	256	90	214	45	90	110	260
P29-30	59	58,95	0,83	14,50	6,99	0,11	1,00	0,85	1,93	30	192	121	229	58	114	110	260
P29-31	61	59,40	0,91	15,71	6,78	0,09	1,00	0,40	2,13	34	172	104	241	66	123	110	260
P29-32	63	62,39	0,84	15,35	5,71	0,09	3,13	0,45	1,78	30	239	89	198	45	103	110	260
P29-33	65	68,21	0,79	11,41	3,94	0,04	3,02	0,34	1,36	30	397	67	136	41	69	110	260
P29-34	67	59,17	0,89	16,22	6,63	0,07	1,00	0,39	2,04	30	194	98	240	54	103	110	260
P29-35	69	60,53	0,92	17,51	6,28	0,08	1,00	0,35	1,95	30	189	97	232	59	126	110	260
P29-36	71	62,63	0,87	12,57	5,42	0,08	1,00	0,39	1,75	30	265	84	191	51	106	110	274
P29-37	73	63,99	0,86	14,31	5,18	0,07	2,05	0,34	1,59	30	273	88	179	54	98	110	260
P29-38	75	63,07	0,85	14,93	5,35	0,07	2,86	0,34	1,63	30	271	82	188	54	109	110	260
P29-39	77	55,54	0,89	19,90	6,78	0,11	5,89	0,38	2,04	31	167	106	246	69	114	110	260
P29-40	79	56,47	0,89	19,13	7,20	0,12	3,50	0,41	2,13	30	156	108	261	67	137	110	260
P29-41	81	61,10	0,82	15,87	5,87	0,08	3,08	0,38	1,86	30	201	90	212	49	99	110	260
P29-42	83	68,50	0,66	12,59	3,71	0,03	3,43	0,34	1,34	30	279	67	143	36	81	110	260
P29-43	85	60,21	0,90	18,55	5,71	0,08	5,45	0,40	1,95	30	240	93	210	55	104	110	260
P29-44	87	68,45	0,82	13,49	4,12	0,04	1,00	0,35	1,55	30	328	73	160	37	81	110	260
P29-45	89	60,90	0,78	17,97	5,30	0,08	6,93	0,38	1,73	30	226	79	181	46	94	110	260
P29-46	91	64,92	0,79	15,25	4,84	0,04	1,12	0,34	1,73	30	269	78	175	47	101	154	260
P29-47	93	65,49	0,78	13,40	4,56	0,05	1,92	0,35	1,60	30	323	74	166	48	78	110	260
P29-48	95	57,11	0,88	17,16	7,31	0,14	2,74	0,46	2,07	30	149	108	252	61	117	110	260
P29-49	97	59,13	0,87	14,49	6,73	0,10	1,00	0,52	1,93	30	185	105	228	50	112	110	260
P29-50	99	65,83	0,78	11,14	4,71	0,07	1,53	0,64	1,41	30	349	92	169	36	81	110	260
P29-51	101	56,72	0,82	12,52	7,48	0,12	1,00	1,49	1,86	32	165	174	235	53	109	110	260
P29-52	103	59,57	0,85	14,08	6,80	0,11	1,00	0,58	1,89	30	195	110	227	50	113	110	260
P29-53	105	60,15	0,83	15,57	6,05	0,08	4,41	0,42	1,83	30	212	87	216	48	95	110	260
P29-54	107	61,70	0,91	15,40	6,08	0,09	1,27	0,38	2,02	34	208	103	226	70	104	110	260
P29-55	109	63,62	0,89	14,01	5,35	0,06	1,00	0,36	1,82	30	242	92	203	47	93	110	260
P29-56	111	63,97	0,90	14,59	5,32	0,04	1,00	0,35	1,84	30	242	93	203	44	94	110	260
P29-57	113	58,20	0,86	16,33	8,37	0,18	1,00	0,56	1,92	30	191	110	225	58	111	110	260
P29-58	115	57,45	0,91	17,92	7,03	0,09	3,49	0,38	2,14	35	161	109	242	57	125	110	260
P29-59	117	61,09	0,92	17,09	5,92	0,07	4,14	0,36	1,93	38	212	100	218	49	93	110	260
P29-60	119	56,28	0,91	17,44	7,41	0,08	1,00	0,36	2,19	50	134	112	267	71	133	110	260
P29-61	121	58,33	0,88	16,58	6,69	0,11	4,03	0,41	1,96	30	192	98	234	45	106	110	260
P29-62	123	60,43	0,86	16,69	6,08	0,09	1,00	0,39	1,98	30	229	94	223	53	123	110	260
P29-63	125	61,39	0,87	15,73	5,83	0,03	1,00	0,35	1,87	39	255	92	219	54	111	110	260
P29-64	127	62,74	0,82	14,59	5,72	0,06	1,00	0,34	1,83	35	244	90	202	51	109	110	260
P29-65	129	58,48	0,92	16,09	7,15	0,06	1,97	0,37	2,17	37	158	103	260	59	132	110	260
P29-66	131	63,75	0,74	16,39	4,64	0,07	3,33	0,35	1,65	30	281	74	166	41	75	110	260
P29-67	133	58,95	0,93	17,30	6,57	0,04	2,46	0,37	2,12	48	167	99	252	60	124	110	260
P29-68	135	58,74	0,92	17,22	6,93	0,07	1,00	0,38	2,20	30	164	102	246	64	121	110	260
P29-69	137	60,53	0,88	16,50	6,70	0,08	1,39	0,44	1,92	31	235	95	210	44	111	110	260
P29-70	139	55,96	0,94	18,16	7,62	0,12	3,99	0,44	2,13	42	145	116	265	59	124	110	260
P29-71	141	56,18	0,93	18,32	7,65	0,13	3,26	0,44	2,12	35	143	116	261	59	132	110	260
P29-72	143	56,53	0,94	20,26	7,42	0,11	3,65	0,43	2,14	30	147	113	257	64	128	110	260
P29-73	145	58,05	0,94	17,44	6,66	0,07	2,65	0,40	2,09	39	162	113	251	66	121	110	260
P29-74	147	59,56	0,82	16,32	7,10	0,13	1,00	0,63	1,82	30	193	110	215	52	116	110	260
P29-75	149	59,51	0,81	17,08	6,88	0,10	1,45	0,75	1,86	30	183	118	223	46	100	110	260
P29-76	151	67,35	0,80	13,50	4,33	0,04	1,00	0,34	1,45	30	323	73					

## APÉNDICE II

Tabla General Química del núcleo S4

MUESTRA	Prof. (cm)	Componentes Mayoritarios (%)								Elementos Trazas (ppm)							
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO (0,03)	MgO (1,00)	CaO	K <sub>2</sub> O	V (30)	Zr (107)	Sr (40)	Rb (70)	Pb (36)	Zn (60)	Cu (110)	Ni (260)
S4-1	1	49,98	0,41	8,17	3,37	0,02	1,00	11,32	1,02	30	223	409	99	36	60	110	260
S4-2	3	52,56	0,42	8,71	3,47	0,02	1,00	9,91	1,14	30	231	352	102	36	66	110	260
S4-3	5	49,87	0,39	7,44	3,27	0,02	1,00	11,80	0,99	30	218	421	89	36	62	110	260
S4-4	7	50,10	0,39	8,13	3,16	0,02	1,00	12,28	0,91	30	210	430	93	36	60	110	260
S4-5	9	49,93	0,38	7,54	3,05	0,02	1,00	11,68	0,96	30	248	408	86	36	60	110	260
S4-6	11	50,64	0,38	8,33	2,93	0,00	1,00	11,75	0,92	30	241	425	90	36	60	110	260
S4-7	13	51,23	0,42	8,38	3,10	0,02	1,00	11,34	0,95	30	201	402	87	36	60	110	260
S4-8	15	51,62	0,38	7,84	2,86	0,01	1,00	11,17	0,92	30	230	405	82	36	60	110	260
S4-9	17	51,58	0,34	7,98	3,07	0,02	1,00	10,72	0,96	30	227	379	85	36	60	110	260
S4-10	19	54,69	0,38	8,07	2,98	0,01	1,00	8,02	0,93	30	261	296	86	36	60	146	260
S4-11	21	57,39	0,36	7,42	2,76	0,00	1,00	6,64	0,89	30	225	245	83	36	60	110	260
S4-12	23	58,72	0,37	8,28	2,60	0,01	1,00	6,66	0,83	30	259	237	74	36	60	110	260
S4-13	25	58,20	0,45	8,31	2,82	0,02	1,00	6,90	0,90	30	212	260	77	36	60	110	260
S4-14	27	58,32	0,41	8,52	2,85	0,01	1,00	5,75	0,92	30	285	212	82	36	60	110	260
S4-15	29	61,61	0,48	10,40	3,18	0,02	1,02	3,37	1,05	30	260	124	83	36	60	110	260
S4-16	31	61,37	0,42	8,43	2,90	0,02	1,00	3,37	0,96	30	264	127	83	36	60	110	260
S4-17	33	60,22	0,47	9,52	3,18	0,01	1,00	4,14	1,01	30	232	189	96	36	60	110	260
S4-18	35	61,76	0,55	10,40	3,66	0,02	1,00	2,65	1,23	30	245	131	105	36	60	110	260
S4-19	37	61,30	0,50	10,94	3,45	0,04	1,00	3,54	1,14	30	232	144	89	36	60	110	260
S4-20	39	60,79	0,50	10,67	3,34	0,01	2,26	4,00	1,10	30	274	171	96	36	60	110	260
S4-21	41	60,85	0,56	10,99	4,03	0,05	1,00	2,74	1,32	30	249	140	117	36	76	199	260
S4-22	43	64,25	0,60	12,07	3,62	0,04	1,93	1,82	1,25	30	364	103	104	36	60	151	260
S4-23	45	60,03	0,70	13,89	5,03	0,07	1,00	1,11	1,61	30	208	88	156	43	80	110	260
S4-24	47	57,81	0,71	12,26	5,91	0,08	1,00	0,55	1,81	30	195	88	192	49	79	110	260
S4-25	49	58,95	0,76	14,44	6,05	0,06	1,00	0,50	1,89	30	210	85	207	44	93	110	260
S4-26	51	61,97	0,61	11,91	4,13	0,05	1,00	1,33	1,36	30	291	93	123	36	76	110	260
S4-27	53	65,98	0,51	10,34	2,99	0,03	1,00	1,21	1,03	30	291	75	82	36	60	110	260
S4-28	55	63,01	0,66	12,82	4,13	0,04	1,00	1,02	1,41	30	279	85	128	36	64	110	260
S4-29	57	63,87	0,84	14,89	5,05	0,05	1,04	0,52	1,70	30	330	84	177	46	94	110	260
S4-30	59	57,65	0,82	15,68	6,55	0,11	3,17	0,57	1,95	30	213	92	215	52	99	110	260
S4-31	61	59,45	0,75	15,66	5,79	0,07	2,16	0,96	1,77	30	207	99	180	50	83	110	260
S4-32	63	61,70	0,76	13,13	5,20	0,06	1,00	0,40	1,79	30	275	67	170	40	77	110	260
S4-33	65	62,46	0,77	13,83	5,13	0,04	1,00	0,46	1,74	30	270	78	162	39	96	110	260
S4-34	67	62,38	0,78	14,42	5,57	0,06	1,00	0,41	1,80	30	221	82	186	51	87	110	260
S4-35	69	62,53	0,80	13,60	5,45	0,07	1,00	0,40	1,77	30	260	78	183	38	86	110	260
S4-36	71	64,99	0,71	12,10	4,16	0,03	1,00	0,50	1,47	30	314	67	130	36	68	110	260
S4-37	73	63,72	0,83	12,65	5,16	0,05	1,09	0,38	1,74	30	261	74	178	47	72	110	260
S4-38	75	61,47	0,80	12,04	5,46	0,05	1,00	0,42	1,75	33	247	86	181	49	87	110	299
S4-39	77	59,67	0,84	16,20	6,19	0,06	1,50	0,38	1,98	30	212	89	217	61	101	110	260
S4-40	79	58,96	0,85	13,97	6,36	0,09	1,00	0,40	1,96	30	222	93	211	62	113	110	315
S4-41	81	58,92	0,81	14,25	6,11	0,09	2,07	0,49	1,81	30	254	89	196	46	106	110	357
S4-42	83	58,05	0,83	14,72	6,78	0,08	1,00	0,40	2,03	31	172	101	232	62	102	110	270
S4-43	85	59,28	0,81	15,06	6,32	0,08	1,00	0,41	1,98	30	187	90	207	47	95	110	261
S4-44	87	62,43	0,78	13,68	5,09	0,07	1,00	0,44	1,72	30	260	72	157	37	76	110	260
S4-45	89	61,62	0,81	15,61	5,78	0,09	1,00	0,47	1,86	30	257	85	193	47	96	110	260
S4-46	91	61,08	0,81	14,45	5,87	0,08	2,01	0,40	1,87	30	247	82	195	44	86	110	260
S4-47	93	64,95	0,73	12,37	4,35	0,05	1,00	0,37	1,63	30	358	63	139	36	78	110	260
S4-48	95	67,72	0,63	10,91	3,30	0,04	1,00	0,35	1,23	30	390	49	100	36	60	110	260
S4-49	97	68,11	0,66	10,36	3,70	0,04	1,00	0,36	1,28	30	421	61	117	36	60	110	260
S4-50	99	65,84	0,68	10,23	4,18	0,05	1,40	0,36	1,40	30	382	63	141	36	76	110	260
S4-51	101	61,55	0,78	10,98	5,27	0,06	1,00	0,39	1,66	30	274	77	178	45	89	110	260
S4-52		61,49	0,79	12,65	5,17	0,06	3,68	0,37	1,69	30	266	75	172	38	89	110	260
S4-52A	103	74,79	0,39	4,27	2,11	0,01	1,00	0,28	0,56	30	232	27	49	36	60	110	260
S4-53	105	68,12	0,58	9,54	3,45	0,04	1,00	0,33	1,26	30	324	57	118	39	60	110	260
S4-54	107	68,03	0,64	10,72	3,69	0,04	1,00	0,37	1,34	30	316	57	128	36	65	110	260
S4-55	109	65,53	0,75	13,34	4,36	0,05	1,48	0,38	1,55	30	336	67	151	38	76	110	260
S4-56	111	60,20	0,84	15,52	6,40	0,09	1,00	0,42	1,99	30	235	90	223	53	100	110	260
S4-57	113	60,00	0,87	14,58	6,44	0,09	1,00	0,41	2,00	41	196	97	214	57	119	110	260
S4-58	115	64,22	0,76	13,57	4,93	0,06	1,00	0,38	1,73	30	281	76	162	45	87	110	260
S4-59	117	62,91	0,71	12,90	4,39	0,06	3,46	0,38	1,60	32	365	59	145	37	62	110	260
S4-60	119	60,87	0,79	14,91	5,56	0,06	2,28	0,36	1,84	30	267	73	174	47	84	110	260
S4-61	121	59,52	0,79	14,19	5,95	0,07	1,98	0,39	1,92	30	251	83	196	48	92	110	260
S4-62	123	59,05	0,83	14,93	6,49	0,07	1,00	0,41	1,99	34	238	90	211	58	116	110	260
S4-63	125	61,91	0,65	13,72	4,57	0,05	1,66	0,35	1,57	30	264	64	142	38	67	110	260
S4-64	127	65,14	0,54	13,26	3,67	0,04	2,40	0,35	1,42	30	346	48	104	36	61	110	260
S4-65	129	67,27	0,61	11,28	3,19	0,03	1,44	0,33	1,26	30	349	42	91	36	60	110	260
S4-66	131	63,90	0,62	13,33	4,15	0,04	1,11	0,40	1,51	30	317	58	124	36	72	110	260
S4-67	133	61,34	0,71	12,73	5,29	0,06	1,00	0,40	1,82	30	275	75	176	53	86	110	260
S4-68	135	61,91	0,79	15,74	5,67	0,06	1,74	0,41	1,83	30	274	79	180	46	76	110	260



APÉNDICE II

Tabla General Química del núcleo C38

MUESTRA	Prof. (cm)	Componentes Mayoritarios (%)								Elementos Trazas (ppm)						
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO (0,03)	MgO (1,00)	CaO	K <sub>2</sub> O	V (30)	Zr (107)	Sr (40)	Rb (70)	Pb (36)	Zn (60)	Ni (260)
C38-1	1	55,93	0,78	15,05	6,57	0,07	1,32	3,22	1,82	30	190	203	200	43	88	358
C38-2	3	56,47	0,85	15,13	6,95	0,08	2,43	1,31	2,03	30	197	144	237	61	106	391
C38-3	5	57,05	0,91	14,56	7,12	0,09	1,04	0,64	2,14	36	159	120	257	71	125	381
C38-4	7	56,64	0,87	14,07	7,73	0,10	1,00	0,64	2,15	32	195	111	254	63	118	487
C38-5	9	59,73	0,92	13,94	6,64	0,08	1,00	0,52	2,19	43	194	105	240	58	105	430
C38-6	11	56,55	0,89	15,27	7,67	0,09	1,00	0,65	2,23	40	150	117	257	62	120	375
C38-7	13	58,19	0,85	14,29	6,94	0,10	1,00	0,57	1,97	30	288	104	221	51	99	422
C38-8	15	56,73	0,92	15,56	6,96	0,09	1,00	0,43	2,24	48	127	112	280	64	130	387
C38-9	17	58,75	0,88	16,18	7,08	0,10	1,00	0,57	1,98	30	303	104	234	52	107	423
C38-10	19	59,21	0,80	14,27	7,00	0,10	1,54	1,14	1,78	30	257	130	208	44	108	314
C38-11	21	58,82	0,80	11,90	6,70	0,10	1,00	1,03	1,75	30	413	112	190	54	86	361
C38-12	23	57,73	0,95	16,80	6,49	0,04	2,08	0,46	2,18	30	225	114	275	59	111	284
C38-13	25	57,94	0,89	14,74	6,76	0,07	1,97	0,50	2,15	30	217	102	250	59	112	382
C38-14	27	56,40	0,89	16,35	6,61	0,04	3,13	0,54	2,17	42	195	110	265	53	126	342
C38-15	29	57,45	0,81	13,38	6,82	0,10	1,00	1,10	1,95	30	306	118	219	49	103	342
C38-16	31	57,24	0,88	14,08	7,91	0,13	1,00	0,65	2,28	38	156	107	256	63	111	430
C38-17	33	56,01	0,86	15,64	8,06	0,13	1,00	0,68	2,30	40	121	119	263	70	112	338
C38-18	35	55,41	0,85	14,48	7,99	0,13	1,00	1,05	2,13	30	154	140	249	51	123	331
C38-19	37	57,03	0,87	14,86	7,56	0,09	1,00	0,52	2,21	46	166	108	256	53	119	359
C38-20	39	55,65	0,85	16,73	8,38	0,11	1,00	0,61	2,25	32	121	118	284	57	122	339
C38-21	41	56,01	0,86	16,49	7,74	0,10	1,00	0,71	2,23	41	125	118	266	63	117	393
C38-22	43	52,50	0,90	22,06	7,94	0,11	6,25	0,49	2,31	32	113	108	272	65	136	432
C38-23	45	55,46	0,88	17,68	8,31	0,12	1,00	0,53	2,31	36	120	107	267	60	139	375
C38-24	47	56,66	0,92	16,72	7,94	0,09	1,00	0,49	2,35	35	125	110	275	64	131	456
C38-25	49	57,19	0,91	17,97	7,08	0,08	3,45	0,43	2,20	42	259	98	242	47	114	392
C38-26	51	60,58	0,90	14,78	6,66	0,06	1,00	0,44	2,00	30	358	87	210	47	92	420
C38-27	53	59,16	0,90	15,37	6,54	0,04	1,00	0,39	2,20	45	273	102	247	48	98	362
C38-28	55	56,10	0,88	18,22	7,93	0,12	2,88	0,49	2,29	43	177	105	269	56	115	481
C38-29	57	57,13	0,92	17,89	7,70	0,10	1,00	0,43	2,39	57	138	102	271	58	111	351
C38-30	59	56,29	0,91	16,75	7,71	0,09	1,00	0,42	2,34	40	115	107	270	58	127	479
C38-31	61	57,41	0,89	15,00	7,71	0,09	1,00	0,43	2,33	48	148	102	259	57	124	366
C38-32	63	58,37	0,90	15,95	7,22	0,08	1,00	0,44	2,24	33	185	100	238	47	106	355
C38-33	65	57,63	0,88	17,13	7,06	0,04	1,48	0,37	2,26	43	170	102	262	57	111	340
C38-34	67	57,19	0,93	18,83	6,98	0,05	1,00	0,37	2,22	42	145	105	271	52	117	388
C38-35	69	56,92	0,87	13,60	7,40	0,08	1,00	0,42	2,23	59	160	105	268	48	122	484
C38-36	71	55,86	0,89	17,45	8,16	0,11	1,00	0,47	2,31	43	111	104	276	58	123	353
C38-37	73	54,70	0,88	17,50	7,87	0,12	2,95	0,45	2,21	30	122	107	278	61	120	260
C38-38	75	58,61	0,91	15,12	6,92	0,08	1,00	0,40	2,25	36	149	100	248	59	123	260
C38-39	77	57,36	0,89	15,73	7,14	0,11	1,00	0,43	2,19	38	145	102	265	55	121	260
C38-40	79	56,63	0,88	17,38	7,39	0,10	1,58	0,44	2,26	50	127	110	277	53	118	260
C38-41	81	56,62	0,88	14,68	7,59	0,10	1,00	0,54	2,25	33	155	106	273	52	111	260
C38-42	83	56,27	0,88	18,31	7,77	0,11	1,00	0,51	2,29	30	132	107	268	57	121	260
C38-43	85	57,51	0,88	15,21	7,76	0,10	1,00	0,59	2,20	36	162	109	254	49	129	306
C38-44	87	56,19	0,84	13,66	8,24	0,12	1,00	0,77	2,25	39	124	122	254	64	115	260
C38-45	89	55,78	0,86	15,22	8,19	0,12	1,00	0,77	2,19	30	129	124	260	52	119	260
C38-46	91	55,83	0,85	13,35	8,21	0,13	1,00	0,70	2,19	45	129	117	269	53	105	260
C38-47	93	56,40	0,88	18,00	8,26	0,12	1,00	0,60	2,22	30	122	107	268	52	113	260
C38-48	95	56,67	0,92	18,06	7,40	0,10	1,00	0,45	2,22	30	149	100	251	61	107	260
C38-49	97	56,86	0,88	16,65	7,26	0,07	1,70	0,38	2,33	52	126	104	268	53	123	260
C38-50	99	56,21	0,89	17,57	7,02	0,06	1,92	0,38	2,24	47	138	103	278	62	112	260
C38-51	101	57,28	0,94	15,97	6,60	0,09	3,59	0,41	2,15	37	155	107	263	53	132	260
C38-52	103	57,83	0,92	17,06	7,19	0,08	1,37	0,40	2,24	53	154	101	248	62	117	260
C38-53	105	59,36	0,97	16,63	6,33	0,06	1,00	0,37	2,20	61	194	102	255	58	107	260
C38-54	107	57,48	0,89	17,16	7,93	0,11	1,00	0,52	2,14	32	194	105	252	47	106	260
C38-55	109	58,58	0,88	14,46	6,60	0,05	1,00	0,38	2,20	52	174	99	256	61	117	260
C38-56	111	54,06	0,80	15,29	9,47	0,14	1,00	1,14	2,09	30	132	149	258	50	110	260
C38-57	113	54,72	0,82	15,80	8,80	0,12	1,00	1,10	2,14	30	120	151	276	58	112	260
C38-58	115	55,59	0,89	16,49	8,41	0,12	1,00	0,66	2,22	30	183	118	263	52	118	260
C38-59	117	59,02	0,90	14,35	6,51	0,05	1,00	0,38	2,09	44	253	98	243	64	120	316
C38-60	119	57,30	0,92	18,21	7,28	0,09	1,60	0,41	2,21	35	165	105	260	67	115	260
C38-61	121	58,37	0,90	16,89	6,48	0,08	2,06	0,40	2,09	33	318	98	244	56	115	260
C38-62	123	59,49	0,94	14,28	6,79	0,10	1,00	0,48	2,06	30	343	98	216	57	96	260
C38-63	125	58,61	0,92	16,73	6,98	0,07	1,00	0,40	2,21	41	205	104	258	62	114	260
C38-64	127	60,73	0,86	14,89	6,35	0,07	1,00	0,39	2,01	30	286	96	221	63	115	260
C38-65	129	56,96	0,91	17,41	7,48	0,11	1,00	0,41	2,22	46	134	108	258	66	141	260
C38-66	131	55,86	0,91	17,33	7,21	0,10	2,17	0,40	2,07	30	142	113	266	69	123	260
C38-67	133	55,80	0,89	15,84	8,27	0,14	1,40	0,49	2,08	30	130	107	261	63	131	260
C38-68	135	57,06	0,90	13,78	7,45	0,10	1,00	0,43	2,14	36	148	107	256	56	117	260
C38-69	137	56,82	0,92	17,38	7,18	0,07	1,00	0,36	2,16	38	127	100	271	56	133	260
C38-70	139	57,73	0,90	17,23	7,07	0,07	1,00	0,35	2,18	45	134	105	262	76	119	346
C38-71	141	58,37	0,91	18,14	7,01	0,09	1,99	0,38	2,01	30	170	99	257	50	118	260
C38-72	143	55,77	0,89	17,75	7,91	0,12	1,00	0,42	2,23	38	114	113	271	58	121	260
C38-73	145	55,81	0,91	16,55	7,59	0,09	4,02	0,41	2,16	42	144	106	272	62	119	260
C38-74	147	57,32	0,92	15,86	7,71	0,10	1,00	0,47	2,11	49	145	107	257	67	124	260
C38-75	149	58,37	0,94	16,55	7,16	0,08	1,42	0,42	2,11	30	162	99	254	54	107	260
C38-76	151	56,57	0,84	15,37	8,39	0,11	2,96	0,58	1,88	30	260	104	229	45	94	260
C38-77	153	56,52	0,90	16,47	7,34	0,09	2,09	0,41	2,22	43	130	102	267	68	123	260
C38-78	155	56,57	0,88	17,88	7,43	0,11	2,88	0,43	2,13	35	138	102	259	69	128	317
C38-79	157	58,05	0,90	17,42	7,29	0,09	1,00	0,43	2,11	35	155	105	246	61	121	260
C38-80	159	57,30	0,94	17,11	7,24	0,11										

## APÉNDICE II

Tabla General Química del núcleo Q3

MUESTRA	Prof. (cm)	Componentes Mayoritarios (%)								Elementos Trazas (ppm)							
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO (0,03)	MgO (1,00)	CaO	K <sub>2</sub> O	V (30)	Zr (107)	Sr (40)	Rb (70)	Pb (36)	As (45)	Zn (60)	Ni (260)
Q3-1	1	55,46	0,66	12,77	5,54	0,02	1,00	4,85	1,71	30	220	228	208	41	45	79	260
Q3-2	3	54,74	0,68	12,83	5,66	0,04	1,00	5,03	1,77	30	228	228	206	55	45	87	260
Q3-3	5	54,82	0,65	12,56	5,66	0,03	1,00	5,00	1,69	30	253	228	215	51	45	101	260
Q3-4	7	54,75	0,68	12,47	5,75	0,03	1,00	5,07	1,72	30	232	231	211	59	45	94	260
Q3-5	9	54,66	0,68	11,26	5,79	0,04	1,00	4,78	1,72	30	243	225	219	55	45	92	260
Q3-6	11	54,86	0,69	13,16	5,88	0,03	1,00	4,62	1,74	30	238	219	211	53	45	84	276
Q3-7	13	54,77	0,66	12,32	5,96	0,03	1,00	4,60	1,73	30	244	216	204	57	45	90	260
Q3-8	15	55,19	0,67	12,00	5,75	0,03	1,00	4,70	1,70	30	236	224	213	50	45	95	260
Q3-9	17	55,08	0,67	12,60	5,86	0,03	1,00	4,64	1,72	30	240	215	208	51	45	109	331
Q3-10	19	55,41	0,66	13,66	5,78	0,03	1,00	4,48	1,67	30	259	210	207	46	45	89	351
Q3-11	21	55,65	0,69	13,28	5,82	0,03	2,32	4,13	1,72	30	255	201	206	50	45	84	415
Q3-12	23	56,44	0,67	13,00	5,70	0,03	1,00	4,40	1,68	30	247	212	201	52	45	95	275
Q3-13	25	55,52	0,67	13,09	5,66	0,03	1,00	4,72	1,67	30	255	223	194	56	45	82	260
Q3-14	27	55,28	0,68	11,56	5,80	0,02	1,00	4,51	1,62	30	289	210	201	44	45	72	330
Q3-15	29	55,68	0,65	13,03	5,90	0,03	1,00	4,45	1,67	30	277	196	199	36	45	80	264
Q3-16	31	55,16	0,68	12,35	5,94	0,03	1,00	4,58	1,73	30	249	211	203	53	45	104	260
Q3-17	33	56,67	0,67	12,86	5,84	0,03	1,00	4,11	1,66	30	266	203	198	45	45	94	274
Q3-18	35	55,48	0,68	12,33	5,96	0,03	1,00	4,57	1,71	30	250	209	191	53	45	98	267
Q3-19	37	56,31	0,69	14,06	6,01	0,03	1,00	4,25	1,74	30	248	205	199	43	45	102	377
Q3-20	39	56,01	0,68	11,39	5,76	0,04	1,00	4,30	1,70	35	233	210	206	49	45	93	260
Q3-21	41	56,64	0,70	11,88	5,92	0,03	1,00	3,62	1,68	30	278	185	195	56	45	96	285
Q3-22	43	57,59	0,75	12,29	6,18	0,04	1,00	2,90	1,70	30	275	168	203	51	45	91	260
Q3-23	45	56,83	0,67	11,54	5,65	0,03	1,00	3,48	1,70	30	279	186	201	46	45	88	316
Q3-24	47	57,27	0,68	13,20	5,87	0,03	1,00	3,86	1,69	30	278	187	194	47	45	96	381
Q3-25	49	57,02	0,68	12,59	5,75	0,03	1,00	3,59	1,67	30	290	184	192	48	45	81	263
Q3-26	51	56,72	0,70	11,95	5,75	0,03	1,00	3,65	1,60	30	286	182	193	48	45	92	260
Q3-27	53	56,79	0,68	11,29	5,90	0,03	1,00	3,89	1,67	30	284	183	188	47	45	90	260
Q3-28	55	56,20	0,66	13,71	5,83	0,03	1,00	4,31	1,65	30	277	200	196	43	45	99	260
Q3-29	57	56,61	0,67	13,21	5,92	0,03	1,00	4,02	1,63	30	272	190	191	47	45	95	260
Q3-30	59	56,59	0,68	12,43	5,96	0,03	1,00	3,58	1,63	30	282	171	188	37	45	106	260
Q3-31	61	57,51	0,69	12,93	5,88	0,03	1,00	3,56	1,66	30	275	182	197	55	45	88	260
Q3-32	63	56,82	0,70	12,07	6,10	0,03	1,00	3,62	1,70	30	272	184	191	44	45	95	260
Q3-33	65	56,79	0,71	14,30	6,02	0,03	1,37	3,63	1,69	30	284	185	195	53	45	89	260
Q3-34	67	56,76	0,69	15,07	6,02	0,03	1,45	3,73	1,67	30	299	174	193	39	45	90	260
Q3-35	69	57,37	0,71	12,85	5,88	0,03	1,00	3,64	1,61	30	297	182	194	49	45	93	260
Q3-36	71	57,23	0,66	12,23	5,78	0,03	1,00	3,67	1,59	30	301	181	194	45	45	78	260
Q3-37	73	57,20	0,67	13,29	5,89	0,03	2,30	3,64	1,67	30	290	181	190	51	45	80	260
Q3-38	75	56,96	0,69	11,65	6,03	0,03	1,00	3,44	1,63	30	282	174	191	46	45	98	260
Q3-39	77	57,04	0,69	13,26	5,96	0,03	1,00	3,57	1,61	30	303	180	187	36	45	85	260
Q3-40	79	57,55	0,70	13,30	5,94	0,03	1,00	3,11	1,68	30	282	171	193	47	45	87	260
Q3-41	81	57,23	0,66	13,99	5,99	0,03	1,26	3,44	1,66	30	261	175	193	40	45	97	260
Q3-42	83	57,04	0,69	13,83	6,11	0,03	1,00	3,35	1,66	30	288	175	186	46	45	83	260
Q3-43	85	57,09	0,69	12,79	6,14	0,03	1,00	3,51	1,66	30	272	182	192	49	45	84	260
Q3-44	87	57,04	0,69	14,14	5,97	0,03	1,00	3,77	1,64	30	267	184	194	50	45	83	260
Q3-45	89	56,53	0,68	13,83	5,94	0,03	1,84	3,89	1,60	30	261	183	175	54	45	89	260
Q3-46	91	56,64	0,66	12,39	6,02	0,03	1,00	3,86	1,53	30	273	180	180	49	45	101	260
Q3-47	93	56,58	0,68	12,24	6,06	0,03	1,00	3,56	1,59	30	283	176	180	45	45	75	260
Q3-48	95	56,67	0,69	13,02	6,24	0,03	1,00	3,68	1,62	30	275	175	182	59	45	86	260
Q3-49	97	56,64	0,69	12,28	6,29	0,03	1,00	3,46	1,60	30	271	179	186	53	45	81	260
Q3-50	99	56,46	0,71	13,08	6,33	0,03	1,00	3,64	1,61	30	262	174	195	45	45	80	260
Q3-51	101	54,12	0,60	8,35	7,86	0,03	1,00	4,24	1,35	30	276	198	173	50	57	91	260
Q3-52	103	54,30	0,62	10,07	8,09	0,05	1,00	4,17	1,31	30	286	191	158	47	57	84	299
Q3-53	105	53,30	0,63	10,10	8,72	0,04	1,00	4,47	1,34	30	280	202	157	41	67	91	378
Q3-54	107	53,67	0,59	10,25	8,35	0,03	1,00	4,57	1,26	30	283	195	161	48	55	88	272
Q3-55	109	55,60	0,60	10,98	7,71	0,04	1,00	4,14	1,32	30	305	199	158	46	53	99	260
Q3-56	111	55,11	0,63	10,82	8,37	0,04	1,00	4,05	1,39	30	281	194	158	49	49	92	260
Q3-57	113	54,43	0,62	9,39	7,87	0,03	1,00	4,07	1,35	30	296	195	176	49	47	93	260
Q3-58	115	54,98	0,63	10,91	8,23	0,03	1,00	4,13	1,37	30	270	196	156	46	45	100	260
Q3-59	117	53,97	0,59	11,99	8,40	0,03	1,98	4,63	1,33	30	306	214	166	44	57	82	260
Q3-60	119	52,28	0,57	8,39	8,13	0,03	1,00	5,44	1,23	30	281	230	159	50	56	75	260
Q3-61	121	51,29	0,59	10,02	8,84	0,04	1,00	5,71	1,26	30	258	237	158	47	51	82	260
Q3-62	123	53,01	0,64	11,15	7,60	0,03	1,00	5,63	1,34	30	264	242	173	52	45	94	260
Q3-63	125	53,07	0,62	10,28	7,03	0,03	1,00	5,44	1,36	30	271	232	181	51	45	80	260
Q3-64	127	54,70	0,67	11,69	7,00	0,04	1,00	4,48	1,46	30	271	209	180	48	45	77	260
Q3-65	129	54,73	0,67	11,52	7,01	0,04	1,00	4,53	1,50	30	270	204	175	55	45	84	260
Q3-66	131	54,84	0,67	12,06	6,81	0,04	1,00	4,68	1,46	30	276	219	179	51	45	71	260
Q3-67	133	54,62	0,66	11,45	6,68	0,03	1,00	5,15	1,42	30	276	224	186	53	45	93	260
Q3-68	135	53,45	0,65	11,25	6,62	0,04	1,00	5,32	1,42	30	288	224	170	46	45	75	280
Q3-69	137	53,84	0,65	11,29	6,81	0,04	1,00	5,23	1,44	30	267	218	169	42	45	81	260
Q3-70	139	53,58	0,63	10,84	7,27	0,03	1,00	5,05	1,37	30	282	229	170	50	45	89	280
Q3-71	141	53,16	0,60	9,97	7,70	0,04	1,00	5,37	1,33	30	295	227	168	41	46	85	320
Q3-72	143	55,05	0,62	10,78	6,80	0,04	1,00	4,69	1,35	30	293	212	165	45	45	99	262
Q3-73	145	53,78	0,62	11,17	6,82	0,04	1,00	5,49	1,38	30	292	231	176	42	45	94	260
Q3-74	147	56,24	0,66	11,52	5,77	0,03	1,00	4,24	1,45	30	301	201	186	45	45	93	260
Q3-75	149	56,89	0,66	12,61	5,70	0,02	1,00	4,05	1,46	30	312	188	177	47	45	81	260
Q3-76	151	57,63	0,67	12,74	5,64	0,02	2,67	3,39	1,55	30	296	178	179	53	45	85	260
Q3-77	153	57,41	0,69	12,76	5,58	0											

APÉNDICE II

Tabla General Radiométrica del núcleo P29

MUESTRA	Prof. (cm)	Elementos Radiométricos (cps)												
		<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
P29-1	1	2,11	2,97	2,93	5,40	2,58	3,82	1,88	1,75	2,42	0,455	1,23	0,453	0,555
P29-2	3	2,21	3,10	2,97	5,47	2,74	3,73	1,89	1,64	2,35	0,405	1,31	0,403	0,618
P29-3	5	2,21	3,00	3,01	5,37	2,55	3,84	1,99	1,67	2,39	0,425	1,25	0,395	0,608
P29-4	7	2,22	3,26	3,07	5,63	2,71	3,74	1,94	1,59	2,30	0,385	1,26	0,385	0,548
P29-5	9	2,15	3,16	3,28	5,60	2,69	3,68	1,93	1,70	2,40	0,450	1,28	0,388	0,540
P29-6	11	2,21	3,18	3,12	5,49	2,68	3,69	1,90	1,79	2,28	0,425	1,36	0,465	0,568
P29-7	13	2,26	3,02	3,08	5,56	2,70	3,84	1,97	1,68	2,26	0,403	1,29	0,418	0,575
P29-8	15	2,18	3,12	3,00	5,28	2,37	3,50	2,03	1,62	2,31	0,433	1,28	0,445	0,570
P29-9	17	2,21	3,21	3,05	5,30	2,62	3,76	1,85	1,68	2,33	0,408	1,38	0,463	0,588
P29-10	19	2,21	3,27	2,90	5,25	2,65	3,85	1,89	1,64	2,37	0,445	1,39	0,450	0,605
P29-11	21	2,40	3,17	3,32	5,26	2,80	3,78	1,90	1,68	2,58	0,440	1,36	0,450	0,633
P29-12	23	2,14	3,26	3,32	5,29	2,82	3,71	2,06	1,72	2,34	0,415	1,33	0,400	0,565
P29-13	25	2,30	3,22	2,97	5,24	2,49	3,60	1,94	1,86	2,34	0,428	1,34	0,440	0,618
P29-14	27	2,13	3,29	3,18	5,42	2,73	3,66	1,90	1,80	2,41	0,375	1,39	0,488	0,608
P29-15	29	2,25	3,38	3,26	5,45	2,79	3,96	2,06	1,76	2,27	0,413	1,42	0,480	0,583
P29-16	31	2,27	3,18	3,19	5,32	2,63	3,58	2,01	1,70	2,32	0,455	1,29	0,415	0,653
P29-17	33	2,36	3,22	3,12	5,14	2,71	3,68	1,91	1,68	2,28	0,420	1,38	0,460	0,565
P29-18	35	2,30	3,34	3,09	5,23	2,75	3,82	2,05	1,73	2,31	0,378	1,21	0,423	0,668
P29-19	37	2,18	3,23	3,31	5,16	2,63	3,77	1,96	1,82	2,44	0,425	1,45	0,400	0,673
P29-20	39	2,39	3,26	3,23	5,29	2,65	3,77	2,03	1,71	2,51	0,383	1,34	0,420	0,643
P29-21	41	2,27	3,39	3,47	5,30	2,65	3,63	2,07	1,72	2,25	0,350	1,36	0,400	0,608
P29-22	43	2,21	3,41	3,12	5,33	2,67	3,73	2,05	1,65	2,32	0,415	1,28	0,385	0,648
P29-23	45	2,23	3,43	3,37	5,26	2,59	3,74	1,99	1,62	2,28	0,360	1,38	0,440	0,590
P29-24	47	2,17	3,26	3,19	4,90	2,74	3,89	2,02	1,72	2,34	0,418	1,28	0,390	0,733
P29-25	49	2,17	3,26	3,09	5,31	2,53	3,79	2,02	1,66	2,29	0,383	1,25	0,398	0,643
P29-26	51	2,34	3,40	3,32	5,16	2,66	3,83	2,04	1,73	2,42	0,363	1,30	0,340	0,605
P29-27	53	2,23	3,38	3,26	5,36	2,78	3,86	1,95	1,71	2,28	0,400	1,37	0,415	0,658
P29-28	55	2,18	3,44	3,15	5,12	2,64	3,78	2,06	1,89	2,25	0,415	1,37	0,415	0,733
P29-29	57	2,33	3,37	3,12	5,11	2,55	3,48	1,87	1,75	2,39	0,380	1,43	0,368	0,655
P29-30	59	2,34	3,36	3,23	5,27	2,67	3,64	2,10	1,81	2,47	0,393	1,33	0,375	0,700
P29-31	61	2,20	3,34	3,35	5,08	2,81	3,75	2,07	1,79	2,51	0,388	1,34	0,418	0,703
P29-32	63	2,26	3,34	3,48	5,04	2,54	3,76	2,03	1,64	2,30	0,395	1,36	0,368	0,648
P29-33	65	2,40	3,24	3,21	5,10	2,73	3,78	1,86	1,66	2,44	0,360	1,34	0,378	0,675
P29-34	67	2,49	3,43	3,24	5,09	2,78	3,75	2,02	1,74	2,52	0,390	1,32	0,348	0,720
P29-35	69	2,32	3,41	3,25	5,11	2,74	3,67	2,11	1,89	2,52	0,408	1,35	0,420	0,708
P29-36	71	2,31	3,52	3,23	5,18	2,62	3,80	2,09	1,80	2,46	0,375	1,40	0,358	0,688
P29-37	73	2,45	3,38	3,21	5,37	2,86	3,70	2,10	1,91	2,47	0,398	1,29	0,375	0,625
P29-38	75	2,36	3,65	3,38	5,03	2,71	3,67	1,96	1,67	2,43	0,393	1,27	0,353	0,665
P29-39	77	2,34	3,45	3,30	5,33	2,76	3,80	2,11	1,75	2,40	0,388	1,34	0,365	0,673
P29-40	79	2,32	3,60	3,19	5,12	2,57	3,69	2,01	1,80	2,27	0,438	1,38	0,375	0,665
P29-41	81	2,37	3,41	3,18	5,20	2,79	3,85	1,97	1,84	2,38	0,420	1,44	0,415	0,625
P29-42	83	2,29	3,32	3,26	5,21	2,75	3,71	1,96	1,71	2,37	0,455	1,29	0,395	0,713
P29-43	85	2,27	3,31	3,14	5,48	2,77	3,89	2,08	1,76	2,48	0,423	1,32	0,410	0,663
P29-44	87	2,28	3,40	3,38	5,53	2,64	3,82	2,15	1,70	2,41	0,360	1,26	0,448	0,683
P29-45	89	2,33	3,40	3,45	5,21	2,74	3,77	1,93	1,76	2,42	0,413	1,42	0,373	0,518
P29-46	91	2,29	3,21	3,21	5,25	2,67	3,86	1,94	1,81	2,36	0,433	1,35	0,433	0,680
P29-47	93	2,46	3,20	3,16	5,43	2,91	3,80	2,03	1,91	2,39	0,385	1,30	0,450	0,630
P29-48	95	2,22	3,44	3,21	5,20	2,74	3,75	2,07	1,73	2,46	0,400	1,36	0,428	0,610
P29-49	97	2,28	3,38	3,27	5,27	2,82	3,92	2,09	1,72	2,28	0,398	1,32	0,388	0,678
P29-50	99	2,29	3,48	3,23	5,60	2,70	3,67	2,06	1,70	2,39	0,440	1,38	0,415	0,638
P29-51	101	2,34	3,28	3,24	5,13	2,87	3,77	2,05	1,79	2,52	0,438	1,44	0,378	0,598
P29-52	103	2,36	3,27	3,36	5,09	2,79	3,75	2,04	1,69	2,46	0,345	1,34	0,398	0,650
P29-53	105	2,26	3,39	3,14	5,26	2,85	3,76	2,12	1,68	2,43	0,373	1,34	0,428	0,660
P29-54	107	2,33	3,32	3,30	5,18	2,80	3,80	1,94	1,77	2,43	0,415	1,32	0,373	0,625
P29-55	109	2,34	3,53	3,32	5,29	2,77	3,71	1,92	1,84	2,28	0,390	1,42	0,453	0,625
P29-56	111	2,33	3,22	3,21	5,18	2,66	3,72	2,03	1,79	2,37	0,388	1,36	0,388	0,625
P29-57	113	2,30	3,42	3,17	5,54	2,70	3,83	1,98	1,85	2,52	0,440	1,35	0,425	0,593
P29-58	115	2,38	3,36	3,18	5,37	2,75	3,67	1,98	1,91	2,29	0,468	1,33	0,378	0,633
P29-59	117	2,29	3,36	3,32	5,35	2,76	3,77	2,12	1,79	2,33	0,405	1,33	0,448	0,638
P29-60	119	2,26	3,26	3,24	5,26	2,73	3,68	1,85	1,79	2,30	0,475	1,41	0,385	0,558
P29-61	121	2,33	3,42	3,19	5,09	2,83	3,61	2,12	1,64	2,47	0,393	1,42	0,448	0,655
P29-62	123	2,35	3,54	3,15	5,25	2,67	3,87	2,02	1,82	2,34	0,355	1,34	0,408	0,715
P29-63	125	2,39	3,59	3,29	5,12	2,79	3,99	2,03	1,82	2,47	0,365	1,34	0,428	0,655
P29-64	127	2,20	3,45	3,16	5,19	2,70	3,67	2,01	1,73	2,47	0,438	1,22	0,400	0,708
P29-65	129	2,33	3,32	3,20	5,20	2,71	3,91	2,08	1,74	2,35	0,395	1,31	0,378	0,658
P29-66	131	2,44	3,52	3,30	5,19	2,89	3,73	2,01	1,84	2,42	0,410	1,37	0,403	0,638
P29-67	133	2,36	3,27	3,27	5,15	2,69	3,88	2,02	1,67	2,35	0,385	1,24	0,380	0,710
P29-68	135	2,19	3,31	3,35	5,28	2,58	3,67	1,94	1,82	2,39	0,395	1,36	0,378	0,655
P29-69	137	2,31	3,16	3,24	5,10	2,63	3,63	2,02	1,65	2,48	0,415	1,24	0,433	0,725
P29-70	139	2,27	3,16	3,17	5,24	2,85	3,85	2,06	1,81	2,36	0,398	1,35	0,345	0,658
P29-71	141	2,45	3,57	3,25	5,22	2,69	3,71	2,05	1,79	2,40	0,368	1,35	0,433	0,730
P29-72	143	2,37	3,42	3,47	5,13	2,66	3,90	1,96	1,93	2,39	0,390	1,32	0,378	0,620
P29-73	145	2,08	3,35	3,33	5,34	2,70	3,78	1,99	1,88	2,35	0,375	1,44	0,355	0,588
P29-74	147	2,39	3,18	3,36	5,17	2,78	3,74	2,09	1,63	2,31	0,360	1,40	0,385	0,755
P29-75	149	2,40	3,19	3,35	5,05	2,58	3,69	2,03	1,69	2,38	0,425	1,49	0,443	0,625
P29-76	151	2,38	3,39	3,29	5,28	2,70	3,97	2,06	1,78	2,35	0,378	1,43	0,390	0,798
P29-77	153	2,32	3,27	3,32	4,96	2,59	3,72	1,88	1,75	2,29	0,410	1,36	0,393	0,675
P29-78	155	2,25	3,37	3,26	5,10	2,61	3,69	1,94	1,77	2,30	0,393	1,30	0,375	0,713
P29-79	157	2,24	3,11	3,06	5,17	2,54	3,80	1,96	1,62	2,31	0,368	1,32	0,383	0,648
P29-80	159	2,33	3,18	3,27	5,08	2,82	3,74	2,09	1,73	2,38	0,378	1,37	0,408	0,630
P29-81	161	2,48	3,36	3,28	5,13	2,67	3,72	1,94	1,88	2,38	0,428	1,28	0,365	0,723
P29-82	163	2,20	3,46	3,20	5,29	2,66	3,76	2,08	1,65	2,34	0,405	1,30	0,390	0,728
P29-83	165	2,24	3,49	3,28	5,18	2,79	3,79	1,86	1,68	2,34	0,373	1,29	0,395	0,685
P29-84	167	2,32	3,34	3,42	5,29	2,60	3,77	1,97	1,72	2,41	0,443	1,21	0,403	0,718
P29-85	169													

APÉNDICE II

Tabla General Radiométrica del núcleo S4

MUESTRA	Prof. (cm)	Elementos Radiométricos (cps)												
		<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
S4-1	1	2,26	3,10	3,09	5,70	2,67	3,63	1,84	1,69	2,54	0,463	1,29	0,428	0,600
S4-2	3	2,24	3,26	3,09	5,52	2,56	3,74	1,87	1,79	2,45	0,450	1,29	0,405	0,588
S4-3	5	2,11	3,22	2,97	5,53	2,60	3,66	1,97	1,61	2,32	0,453	1,27	0,553	0,535
S4-4	7	2,21	3,11	3,12	5,53	2,61	3,64	1,89	1,60	2,37	0,428	1,29	0,453	0,540
S4-5	9	2,13	3,14	3,31	5,31	2,68	3,72	1,99	1,72	2,23	0,388	1,30	0,378	0,590
S4-6	11	2,13	3,01	3,00	5,25	2,61	3,69	1,95	1,71	2,47	0,453	1,26	0,478	0,618
S4-7	13	2,20	3,11	3,12	5,42	2,68	3,62	2,04	1,75	2,29	0,488	1,31	0,443	0,538
S4-8	15	2,15	3,02	3,02	5,45	2,63	3,56	1,98	1,54	2,36	0,405	1,30	0,453	0,623
S4-9	17	2,30	3,20	3,15	5,46	2,59	3,76	1,85	1,75	2,34	0,423	1,28	0,433	0,588
S4-10	19	2,22	3,25	3,09	5,36	2,73	3,78	1,97	1,75	2,30	0,383	1,29	0,480	0,583
S4-11	21	2,24	3,37	3,03	5,41	2,66	3,86	2,04	1,57	2,39	0,420	1,35	0,475	0,593
S4-12	23	2,14	3,15	3,15	5,53	2,60	3,75	1,93	1,68	2,25	0,438	1,27	0,425	0,633
S4-13	25	2,23	3,27	3,11	5,55	2,71	3,74	1,94	1,65	2,25	0,430	1,30	0,393	0,608
S4-14	27	2,21	3,31	3,19	5,37	2,59	3,72	2,00	1,54	2,29	0,423	1,21	0,415	0,600
S4-15	29	2,18	3,27	3,00	5,61	2,54	3,72	2,04	1,73	2,25	0,428	1,31	0,410	0,593
S4-16	31	2,19	3,33	3,28	5,77	2,63	3,74	1,96	1,66	2,37	0,445	1,36	0,430	0,605
S4-17	33	2,22	3,40	3,00	5,33	2,58	3,72	1,99	1,71	2,38	0,358	1,32	0,435	0,608
S4-18	35	2,33	3,28	3,23	5,71	2,72	3,83	1,99	1,75	2,30	0,348	1,33	0,450	0,655
S4-19	37	2,22	3,23	3,16	5,54	2,72	3,71	1,96	1,72	2,36	0,405	1,30	0,398	0,588
S4-20	39	2,26	3,24	3,15	5,35	2,75	3,91	1,90	1,67	2,41	0,388	1,30	0,393	0,755
S4-21	41	2,19	3,30	3,11	5,54	2,71	3,84	1,94	1,54	2,31	0,375	1,39	0,455	0,615
S4-22	43	2,33	3,38	3,22	5,45	2,52	3,79	1,94	1,70	2,53	0,418	1,32	0,430	0,568
S4-23	45	2,28	3,48	3,11	5,33	2,65	3,75	2,09	1,85	2,43	0,403	1,34	0,438	0,505
S4-24	47	2,17	3,30	3,02	5,45	2,56	3,75	1,98	1,69	2,46	0,523	1,44	0,443	0,645
S4-25	49	2,26	3,27	3,17	5,61	2,67	3,79	1,88	1,66	2,47	0,405	1,26	0,403	0,663
S4-26	51	2,19	3,24	3,02	5,46	2,59	3,55	1,98	1,66	2,40	0,380	1,36	0,368	0,588
S4-27	53	2,11	3,29	2,98	5,60	2,52	3,90	1,92	1,74	2,27	0,330	1,36	0,428	0,583
S4-28	55	2,37	3,18	3,14	5,41	2,62	3,70	1,91	1,59	2,50	0,425	1,28	0,443	0,555
S4-29	57	2,34	3,30	3,13	5,73	2,68	3,85	1,99	1,66	2,46	0,460	1,38	0,463	0,620
S4-30	59	2,19	3,11	3,19	5,60	2,60	3,60	1,92	1,78	2,18	0,393	1,34	0,468	0,650
S4-31	61	2,31	3,34	3,28	5,36	2,62	3,87	2,05	1,70	2,50	0,413	1,31	0,443	0,600
S4-32	63	2,27	3,30	3,27	5,61	2,57	3,73	2,09	1,68	2,37	0,405	1,33	0,400	0,545
S4-33	65	2,25	3,33	3,12	5,38	2,64	3,72	1,88	1,78	2,34	0,453	1,38	0,488	0,593
S4-34	67	2,33	3,50	3,08	5,44	2,72	3,76	2,04	1,87	2,50	0,368	1,27	0,428	0,578
S4-35	69	2,23	3,27	3,22	5,56	2,64	3,79	1,97	1,79	2,38	0,410	1,24	0,433	0,593
S4-36	71	2,23	3,40	2,97	5,63	2,59	3,82	2,06	1,62	2,33	0,418	1,30	0,440	0,613
S4-37	73	2,29	3,32	3,29	5,73	2,71	3,77	1,99	1,78	2,39	0,473	1,29	0,423	0,650
S4-38	75	2,30	3,39	3,09	5,77	2,80	3,79	2,05	1,68	2,29	0,410	1,25	0,453	0,650
S4-39	77	2,22	3,36	3,10	5,63	2,61	3,96	1,90	1,74	2,44	0,433	1,34	0,408	0,595
S4-40	79	2,28	3,40	3,13	5,67	2,93	3,76	1,94	1,74	2,38	0,463	1,31	0,438	0,593
S4-41	81	2,16	3,40	3,05	5,77	2,60	3,87	1,85	1,69	2,41	0,435	1,37	0,468	0,588
S4-42	83	2,18	3,51	2,98	5,47	2,64	3,94	2,09	1,78	2,35	0,438	1,26	0,398	0,623
S4-43	85	2,34	3,37	3,02	5,46	2,63	3,59	1,89	1,71	2,47	0,460	1,38	0,410	0,608
S4-44	87	2,19	3,33	3,24	5,53	2,68	3,78	2,00	1,81	2,39	0,423	1,28	0,475	0,550
S4-45	89	2,27	3,23	3,03	5,52	2,66	3,91	2,09	1,85	2,40	0,455	1,33	0,385	0,583
S4-46	91	2,12	3,00	3,06	5,51	2,69	3,74	1,96	1,66	2,36	0,410	1,31	0,448	0,578
S4-47	93	2,42	3,32	3,20	5,49	2,66	3,68	1,90	1,86	2,36	0,503	1,31	0,485	0,598
S4-48	95	2,13	3,31	3,16	5,34	2,71	3,82	1,82	1,82	2,45	0,440	1,28	0,440	0,603
S4-49	97	2,34	3,29	3,21	5,54	2,72	3,84	1,97	1,70	2,21	0,380	1,29	0,483	0,603
S4-50	99	2,28	3,25	3,19	5,48	2,70	3,80	1,94	1,79	2,36	0,393	1,30	0,478	0,763
S4-51	101	2,21	3,33	3,09	5,49	2,81	3,76	2,08	1,61	2,37	0,485	1,31	0,425	0,608
S4-52	103	2,30	3,18	3,11	5,44	2,75	3,87	1,91	1,72	2,49	0,370	1,37	0,370	0,590
S4-52A		2,08	3,03	3,07	5,30	2,81	3,57	2,08	1,61	2,44	0,430	1,24	0,383	0,610
S4-53	105	2,26	3,30	3,10	5,40	2,65	3,82	2,00	1,68	2,42	0,453	1,36	0,425	0,545
S4-54	107	2,19	3,27	3,13	5,57	2,69	3,80	1,91	1,60	2,28	0,413	1,39	0,465	0,570
S4-55	109	2,21	3,37	3,09	5,58	2,62	3,88	2,01	1,74	2,31	0,458	1,29	0,450	0,633
S4-56	111	2,17	3,35	3,00	5,60	2,67	3,76	2,03	1,67	2,34	0,440	1,34	0,425	0,555
S4-57	113	2,26	3,33	3,09	5,59	2,78	3,68	1,95	1,65	2,33	0,438	1,37	0,460	0,585
S4-58	115	2,18	3,07	3,20	5,37	2,67	3,58	1,95	1,63	2,35	0,423	1,31	0,428	0,575
S4-59	117	2,23	3,36	3,17	5,48	2,61	3,71	1,96	1,77	2,44	0,413	1,21	0,433	0,580
S4-60	119	2,25	3,44	3,25	5,50	2,55	3,74	1,98	1,57	2,39	0,410	1,23	0,410	0,508
S4-61	121	2,35	3,32	3,12	5,49	2,78	3,84	2,11	1,81	2,40	0,373	1,27	0,433	0,598
S4-62	123	2,26	3,46	3,14	5,39	2,76	3,79	1,99	1,66	2,27	0,413	1,22	0,405	0,550
S4-63	125	2,28	3,47	3,05	5,44	2,76	3,61	1,89	1,73	2,29	0,428	1,29	0,445	0,600
S4-64	127	2,30	3,45	3,10	5,55	2,71	3,79	1,98	1,70	2,31	0,373	1,28	0,438	0,630
S4-65	129	2,27	3,22	3,16	5,56	2,73	3,70	1,88	1,71	2,27	0,460	1,32	0,468	0,580
S4-66	131	2,29	3,24	3,05	5,41	2,69	3,74	1,85	1,59	2,30	0,420	1,35	0,465	0,600
S4-67	133	2,28	3,34	3,31	5,47	2,74	3,76	1,90	1,70	2,44	0,438	1,42	0,370	0,590
S4-68	135	2,20	3,06	3,07	5,24	2,78	3,62	1,97	1,80	2,31	0,405	1,28	0,375	0,605

APÉNDICE II

Tabla General Radiométrica del núcleo C38

MUESTRA	Prof. (cm)	Elementos Radiométricos (cps)												
		<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
C38-1	1	2,23	3,13	3,16	4,95	2,76	3,57	1,72	1,60	2,24	0,383	1,18	0,350	0,658
C38-2	3	2,33	3,25	3,18	5,06	2,66	3,68	1,94	1,59	2,30	0,388	1,22	0,345	0,590
C38-3	5	2,24	3,27	3,31	5,19	2,74	3,82	2,07	1,78	2,48	0,393	1,36	0,403	0,695
C38-4	7	2,35	3,38	3,13	5,26	2,70	3,77	1,88	1,60	2,36	0,405	1,30	0,393	0,665
C38-5	9	2,33	3,19	3,23	5,18	2,69	3,71	1,92	1,73	2,45	0,350	1,37	0,393	0,718
C38-6	11	2,00	3,27	3,20	5,33	2,70	3,69	1,98	1,76	2,33	0,390	1,38	0,413	0,618
C38-7	13	2,21	3,25	3,03	5,21	2,86	3,74	1,94	1,78	2,52	0,408	1,30	0,355	0,648
C38-8	15	2,25	3,02	3,19	5,28	2,66	3,72	2,03	1,65	2,38	0,453	1,34	0,405	0,698
C38-9	17	2,21	3,13	3,13	5,26	2,63	3,63	2,04	1,62	2,52	0,428	1,31	0,393	0,750
C38-10	19	2,30	3,37	3,10	5,12	2,56	3,69	2,00	1,67	2,22	0,388	1,32	0,375	0,610
C38-11	21	2,33	3,34	3,10	5,40	2,53	3,78	1,98	1,66	2,41	0,458	1,24	0,418	0,708
C38-12	23	2,23	3,13	3,21	5,33	2,80	3,78	2,03	1,73	2,43	0,468	1,40	0,345	0,783
C38-13	25	2,33	3,33	3,21	5,25	2,67	3,72	2,02	1,70	2,48	0,380	1,35	0,375	0,638
C38-14	27	2,26	3,09	3,05	5,21	2,81	3,68	1,99	1,67	2,35	0,385	1,39	0,408	0,665
C38-15	29	2,24	3,13	3,14	5,36	2,65	3,50	2,00	1,65	2,34	0,360	1,29	0,290	0,683
C38-16	31	2,24	3,14	3,23	5,44	2,65	3,91	1,96	1,73	2,40	0,385	1,38	0,393	0,663
C38-17	33	2,32	3,13	3,23	5,42	2,60	3,77	2,04	1,73	2,42	0,418	1,39	0,348	0,730
C38-18	35	2,21	3,11	3,28	5,29	2,65	3,53	2,02	1,78	2,50	0,370	1,41	0,440	0,700
C38-19	37	2,26	3,20	3,13	5,29	2,72	3,66	1,97	1,73	2,35	0,413	1,19	0,385	0,713
C38-20	39	2,25	3,29	3,15	5,48	2,64	3,79	1,98	1,76	2,52	0,445	1,43	0,435	0,665
C38-21	41	2,31	3,21	3,13	5,10	2,61	3,76	2,00	1,63	2,29	0,385	1,25	0,380	0,690
C38-22	43	2,38	3,51	3,18	5,42	2,56	3,93	2,24	1,74	2,35	0,418	1,44	0,390	0,673
C38-23	45	2,38	3,31	3,33	5,43	2,69	3,92	1,94	1,83	2,25	0,423	1,31	0,405	0,623
C38-24	47	2,21	3,30	3,10	5,29	2,63	3,74	1,97	1,62	2,29	0,398	1,34	0,450	0,648
C38-25	49	2,36	3,40	3,25	5,34	2,71	3,94	1,91	1,59	2,35	0,395	1,36	0,388	0,673
C38-26	51	2,28	3,46	2,99	5,50	2,72	3,83	1,95	1,79	2,51	0,405	1,34	0,390	0,665
C38-27	53	2,29	3,36	2,97	5,59	2,63	3,89	1,98	1,62	2,34	0,400	1,31	0,393	0,670
C38-28	55	2,36	3,39	3,23	5,34	2,89	3,70	1,94	1,74	2,49	0,390	1,30	0,353	0,608
C38-29	57	2,23	3,39	3,34	5,76	2,70	3,79	1,95	1,70	2,40	0,405	1,32	0,438	0,618
C38-30	59	2,32	3,44	3,20	5,19	2,61	3,73	2,07	1,70	2,43	0,403	1,32	0,463	0,610
C38-31	61	2,30	3,25	3,28	5,32	2,74	3,63	1,96	1,73	2,40	0,415	1,27	0,430	0,628
C38-32	63	2,33	3,27	3,23	5,37	2,79	3,62	2,11	1,68	2,44	0,348	1,35	0,383	0,610
C38-33	65	2,32	3,16	3,21	5,37	2,63	3,77	1,99	1,75	2,58	0,433	1,43	0,415	0,660
C38-34	67	2,21	3,27	3,35	5,32	2,79	3,74	1,91	1,65	2,36	0,370	1,41	0,423	0,660
C38-35	69	2,26	3,21	3,22	5,65	2,67	3,77	1,93	1,72	2,29	0,378	1,37	0,368	0,688
C38-36	71	2,37	3,36	3,20	5,35	2,68	3,87	2,06	1,66	2,49	0,423	1,44	0,488	0,620
C38-37	73	2,28	3,33	3,09	5,47	2,77	3,77	2,01	1,66	2,36	0,403	1,51	0,448	0,710
C38-38	75	2,13	3,31	3,32	5,31	2,69	3,89	1,99	1,67	2,58	0,405	1,31	0,440	0,680
C38-39	77	2,25	3,25	3,15	5,48	2,60	3,82	2,12	1,73	2,37	0,375	1,33	0,438	0,628
C38-40	79	2,30	3,28	3,05	5,38	2,85	3,88	1,99	1,78	2,48	0,428	1,37	0,440	0,595
C38-41	81	2,23	3,21	3,12	5,39	2,67	3,74	1,87	1,78	2,41	0,380	1,35	0,388	0,628
C38-42	83	2,17	3,33	3,20	5,23	2,81	3,93	1,99	1,62	2,31	0,400	1,47	0,423	0,668
C38-43	85	2,24	3,13	3,21	5,31	2,71	3,78	1,96	1,84	2,44	0,420	1,35	0,433	0,638
C38-44	87	2,31	3,40	3,21	5,21	2,77	3,71	1,85	1,69	2,41	0,408	1,28	0,453	0,660
C38-45	89	2,29	3,25	3,16	5,15	2,73	3,76	1,96	1,73	2,50	0,398	1,33	0,410	0,600
C38-46	91	2,24	3,32	3,16	5,19	2,54	3,57	2,01	1,73	2,48	0,370	1,31	0,378	0,690
C38-47	93	2,23	3,19	3,09	5,32	2,78	3,80	2,02	1,81	2,37	0,420	1,37	0,403	0,665
C38-48	95	2,28	3,30	3,10	5,40	2,69	3,83	1,97	1,86	2,43	0,455	1,34	0,425	0,678
C38-49	97	2,27	3,36	3,07	5,33	2,72	3,77	1,90	1,72	2,37	0,383	1,32	0,383	0,660
C38-50	99	2,26	3,37	3,25	5,40	2,73	3,74	1,93	1,77	2,43	0,465	1,40	0,433	0,603
C38-51	101	2,29	3,34	3,38	5,37	2,59	4,04	2,03	1,72	2,45	0,415	1,42	0,393	0,675
C38-52	103	2,34	3,07	3,15	5,31	2,69	3,66	1,98	1,86	2,34	0,400	1,37	0,405	0,603
C38-53	105	2,24	3,30	3,15	5,23	2,76	3,83	1,97	1,66	2,50	0,418	1,37	0,398	0,640
C38-54	107	2,31	3,41	3,05	5,56	2,58	3,86	1,91	1,66	2,30	0,375	1,44	0,438	0,580
C38-55	109	2,21	3,19	3,16	5,53	2,61	3,89	1,89	1,68	2,37	0,445	1,21	0,358	0,640
C38-56	111	2,32	3,40	3,28	5,52	2,78	3,93	2,19	1,71	2,43	0,363	1,37	0,418	0,670
C38-57	113	2,22	3,35	3,09	5,37	2,71	3,95	1,99	1,55	2,26	0,400	1,37	0,405	0,625
C38-58	115	2,17	3,23	3,26	5,32	2,76	3,86	1,91	1,74	2,26	0,365	1,38	0,375	0,610
C38-59	117	2,26	3,21	3,17	5,39	2,60	3,73	1,91	1,86	2,49	0,383	1,37	0,473	0,600
C38-60	119	2,22	3,21	3,10	5,24	2,82	3,97	2,02	1,66	2,36	0,428	1,28	0,413	0,578
C38-61	121	2,42	3,42	3,16	5,58	2,68	3,79	2,12	1,71	2,45	0,418	1,39	0,473	0,640
C38-62	123	2,29	3,40	3,06	5,40	2,79	3,86	2,11	1,66	2,42	0,453	1,30	0,393	0,678
C38-63	125	2,24	3,24	3,23	5,36	2,80	3,63	1,92	1,75	2,51	0,400	1,49	0,423	0,643
C38-64	127	2,25	3,34	3,09	5,41	2,74	3,84	1,94	1,70	2,66	0,455	1,42	0,423	0,640
C38-65	129	2,20	3,22	3,19	5,37	2,58	3,72	2,05	1,70	2,38	0,383	1,30	0,393	0,640
C38-66	131	2,34	3,26	2,89	5,31	2,82	3,55	1,99	1,67	2,43	0,430	1,31	0,430	0,625
C38-67	133	2,09	3,32	3,12	5,34	2,66	3,87	2,10	1,74	2,40	0,458	1,30	0,400	0,650
C38-68	135	2,27	3,20	3,23	5,44	2,78	3,79	2,15	1,83	2,43	0,385	1,41	0,393	0,648
C38-69	137	2,17	3,27	3,15	5,13	2,75	3,74	2,04	1,69	2,47	0,418	1,32	0,425	0,688
C38-70	139	2,28	3,26	3,22	5,32	2,76	3,65	2,07	1,78	2,61	0,385	1,38	0,368	0,608
C38-71	141	2,29	3,32	3,33	5,16	2,73	3,72	2,07	1,77	2,51	0,410	1,43	0,433	0,628
C38-72	143	2,31	3,40	3,11	5,73	2,65	3,90	2,03	1,75	2,38	0,408	1,45	0,393	0,643
C38-73	145	2,17	3,32	3,02	5,44	2,67	3,93	2,08	1,79	2,43	0,420	1,37	0,443	0,658
C38-74	147	2,23	3,22	3,16	5,35	2,64	3,67	2,14	1,62	2,39	0,420	1,40	0,388	0,653
C38-75	149	2,22	3,21	3,19	5,31	2,59	3,82	2,09	1,76	2,42	0,473	1,49	0,458	0,753
C38-76	151	2,14	3,18	3,17	5,51	2,69	3,72	1,89	1,67	2,38	0,428	1,42	0,390	0,655
C38-77	153	2,29	3,18	3,22	5,16	2,74	3,78	2,03	1,58	2,37	0,370	1,39	0,430	0,595
C38-78	155	2,07	3,20	3,20	5,26	2,74	3,75	2,00	1,72	2,41	0,418	1,35	0,398	0,620
C38-79	157	2,25	3,26	3,19	5,26	2,75	3,81	2,06	1,77	2,33	0,373	1,39	0,463	0,703
C38-80	159	2,13	3,17	3,06	5,24	2,79	3,67	2,01	1,75	2,30	0,465	1,37	0,375	0,580
C38-81	161	2,20	3,34	3,15	5,26	2,61	3,94	2,00	1,67	2,44	0,470	1,38	0,420	0,705
C38-82	163	2,31	3,35	3,03	5,58	2,67	3,85	1,97	1,58	2,47	0,455	1,33	0,513	0,605
C38-83	165	2,23	3,15	3,20	5,31	2,70	3,83	2,10	1,78	2,33	0,440	1,29	0,468	0,633
C38-84	167	2,24	3,24	3,00	5,49	2,61	3,72	2,03	1,68	2,40	0,433	1,34	0,393	0,505
C38-85	169													

## APÉNDICE II

Tabla General Radiométrica del núcleo Q3

MUESTRA	Prof. (cm)	Elementos Radiométricos (cps)												
		<sup>208</sup> Tl	<sup>214</sup> Bi	F1	<sup>228</sup> Ac	<sup>214</sup> Bi	<sup>40</sup> K	<sup>214</sup> Bi	F2	<sup>208</sup> Tl	F3	F4	F5	F6
Q3-1	1	2,06	2,91	3,09	5,41	2,69	3,68	2,07	1,73	2,40	0,445	1,15	0,408	0,605
Q3-2	3	2,23	3,19	3,15	5,43	2,63	3,82	1,93	1,77	2,34	0,453	1,38	0,415	0,530
Q3-3	5	2,10	3,32	3,13	5,36	2,67	3,79	1,94	1,73	2,36	0,438	1,30	0,463	0,583
Q3-4	7	2,16	3,27	3,01	5,18	2,73	3,83	2,03	1,66	2,34	0,413	1,31	0,445	0,598
Q3-5	9	2,10	3,01	3,10	5,52	2,66	3,78	1,96	1,71	2,54	0,480	1,30	0,423	0,578
Q3-6	11	2,06	3,27	3,08	5,32	2,65	3,84	2,01	1,66	2,41	0,503	1,26	0,440	0,545
Q3-7	13	2,24	3,33	3,20	5,37	2,65	3,79	2,03	1,72	2,36	0,450	1,40	0,463	0,610
Q3-8	15	2,13	3,19	3,20	5,70	2,68	4,02	2,03	1,76	2,38	0,450	1,24	0,473	0,588
Q3-9	17	2,07	3,23	3,04	5,36	2,75	3,73	1,92	1,69	2,39	0,483	1,29	0,488	0,658
Q3-10	19	2,24	3,13	2,94	5,64	2,68	3,75	1,92	1,71	2,36	0,483	1,30	0,410	0,643
Q3-11	21	2,24	3,03	3,06	5,54	2,50	3,78	1,96	1,70	2,30	0,415	1,26	0,453	0,615
Q3-12	23	2,28	3,29	2,96	5,44	2,58	3,72	1,92	1,78	2,45	0,380	1,31	0,463	0,563
Q3-13	25	2,12	3,11	3,14	5,68	2,60	3,85	2,02	1,80	2,57	0,423	1,31	0,453	0,513
Q3-14	27	2,09	3,07	3,08	5,41	2,62	3,63	1,97	1,69	2,48	0,413	1,23	0,495	0,608
Q3-15	29	2,20	3,29	2,90	5,43	2,67	3,61	2,06	1,74	2,39	0,363	1,34	0,433	0,543
Q3-16	31	2,14	3,29	3,05	5,41	2,72	3,69	2,01	1,63	2,31	0,400	1,35	0,460	0,583
Q3-17	33	2,15	3,18	3,07	5,35	2,73	3,88	2,04	1,65	2,39	0,418	1,28	0,490	0,595
Q3-18	35	2,21	3,11	3,19	5,54	2,64	3,83	1,91	1,80	2,43	0,488	1,37	0,485	0,593
Q3-19	37	2,22	3,32	2,99	5,50	2,61	3,73	1,82	1,68	2,47	0,403	1,32	0,455	0,568
Q3-20	39	2,07	3,10	2,97	5,51	2,63	3,82	2,05	1,72	2,47	0,450	1,30	0,438	0,540
Q3-21	41	2,21	3,34	3,10	5,63	2,60	3,86	2,01	1,71	2,39	0,473	1,31	0,473	0,598
Q3-22	43	2,22	3,25	3,00	5,45	2,53	3,78	1,99	1,67	2,42	0,440	1,40	0,430	0,535
Q3-23	45	2,07	3,07	2,95	5,75	2,64	3,74	1,90	1,60	2,45	0,458	1,26	0,475	0,630
Q3-24	47	2,20	3,31	3,13	5,34	2,69	3,80	1,92	1,60	2,30	0,468	1,31	0,543	0,558
Q3-25	49	2,29	3,30	3,16	5,41	2,74	3,84	1,96	1,77	2,40	0,433	1,17	0,475	0,553
Q3-26	51	2,25	3,10	2,97	5,57	2,52	3,71	1,92	1,77	2,44	0,468	1,32	0,393	0,643
Q3-27	53	2,23	3,20	3,01	5,30	2,64	3,75	1,97	1,63	2,39	0,405	1,38	0,485	0,518
Q3-28	55	2,27	3,16	2,96	5,66	2,71	3,91	1,88	1,85	2,44	0,463	1,37	0,455	0,583
Q3-29	57	2,23	3,13	3,08	5,57	2,62	3,81	1,85	1,74	2,42	0,410	1,31	0,423	0,545
Q3-30	59	2,19	3,18	3,03	5,49	2,77	4,00	1,99	1,71	2,48	0,453	1,34	0,440	0,560
Q3-31	61	2,10	3,23	3,21	5,66	2,57	3,84	2,04	1,68	2,56	0,405	1,33	0,483	0,580
Q3-32	63	2,29	3,37	2,84	5,48	2,58	3,75	2,00	1,74	2,46	0,480	1,31	0,433	0,535
Q3-33	65	2,24	3,22	2,88	5,42	2,75	3,92	1,89	1,71	2,47	0,363	1,31	0,445	0,678
Q3-34	67	2,40	3,20	3,02	5,65	2,72	3,68	1,93	1,74	2,46	0,525	1,38	0,525	0,603
Q3-35	69	2,11	3,20	3,13	5,60	2,59	3,76	2,05	1,67	2,37	0,453	1,37	0,443	0,555
Q3-36	71	2,18	3,26	3,09	5,55	2,72	3,80	2,10	1,54	2,39	0,408	1,22	0,398	0,553
Q3-37	73	2,26	3,42	2,99	5,69	2,71	3,73	1,91	1,77	2,39	0,483	1,36	0,420	0,580
Q3-38	75	2,36	3,18	3,12	5,62	2,70	3,85	1,99	1,68	2,34	0,428	1,31	0,420	0,653
Q3-39	77	2,24	3,18	3,29	5,34	2,74	3,71	1,92	1,63	2,35	0,408	1,43	0,423	0,625
Q3-40	79	2,28	3,29	3,14	5,59	2,68	3,82	1,97	1,71	2,38	0,393	1,30	0,405	0,613
Q3-41	81	2,29	3,11	3,08	5,49	2,55	3,74	2,04	1,63	2,23	0,405	1,40	0,453	0,565
Q3-42	83	2,18	3,15	3,13	5,35	2,59	3,80	2,01	1,69	2,32	0,415	1,38	0,468	0,575
Q3-43	85	2,13	3,29	2,94	5,43	2,54	3,70	1,86	1,70	2,19	0,408	1,36	0,475	0,625
Q3-44	87	2,25	3,12	3,09	5,38	2,61	3,76	1,99	1,75	2,41	0,400	1,35	0,380	0,618
Q3-45	89	2,18	3,24	2,91	5,42	2,61	3,91	2,00	1,61	2,39	0,423	1,33	0,483	0,630
Q3-46	91	2,23	3,17	3,08	5,55	2,79	3,63	1,84	1,74	2,49	0,455	1,31	0,473	0,595
Q3-47	93	2,11	3,31	3,16	5,38	2,72	3,73	2,08	1,76	2,49	0,430	1,49	0,458	0,598
Q3-48	95	2,18	3,22	3,15	5,44	2,70	3,78	1,81	1,78	2,46	0,415	1,33	0,405	0,578
Q3-49	97	2,08	3,34	3,04	5,64	2,41	3,68	1,89	1,72	2,38	0,478	1,36	0,433	0,620
Q3-50	99	2,00	3,09	2,96	5,56	2,67	3,75	1,93	1,71	2,50	0,433	1,34	0,410	0,578
Q3-51	101	2,24	2,91	3,10	5,78	2,69	3,85	1,85	1,63	2,25	0,430	1,37	0,460	0,515
Q3-52	103	2,20	3,24	3,02	5,66	2,61	3,89	2,01	1,72	2,34	0,443	1,27	0,465	0,530
Q3-53	105	2,18	3,12	2,88	5,53	2,70	3,83	2,07	1,86	2,37	0,498	1,29	0,473	0,635
Q3-54	107	2,10	3,19	3,03	5,69	2,67	3,86	1,94	1,66	2,41	0,438	1,39	0,445	0,625
Q3-55	109	2,14	3,13	2,88	5,46	2,62	3,73	1,96	1,65	2,48	0,403	1,29	0,465	0,578
Q3-56	111	2,23	2,95	2,88	5,66	2,60	3,76	1,77	1,75	2,42	0,408	1,35	0,468	0,478
Q3-57	113	2,18	2,99	2,95	5,48	2,56	3,83	2,08	1,60	2,52	0,430	1,33	0,438	0,540
Q3-58	115	2,25	3,22	2,93	5,51	2,52	3,75	1,96	1,66	2,40	0,425	1,33	0,473	0,590
Q3-59	117	2,08	3,20	2,97	5,63	2,59	3,71	1,97	1,67	2,36	0,418	1,28	0,465	0,548
Q3-60	119	2,09	3,15	3,04	5,64	2,52	3,78	1,97	1,68	2,30	0,433	1,39	0,478	0,553
Q3-61	121	2,29	3,19	3,02	5,56	2,68	3,85	1,95	1,68	2,44	0,448	1,23	0,455	0,565
Q3-62	123	2,26	3,09	3,11	5,24	2,73	3,72	2,08	1,71	2,41	0,435	1,33	0,403	0,643
Q3-63	125	2,18	3,25	2,97	5,55	2,63	3,93	1,93	1,69	2,38	0,453	1,32	0,378	0,600
Q3-64	127	2,20	3,19	2,99	5,49	2,61	3,72	2,12	1,66	2,47	0,413	1,32	0,360	0,578
Q3-65	129	2,30	3,24	3,13	5,58	2,62	3,85	1,98	1,81	2,43	0,485	1,38	0,428	0,558
Q3-66	131	2,25	3,24	3,02	5,51	2,72	3,68	1,86	1,56	2,42	0,440	1,39	0,410	0,620
Q3-67	133	2,33	3,24	3,15	5,64	2,73	3,74	2,02	1,65	2,38	0,425	1,35	0,460	0,595
Q3-68	135	2,20	3,34	3,06	5,88	2,41	3,90	1,89	1,80	2,45	0,495	1,32	0,500	0,555
Q3-69	137	2,21	3,28	3,05	5,51	2,68	3,65	1,95	1,84	2,56	0,370	1,23	0,420	0,578
Q3-70	139	2,11	3,06	3,09	5,56	2,62	3,91	1,89	1,71	2,35	0,428	1,39	0,450	0,555
Q3-71	141	2,25	3,27	2,91	5,58	2,64	3,76	1,82	1,66	2,59	0,440	1,40	0,503	0,528
Q3-72	143	2,24	3,11	2,96	5,42	2,70	3,65	1,94	1,67	2,43	0,425	1,40	0,468	0,555
Q3-73	145	2,26	3,21	3,08	5,61	2,59	3,74	1,86	1,64	2,36	0,448	1,24	0,433	0,548
Q3-74	147	2,22	3,13	3,05	5,75	2,69	3,67	2,00	1,75	2,52	0,445	1,23	0,393	0,563
Q3-75	149	2,04	3,24	3,19	5,45	2,67	3,72	1,94	1,65	2,24	0,428	1,44	0,450	0,590
Q3-76	151	2,22	3,05	3,18	5,69	2,80	3,72	1,99	1,67	2,49	0,388	1,33	0,430	0,570
Q3-77	153	2,25	3,22	2,88	5,66	2,76	3,83	1,95	1,64	2,41	0,408	1,23	0,448	0,540
Q3-78	155	2,10	3,10	3,13	5,71	2,77	3,81	2,04	1,77	2,45	0,368	1,30	0,450	0,523
Q3-79	157	2,26	3,26	3,00	5,77	2,84	3,88	1,99	1,77	2,24	0,445	1,40	0,505	0,585
Q3-80	159	2,18	3,17	3,08	5,66	2,71	3,74	2,00	1,71	2,40	0,415	1,25	0,433	0,575
Q3-81	161	2,17	3,27	3,14	5,56	2,49	3,82	1,98	1,68	2,45	0,423	1,26	0,445	0,610
Q3-82	163	2,15	3,07	2,98	5,56	2,65	3,65	1,93	1,88	2,47	0,490	1,19	0,515	0,568

APÉNDICE III

Tabla de coeficientes críticos de correlación (SNEDECOR 1946, en DIXON *et al.* 1966)

24

**TABLE 7. CRITICAL ABSOLUTE VALUES OF CORRELATION COEFFICIENT  $r^*$**

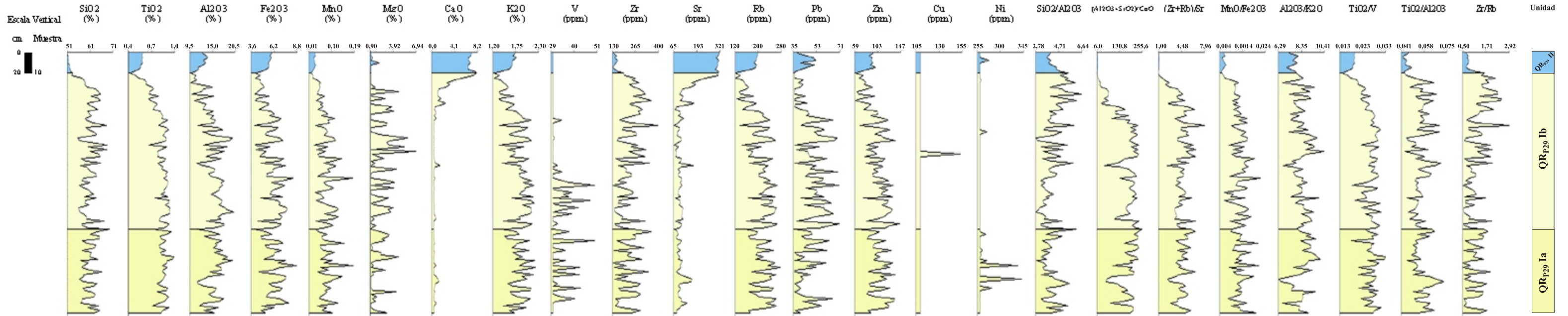
5% points and 1% points (in boldface) for equal-tails test of hypothesis  $\rho = 0$ .

$f$	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
	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>		<b>.496</b>	<b>.565</b>	<b>.609</b>	<b>.642</b>
2	.950	.975	.983	.987	25	.381	.462	.514	.553
	<b>.990</b>	<b>.995</b>	<b>.997</b>	<b>.998</b>		<b>.487</b>	<b>.555</b>	<b>.600</b>	<b>.633</b>
3	.878	.930	.950	.961	26	.374	.454	.506	.545
	<b>.959</b>	<b>.976</b>	<b>.983</b>	<b>.987</b>		<b>.478</b>	<b>.546</b>	<b>.590</b>	<b>.624</b>
4	.811	.881	.912	.930	27	.367	.446	.498	.536
	<b>.917</b>	<b>.949</b>	<b>.962</b>	<b>.970</b>		<b>.470</b>	<b>.538</b>	<b>.582</b>	<b>.615</b>
5	.754	.836	.874	.898	28	.361	.439	.490	.529
	<b>.874</b>	<b>.917</b>	<b>.937</b>	<b>.949</b>		<b>.463</b>	<b>.530</b>	<b>.573</b>	<b>.606</b>
6	.707	.795	.839	.867	29	.355	.432	.482	.521
	<b>.834</b>	<b>.886</b>	<b>.911</b>	<b>.927</b>		<b>.456</b>	<b>.522</b>	<b>.565</b>	<b>.598</b>
7	.666	.758	.807	.838	30	.349	.426	.476	.514
	<b>.798</b>	<b>.855</b>	<b>.885</b>	<b>.904</b>		<b>.449</b>	<b>.514</b>	<b>.558</b>	<b>.591</b>
8	.632	.726	.777	.811	35	.325	.397	.445	.482
	<b>.765</b>	<b>.827</b>	<b>.860</b>	<b>.882</b>		<b>.418</b>	<b>.481</b>	<b>.523</b>	<b>.556</b>
9	.602	.697	.750	.786	40	.304	.373	.419	.455
	<b>.735</b>	<b>.800</b>	<b>.836</b>	<b>.861</b>		<b>.393</b>	<b>.454</b>	<b>.494</b>	<b>.526</b>
10	.576	.671	.726	.763	45	.288	.353	.397	.432
	<b>.708</b>	<b>.776</b>	<b>.814</b>	<b>.840</b>		<b>.372</b>	<b>.430</b>	<b>.470</b>	<b>.501</b>
11	.553	.648	.703	.741	50	.273	.336	.379	.412
	<b>.684</b>	<b>.753</b>	<b>.793</b>	<b>.821</b>		<b>.354</b>	<b>.410</b>	<b>.449</b>	<b>.479</b>
12	.532	.627	.683	.722	60	.250	.308	.348	.380
	<b>.661</b>	<b>.732</b>	<b>.773</b>	<b>.802</b>		<b>.325</b>	<b>.377</b>	<b>.414</b>	<b>.442</b>
13	.514	.608	.664	.703	70	.232	.286	.324	.354
	<b>.641</b>	<b>.712</b>	<b>.755</b>	<b>.785</b>		<b>.302</b>	<b>.351</b>	<b>.386</b>	<b>.413</b>
14	.497	.590	.646	.686	80	.217	.269	.304	.332
	<b>.623</b>	<b>.694</b>	<b>.737</b>	<b>.768</b>		<b>.283</b>	<b>.330</b>	<b>.362</b>	<b>.389</b>
15	.482	.574	.630	.670	90	.205	.254	.288	.315
	<b>.606</b>	<b>.677</b>	<b>.721</b>	<b>.752</b>		<b>.267</b>	<b>.312</b>	<b>.343</b>	<b>.368</b>
16	.468	.559	.615	.655	100	.195	.241	.274	.300
	<b>.590</b>	<b>.662</b>	<b>.706</b>	<b>.738</b>		<b>.254</b>	<b>.297</b>	<b>.327</b>	<b>.351</b>
17	.456	.545	.601	.641	125	.174	.216	.246	.269
	<b>.575</b>	<b>.647</b>	<b>.691</b>	<b>.724</b>		<b>.228</b>	<b>.266</b>	<b>.294</b>	<b>.316</b>
18	.444	.532	.587	.628	150	.159	.198	.225	.247
	<b>.561</b>	<b>.633</b>	<b>.678</b>	<b>.710</b>		<b>.208</b>	<b>.244</b>	<b>.270</b>	<b>.290</b>
19	.433	.520	.575	.615	200	.138	.172	.196	.215
	<b>.549</b>	<b>.620</b>	<b>.665</b>	<b>.698</b>		<b>.181</b>	<b>.212</b>	<b>.234</b>	<b>.253</b>
20	.423	.509	.563	.604	300	.113	.141	.160	.176
	<b>.537</b>	<b>.608</b>	<b>.652</b>	<b>.685</b>		<b>.148</b>	<b>.174</b>	<b>.192</b>	<b>.208</b>
21	.413	.498	.552	.592	400	.098	.122	.139	.153
	<b>.526</b>	<b>.596</b>	<b>.641</b>	<b>.674</b>		<b>.128</b>	<b>.151</b>	<b>.167</b>	<b>.180</b>
22	.404	.488	.542	.582	500	.088	.109	.124	.137
	<b>.515</b>	<b>.585</b>	<b>.630</b>	<b>.663</b>		<b>.115</b>	<b>.135</b>	<b>.150</b>	<b>.162</b>
23	.396	.479	.532	.572	1000	.062	.077	.088	.097
	<b>.505</b>	<b>.574</b>	<b>.619</b>	<b>.652</b>		<b>.081</b>	<b>.096</b>	<b>.106</b>	<b>.115</b>

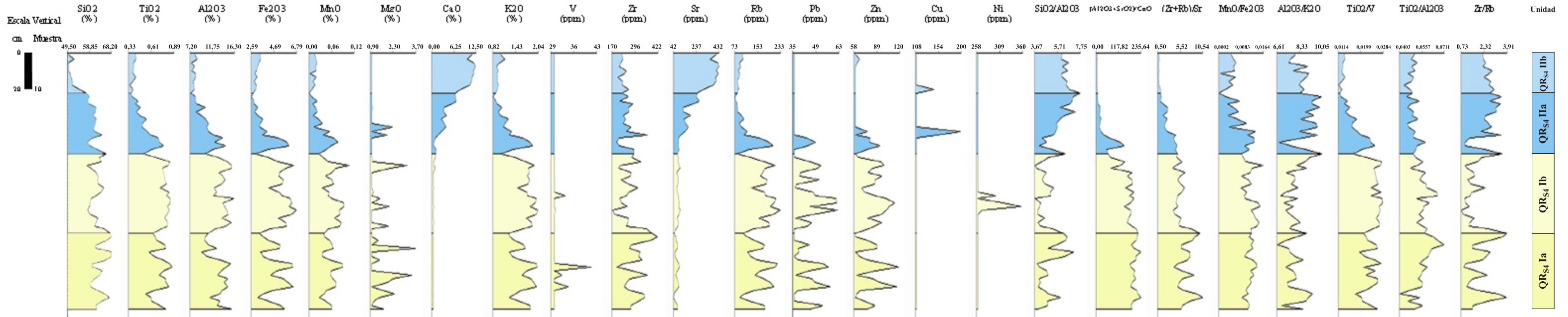
\* Use explained in Sec. 6.1.4a, 6.2.5b, and 6.2.5c. The inverse square roots of the numbers of degrees of freedom, rather than the numbers themselves, should be used for linear interpolation. Reproduced, with the permission of the author and the publisher, from G. W. Snedecor, *Statistical Methods*, 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.

## APÉNDICE IV

### PERFILES QUÍMICOS ORIGINALES DEL NÚCLEO PD - 01G P29



### PERFILES QUÍMICOS ORIGINALES DEL NÚCLEO PD - 01G S4

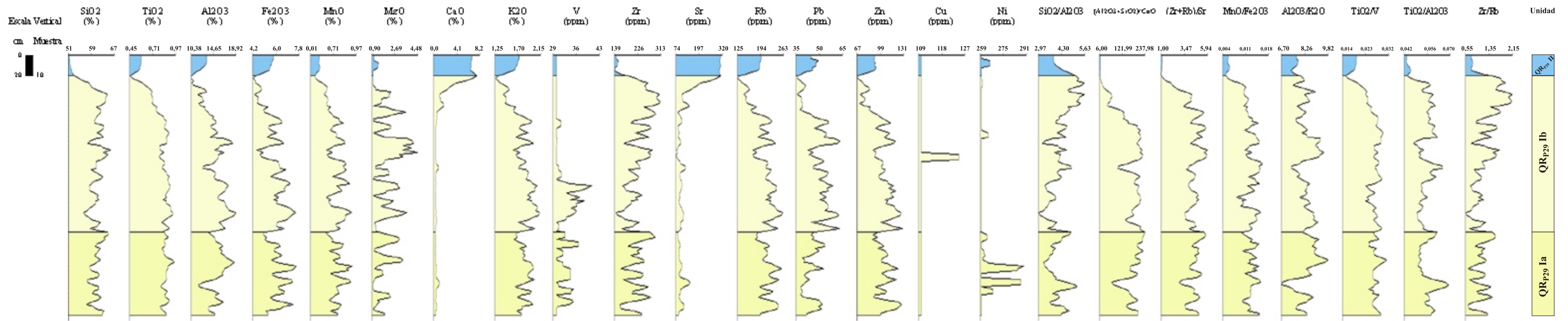


ELABORADO POR: CEDILLO, JOSEPH  
OLAYA, WILLIAM

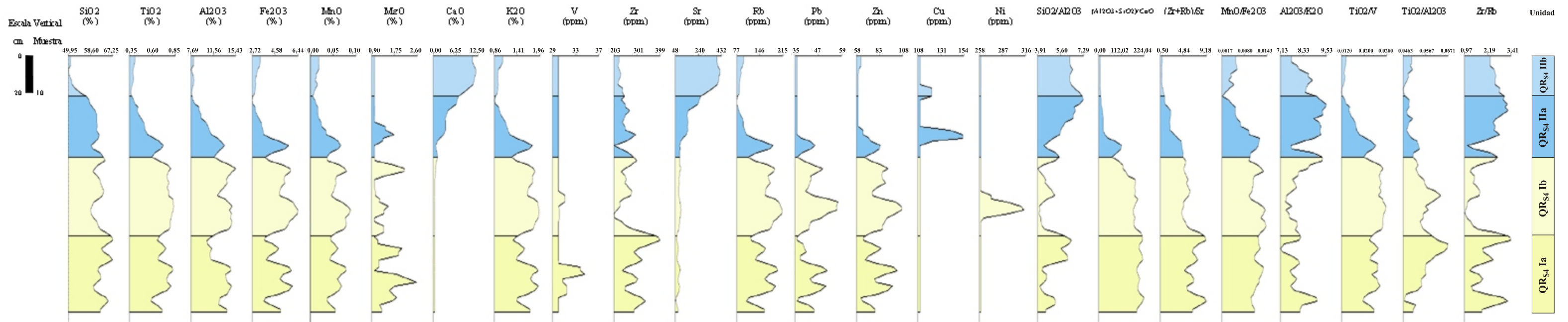


## APÉNDICE IV

### PERFILES QUÍMICOS SUAVIZADOS (PROMEDIO MÓVIL 3) DEL NÚCLEO PD – 01G P29

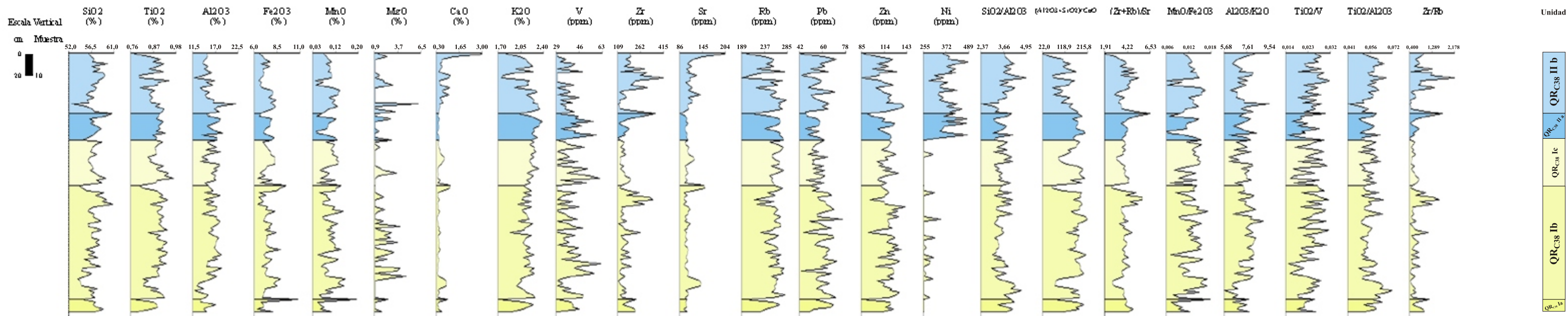


### PERFILES QUÍMICOS SUAVIZADOS (PROMEDIO MÓVIL 3) DEL NÚCLEO PD – 01G S4

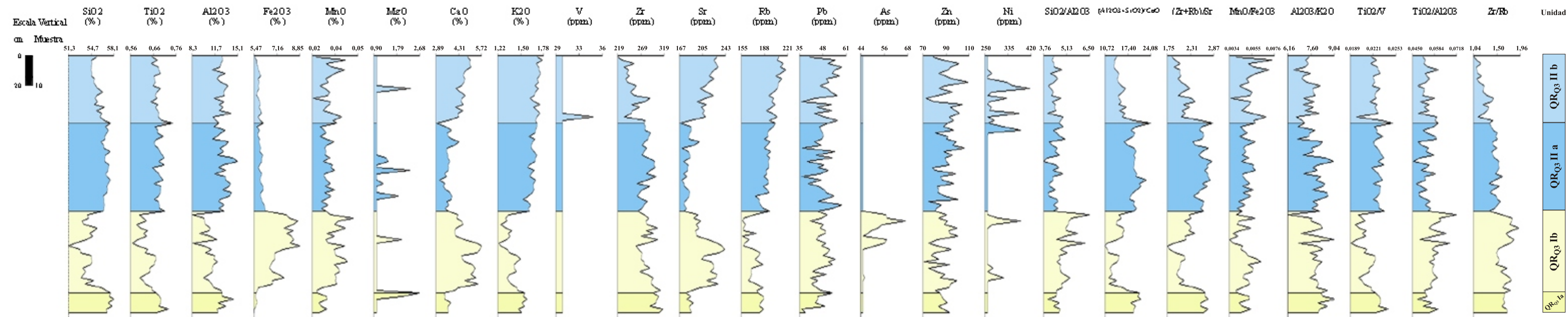


# APÉNDICE IV

## PERFILES QUÍMICOS ORIGINALES DEL NÚCLEO PD - 01G C38

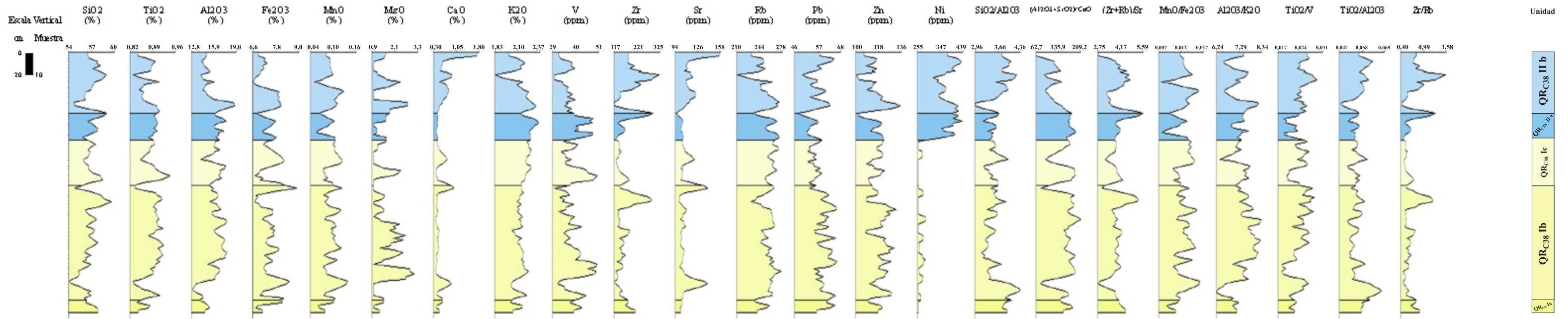


## PERFILES QUÍMICOS ORIGINALES DEL NÚCLEO PD - 01G Q3

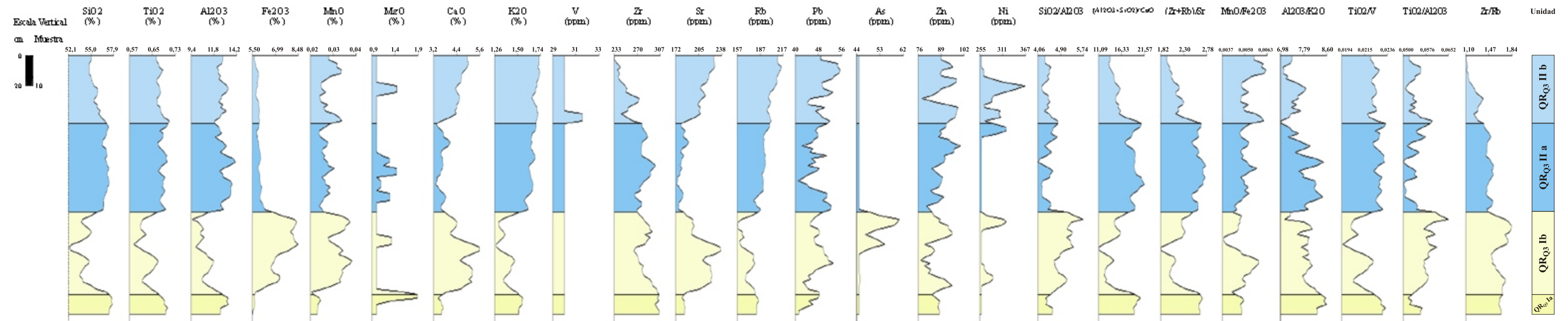


## APÉNDICE IV

### PERFILES QUÍMICOS SUAVIZADOS (PROMEDIO MÓVIL 3) DEL NÚCLEO PD - 01G C38

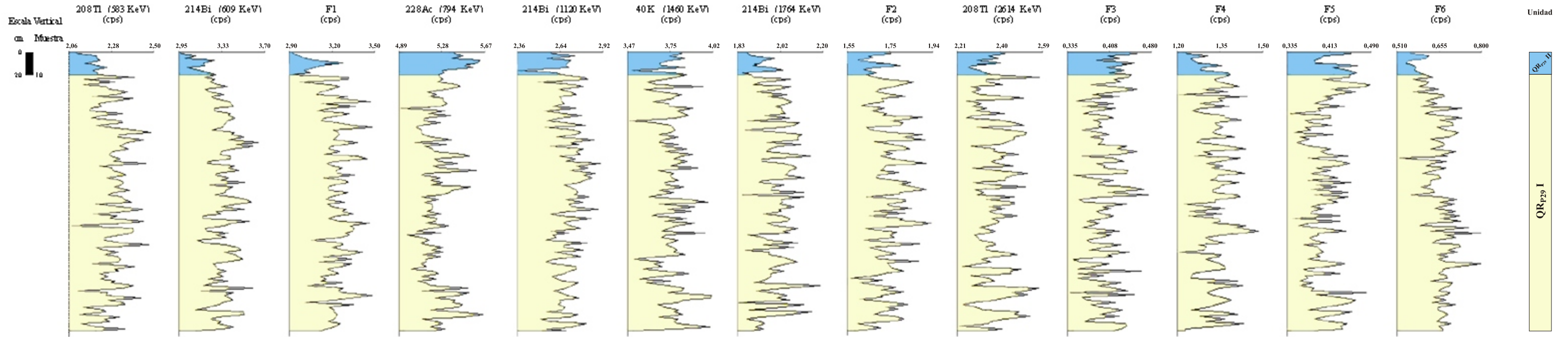


### PERFILES QUÍMICOS SUAVIZADOS (PROMEDIO MÓVIL 3) DEL NÚCLEO PD - 01G Q3

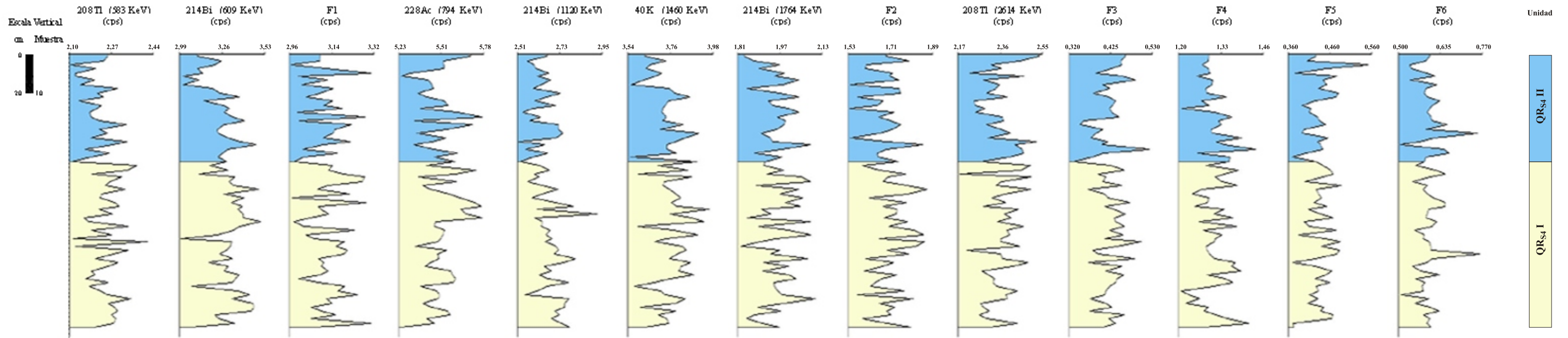


APÉNDICE IV

PERFILES RADIOMÉTRICOS ORIGINALES DEL NÚCLEO PD - 01G P29

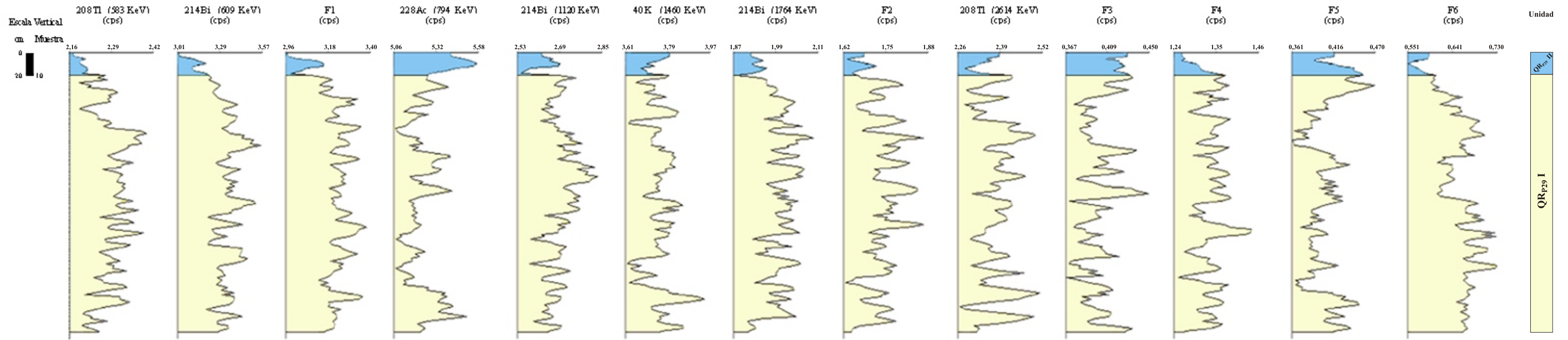


PERFILES RADIOMÉTRICOS ORIGINALES DEL NÚCLEO PD - 01G S4

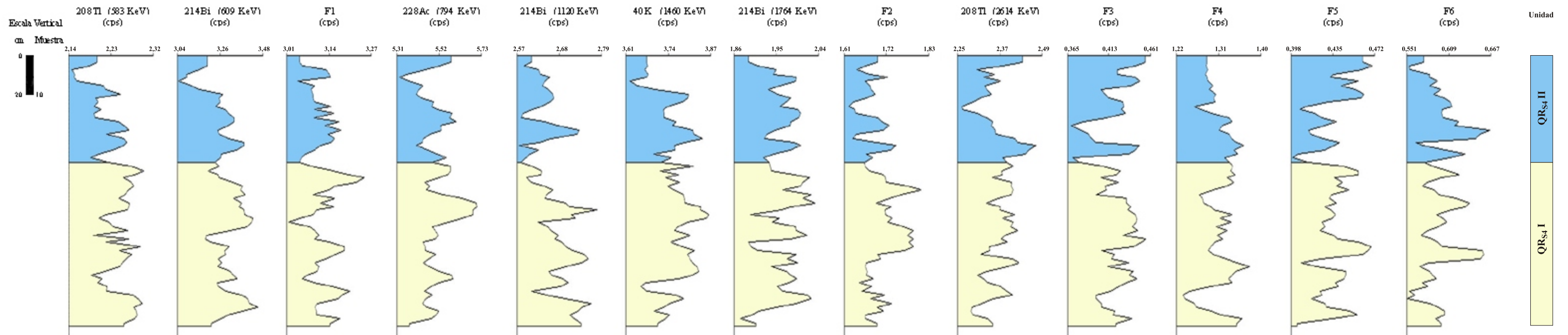


## APÉNDICE IV

### PERFILES RADIOMÉRICOS SUAVIZADOS (PROMEDIO MÓVIL 3) DEL NÚCLEO PD - 01G P29

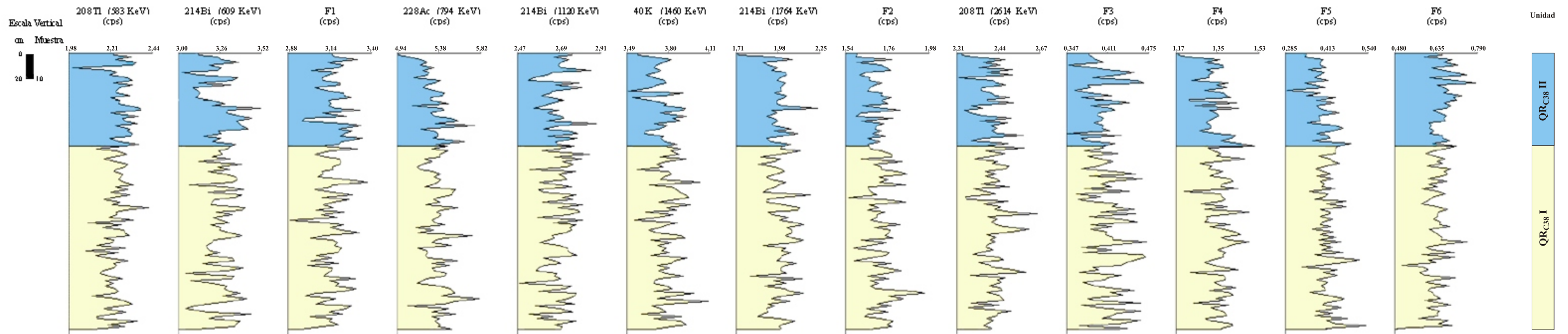


### PERFILES RADIOMÉRICOS SUAVIZADOS (PROMEDIO MÓVIL 3) DEL NÚCLEO PD - 01G S4

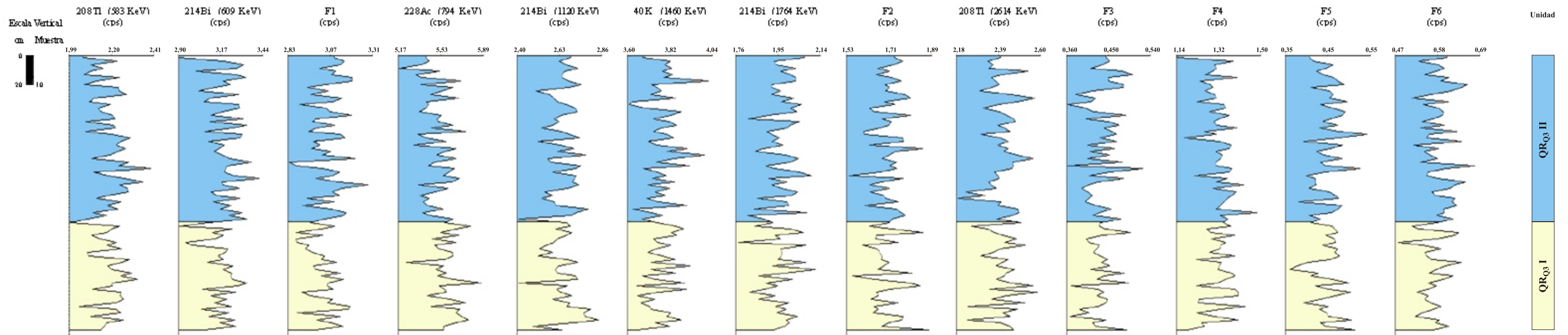


APÉNDICE IV

PERFILES RADIOMÉTRICOS ORIGINALES DEL NÚCLEO PD - 01G C38

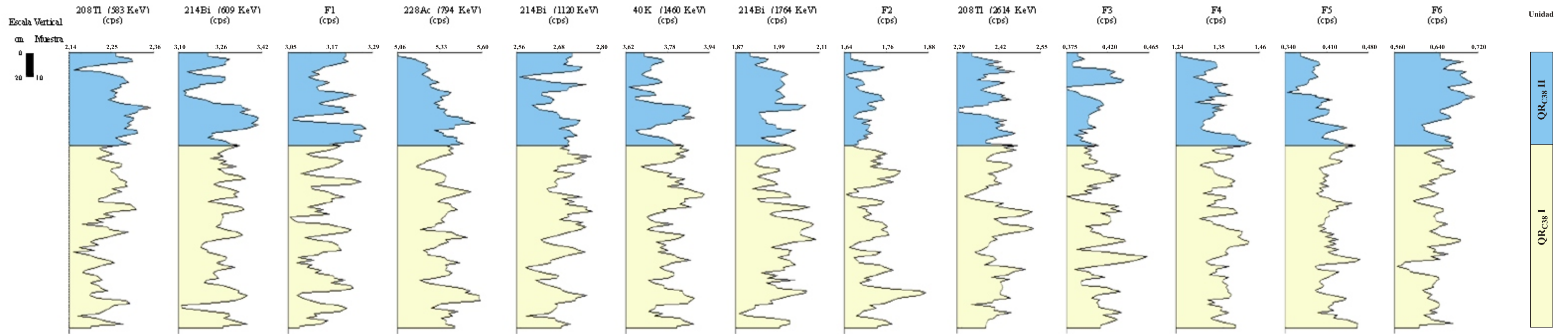


PERFILES RADIOMÉTRICOS ORIGINALES DEL NÚCLEO PD - 01G Q3

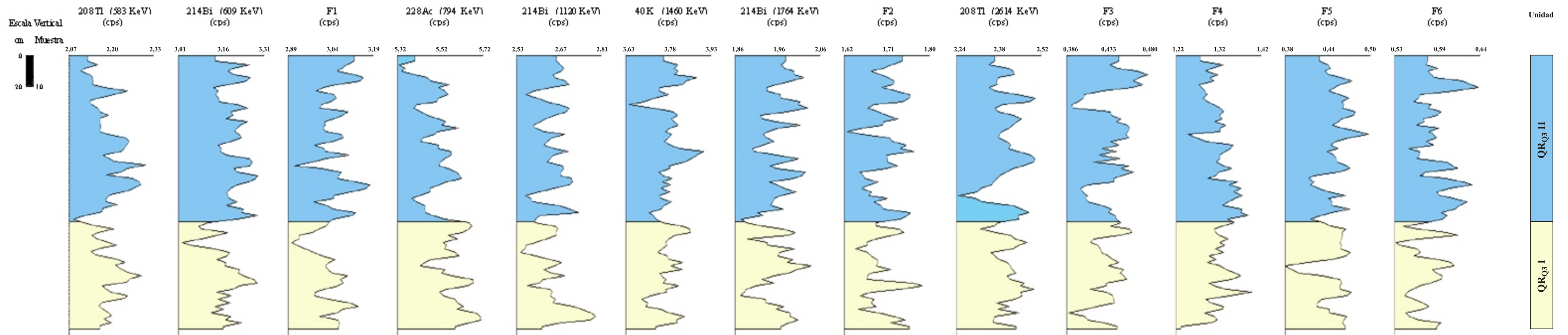


APÉNDICE IV

PERFILES RADIOMÉRICOS SUAVIZADOS (PROMEDIO MÓVIL 3) DEL NÚCLEO PD - 01G C38



PERFILES RADIOMÉRICOS SUAVIZADOS (PROMEDIO MÓVIL 3) DEL NÚCLEO PD - 01G Q3



## APÉNDICE V

## Coeficientes de las funciones discriminantes radiométricas del núcleo P29

Variables radiométricas	FD 1	FD 2
$^{208}\text{Tl}$ (583 KeV)	0,0616767	-0,141652
$^{214}\text{Bi}$ (609 KeV)	0,330391	0,171389
<b>F1</b>	0,465669	0,0408685
$^{228}\text{Ac}$ (794 KeV)	-0,461	0,405693
$^{214}\text{Bi}$ (1120 KeV)	0,228227	-0,323767
$^{40}\text{K}$ (1460 KeV)	-0,102846	-0,044582
$^{214}\text{Bi}$ (1764 KeV)	0,196394	-0,573018
<b>F2</b>	0,274377	-0,315725
$^{208}\text{Tl}$ (2614 KeV)	-0,00148776	0,167208
<b>F3</b>	-0,044058	-0,133261
<b>F4</b>	0,122143	-0,0344929
<b>F5</b>	0,0022567	-0,0822254
<b>F6</b>	0,357724	0,825724

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\mathbf{FD1} = 0,616767^{208}\text{Tl}_{(583\text{ KeV})} + 0,330391^{214}\text{Bi}_{(609\text{ KeV})} + 0,465669\mathbf{F1} - 0,461^{228}\text{Ac}_{(794\text{ KeV})} + 0,228227^{214}\text{Bi}_{(1120\text{ KeV})} - 0,102846^{40}\text{K}_{(1460\text{ KeV})} + 0,196394^{214}\text{Bi}_{(1764\text{ KeV})} + 0,274377\mathbf{F2} - 0,00148776^{208}\text{Tl}_{(2614\text{ KeV})} - 0,044058\mathbf{F3} + 0,122143\mathbf{F4} + 0,0022567\mathbf{F5} + 0,357724\mathbf{F6}$$

$$\mathbf{FD2} = -0,141652^{208}\text{Tl}_{(583\text{ KeV})} + 0,171389^{214}\text{Bi}_{(609\text{ KeV})} + 0,0408685\mathbf{F1} + 0,405693^{228}\text{Ac}_{(794\text{ KeV})} - 0,323767^{214}\text{Bi}_{(1120\text{ KeV})} - 0,044582^{40}\text{K}_{(1460\text{ KeV})} - 0,573018^{214}\text{Bi}_{(1764\text{ KeV})} - 0,315725\mathbf{F2} + 0,167208^{208}\text{Tl}_{(2614\text{ KeV})} - 0,133261\mathbf{F3} - 0,0344929\mathbf{F4} - 0,0822254\mathbf{F5} + 0,825724\mathbf{F6}$$



### Coeficientes de las funciones discriminantes químico-radiométricas del núcleo P29

Variables químicas radiométricas	FD 1	FD 2
<b>SiO<sub>2</sub></b>	0,91486	-0,247673
<b>TiO<sub>2</sub></b>	-8,39234	13,3579
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	-0,11778	0,3259
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,20685	-0,07032
<b>MnO</b>	-8,10015	-4,58338
<b>MgO</b>	0,611234	-0,286812
<b>CaO</b>	3,27003	-0,286879
<b>K<sub>2</sub>O</b>	8,77442	-11,2819
<b>V</b>	-0,0484553	0,0782804
<b>Zr</b>	-0,000392545	-0,0149708
<b>Sr</b>	-0,0133324	0,000244527
<b>Rb</b>	0,0172564	0,0407168
<b>Pb</b>	0,0461774	-0,138799
<b>Zn</b>	0,00109621	-0,0332051
<b>Cu</b>	0,00127293	0,00676165
<b>Ni</b>	-0,00881851	0,0236946
<sup>208</sup> Tl (583 KeV)	0,962994	-1,92587
<sup>214</sup> Bi (609 KeV)	0,800473	1,31243
<b>F1</b>	-3,28723	-1,78196
<sup>228</sup> Ac (794 KeV)	1,22451	3,25152
<sup>214</sup> Bi (1120 KeV)	-2,05549	-2,80358
<sup>40</sup> K (1460 KeV)	0,721753	-0,0665166
<sup>214</sup> Bi (1764 KeV)	0,625062	-7,66122
<b>F2</b>	-0,198455	-1,03446
<sup>208</sup> Tl (2614 KeV)	-1,39451	1,31379
<b>F3</b>	-4,20895	-4,77081
<b>F4</b>	0,503064	-5,19194
<b>F5</b>	-5,35883	-4,15984
<b>F6</b>	-1,29154	6,50488
<b>Constante</b>	-65,8146	33,3069

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD\ 1} = & 0,91486\text{SiO}_2 - 8,39234\text{TiO}_2 - 0,11778\text{Al}_2\text{O}_3 + 1,20685\text{Fe}_2\text{O}_3 - 8,10015\text{MnO} + \\
 & 0,611234\text{MgO} + 3,27003\text{CaO} + 8,77442\text{K}_2\text{O} - 0,0484553\text{V} - 0,000392545\text{Zr} - 0,0133324\text{Sr} + \\
 & 0,0172564\text{Rb} + 0,0461774\text{Pb} + 0,00109621\text{Zn} + 0,00127293\text{Cu} - 0,00881851\text{Ni} + \\
 & 0,962994^{208}\text{Tl}_{(583\ \text{KeV})} + 0,800473^{214}\text{Bi}_{(609\ \text{KeV})} - 3,28723\text{F1} + 1,22451^{228}\text{Ac}_{(794\ \text{KeV})} - \\
 & 2,05549^{214}\text{Bi}_{(1120\ \text{KeV})} + 0,721753^{40}\text{K}_{(1460\ \text{KeV})} + 0,625062^{214}\text{Bi}_{(1764\ \text{KeV})} - 0,198455\text{F2} - \\
 & 1,39451^{208}\text{Tl}_{(2614\ \text{KeV})} - 4,20895\text{F3} + 0,503064\text{F4} - 4,15984\text{F5} - 1,29154\text{F6} + 33,3069
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD\ 2} = & - 0,247673\text{SiO}_2 + 13,3579\text{TiO}_2 + 0,3259\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,07032\text{Fe}_2\text{O}_3 - 4,58338\text{MnO} - \\
 & 0,286812\text{MgO} - 0,286879\text{CaO} - 11,2819\text{K}_2\text{O} + 0,07828047\text{V} - 0,0149708\text{Zr} + \\
 & 0,000244527\text{Sr} + 0,0407168\text{Rb} - 0,138799\text{Pb} - 0,0332051\text{Zn} + 0,00676165\text{Cu} + 0,0236946\text{Ni} \\
 & - 1,92587^{208}\text{Tl}_{(583\ \text{KeV})} + 1,31243^{214}\text{Bi}_{(609\ \text{KeV})} - 1,78196\text{F1} + 3,25152^{228}\text{Ac}_{(794\ \text{KeV})} - \\
 & 2,80358^{214}\text{Bi}_{(1120\ \text{KeV})} - 0,0665166^{40}\text{K}_{(1460\ \text{KeV})} - 7,66122^{214}\text{Bi}_{(1764\ \text{KeV})} - 1,03446\text{F2} + \\
 & 1,31379^{208}\text{Tl}_{(2614\ \text{KeV})} - 4,77081\text{F3} - 5,19194\text{F4} + 6,91291\text{F5} - 6,50488\text{F6} - 28,1561
 \end{aligned}$$

### Coeficientes de las funciones discriminantes químicas del núcleo S4

Variables químicas	FD 1	FD 2
<b>SiO<sub>2</sub></b>	-0,296626	0,968622
<b>TiO<sub>2</sub></b>	-8,07573	-11,4299
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	-0,0651211	-0,510396
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,183271	0,578936
<b>MnO</b>	-5,17528	-5,89401
<b>MgO</b>	-0,429911	0,962533
<b>CaO</b>	0,336204	1,11607
<b>K<sub>2</sub>O</b>	-1,4028	15,7044
<b>V</b>	0,0191518	0,022066
<b>Zr</b>	0,0010232	0,00883235
<b>Sr</b>	-0,00131996	0,0204163
<b>Rb</b>	0,0214081	-0,00444415
<b>Pb</b>	-0,0540965	0,0150236
<b>Zn</b>	-0,0119778	0,0139226
<b>Cu</b>	0,0219123	-0,0245811
<b>Ni</b>	-0,00451946	0,0102214
<b>Constante</b>	23,2075	-81,4743

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\mathbf{FD1} = - 0,296626\text{SiO}_2 - 8,07573\text{TiO}_2 - 0,0651211\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,183271\text{Fe}_2\text{O}_3 - 5,17528\text{MnO} - 0,429911\text{MgO} + 0,336204\text{CaO} - 1,4028\text{K}_2\text{O} + 0,0191518\text{V} + 0,0010232\text{Zr} - 0,00131996\text{Sr} + 0,214081\text{Rb} - 0,0540965\text{Pb} - 0,0119778\text{Zn} + 0,0219123\text{Cu} - 0,00451946\text{Ni} + 23,2075$$

$$\mathbf{FD2} = 0,968622\text{SiO}_2 - 11,4299\text{TiO}_2 - 0,510396\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,578936\text{Fe}_2\text{O}_3 - 5,89401\text{MnO} + 0,962533\text{MgO} + 1,11607\text{CaO} + 15,7044\text{K}_2\text{O} + 0,022066\text{V} + 0,00883235\text{Zr} + 0,0204163\text{Sr} - 0,00444415\text{Rb} + 0,0150236\text{Pb} + 0,0139226\text{Zn} - 0,0245811\text{Cu} + 0,0102214\text{Ni} - 81,4743$$

### Coeficientes de las funciones discriminantes radiométricas del núcleo S4

Variables radiométricas	FD 1	FD 2
<sup>208</sup> Tl (583 KeV)	-0,149809	0,0489522
<sup>214</sup> Bi (609 KeV)	0,770245	0,0532881
F1	0,231479	0,0841694
<sup>228</sup> Ac (794 KeV)	0,10122	0,549276
<sup>214</sup> Bi (1120 KeV)	-0,186536	-0,03477
<sup>40</sup> K (1460 KeV)	-0,189652	0,190421
<sup>214</sup> Bi (1764 KeV)	0,11534	0,201899
F2	-0,125766	0,614385
<sup>208</sup> Tl (2614 KeV)	-0,162733	0,423438
F3	-0,334867	0,26117
F4	0,455171	-0,0507159
F5	-0,589764	0,229619
F6	0,562636	-0,0138169

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD1} = & - 0,149809^{208}\text{Tl}_{(583 \text{ KeV})} + 0,770245^{214}\text{Bi}_{(609 \text{ KeV})} + 0,231479\text{F1} + 0,10122^{228}\text{Ac}_{(794 \text{ KeV})} \\
 & - 0,186536^{214}\text{Bi}_{(1120 \text{ KeV})} - 0,189652^{40}\text{K}_{(1460 \text{ KeV})} + 0,11534^{214}\text{Bi}_{(1764 \text{ KeV})} + 0,125766\text{F2} - \\
 & 0,162733^{208}\text{Tl}_{(2614 \text{ KeV})} - 0,334867\text{F3} + 0,455171\text{F4} - 0,589764\text{F5} + 0,562636\text{F6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD2} = & 0,0489522^{208}\text{Tl}_{(583 \text{ KeV})} + 0,0532881^{214}\text{Bi}_{(609 \text{ KeV})} + 0,0841694\text{F1} + 0,549276^{228}\text{Ac}_{(794 \text{ KeV})} \\
 & - 0,03477^{214}\text{Bi}_{(1120 \text{ KeV})} + 0,190421^{40}\text{K}_{(1460 \text{ KeV})} + 0,201899^{214}\text{Bi}_{(1764 \text{ KeV})} + 0,614385\text{F2} + \\
 & 0,423438^{208}\text{Tl}_{(2614 \text{ KeV})} + 0,26117\text{F3} - 0,0507159\text{F4} + 0,229619\text{F5} - 0,0138169\text{F6}
 \end{aligned}$$

### Coeficientes de las funciones discriminantes químico-radiométricas del núcleo S4

Variables químicas radiométricas	FD 1	FD 2
SiO <sub>2</sub>	-0,405246	1,00083
TiO <sub>2</sub>	-2,98392	-21,497
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,209764	-0,449252
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,32995	1,1025
MnO	-22,5081	-21,7307
MgO	-0,731767	1,534
CaO	2,02865	2,38073
K <sub>2</sub> O	-1,86216	12,8915
V	0,0690491	0,0891181
Zr	0,00383305	0,0201775
Sr	-0,0518299	-0,0196661
Rb	0,00347405	0,0605524
Pb	-0,00655602	-0,0161476
Zn	-0,0200523	-0,00807202
Cu	0,0271792	-0,0317627
Ni	-0,0018054	-0,00071639
<sup>208</sup> Tl (583 KeV)	-1,03366	0,15597
<sup>214</sup> Bi (609 KeV)	-1,36427	1,23131
F1	-2,443	-3,45868
<sup>228</sup> Ac (794 KeV)	0,552663	-2,65409
<sup>214</sup> Bi (1120 KeV)	-1,98966	10,3196
<sup>40</sup> K (1460 KeV)	0,448433	-1,35301
<sup>214</sup> Bi (1764 KeV)	1,48071	0,673105
F2	4,78056	-3,74999
<sup>208</sup> Tl (2614 KeV)	6,44587	-2,04005
F3	-10,676	0,761458
F4	7,67221	3,15241
F5	7,42222	8,20861
F6	-0,778718	-15,9003
Constante	5,4808	-71,3574

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD\ 1} = & - 0,405246\text{SiO}_2 - 2,98392\text{TiO}_2 - 0,209764\text{Al}_2\text{O}_3 + 1,32995\text{Fe}_2\text{O}_3 - 22,5081\text{MnO} - \\
 & 0,731767\text{MgO} + 2,02865\text{CaO} - 1,86216\text{K}_2\text{O} + 0,0690491\text{V} + 0,00383305\text{Zr} - 0,0518299\text{Sr} + \\
 & 0,00347405\text{Rb} - 0,00655602\text{Pb} - 0,0200523\text{Zn} + 0,0271792\text{Cu} - 0,0018054\text{Ni} - 1,03366^{208}\text{Tl} \\
 & (583\ \text{KeV}) - 1,36427^{214}\text{Bi} (609\ \text{KeV}) - 2,443\text{F1} + 0,552663^{228}\text{Ac} (794\ \text{KeV}) - 1,98966^{214}\text{Bi} (1120\ \text{KeV}) + \\
 & 0,448433^{40}\text{K} (1460\ \text{KeV}) + 1,48071^{214}\text{Bi} (1764\ \text{KeV}) - 4,78056\text{F2} + 6,44587^{208}\text{Tl} (2614\ \text{KeV}) - 10,676\text{F3} \\
 & + 7,67221\text{F4} + 7,42222\text{F5} - 0,778718\text{F6} + 5,4808
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD\ 2} = & 1,00083\text{SiO}_2 - 21,497\text{TiO}_2 - 0,449252\text{Al}_2\text{O}_3 + 1,1025\text{Fe}_2\text{O}_3 - 21,7307\text{MnO} + \\
 & 1,534\text{MgO} + 2,38073\text{CaO} + 12,8915\text{K}_2\text{O} + 0,0891181\text{V} + 0,02001775\text{Zr} - 0,0196661\text{Sr} + \\
 & 0,0605524\text{Rb} - 0,0161476\text{Pb} - 0,00807202\text{Zn} - 0,0317627\text{Cu} - 0,00071639\text{Ni} + 0,15597^{208}\text{Tl} \\
 & (583\ \text{KeV}) + 1,23131^{214}\text{Bi} (609\ \text{KeV}) - 3,45868\text{F1} - 2,65409^{228}\text{Ac} (794\ \text{KeV}) + 10,3196^{214}\text{Bi} (1120\ \text{KeV}) - \\
 & 1,35301^{40}\text{K} (1460\ \text{KeV}) + 0,673105^{214}\text{Bi} (1764\ \text{KeV}) - 3,74999\text{F2} - 2,04005^{208}\text{Tl} (2614\ \text{KeV}) + \\
 & 0,761458\text{F3} + 3,15241\text{F4} + 8,20861\text{F5} - 15,9003\text{F6} - 71,3574
 \end{aligned}$$

### Coeficientes de las funciones discriminantes químicas del núcleo C38

Variables químicas	FD 1	FD 2
SiO <sub>2</sub>	0,0652859	-0,430323
TiO <sub>2</sub>	-6,56473	15,7243
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00307247	-0,773484
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0,322582	0,145094
MnO	0,680064	-11,3401
MgO	0,0985902	-0,00607519
CaO	1,08935	-0,317292
K <sub>2</sub> O	5,79212	-10,7238
V	-0,0289787	-0,0245288
Zr	0,00544448	0,0115845
Sr	0,0070692	0,022315
Rb	0,0115884	-0,000702963
Pb	-0,0375842	0,113262
Zn	-0,0146551	0,0579943
Ni	0,0271553	0,00710251
Constante	-16,7876	16,1916

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\mathbf{FD1} = 0,0652859\text{SiO}_2 - 6,56473\text{TiO}_2 + 0,00307247\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,322582\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0,680084\text{MnO} + 0,0985902\text{MgO} + 1,08935\text{CaO} + 5,79212\text{K}_2\text{O} - 0,0289787\text{V} + 0,00544448\text{Zr} + 0,0070692\text{Sr} + 0,0115884\text{Rb} - 0,0375842\text{Pb} - 0,0146551\text{Zn} + 0,0271553\text{Ni} - 16,7876$$

$$\mathbf{FD2} = - 0,430323\text{SiO}_2 + 15,7243\text{TiO}_2 - 0,0773484\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,145094\text{Fe}_2\text{O}_3 - 11,3401\text{MnO} - 0,00607519\text{MgO} - 0,317292\text{CaO} - 10,7238\text{K}_2\text{O} - 0,0245288\text{V} + 0,0115845\text{Zr} + 0,022315\text{Sr} - 0,000702963\text{Rb} + 0,113262\text{Pb} + 0,0579943\text{Zn} + 0,00710251\text{Ni} + 16,1916$$

### Coeficientes de las funciones discriminantes radiométricas del núcleo C38

Variables radiométricas	FD 1	FD 2
<sup>208</sup> Tl (583 KeV)	-0,447386	-0,355776
<sup>214</sup> Bi (609 KeV)	0,038474	-0,186919
F1	-0,0798116	-0,514803
<sup>228</sup> Ac (794 KeV)	0,0878158	-0,645428
<sup>214</sup> Bi (1120 KeV)	0,130106	-0,45194
<sup>40</sup> K (1460 KeV)	0,126574	0,38972
<sup>214</sup> Bi (1764 KeV)	0,200578	-0,022774
F2	0,168028	0,484223
<sup>208</sup> Tl (2614 KeV)	0,0959967	-0,115071
F3	0,220885	0,165789
F4	0,209298	-0,102829
F5	0,486743	-0,141921
F6	-0,639327	0,171227

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD1} = & - 0,447386^{208}\text{Tl}_{(583 \text{ KeV})} + 0,038474^{214}\text{Bi}_{(609 \text{ KeV})} - 0,0798116\text{F1} + 0,0878158^{228}\text{Ac}_{(794 \text{ KeV})} \\
 & + 0,130106^{214}\text{Bi}_{(1120 \text{ KeV})} + 0,126574^{40}\text{K}_{(1460 \text{ KeV})} + 0,200578^{214}\text{Bi}_{(1764 \text{ KeV})} + 0,168028\text{F2} \\
 & + 0,0959967^{208}\text{Tl}_{(2614 \text{ KeV})} + 0,220885\text{F3} + 0,209298\text{F4} + 0,486743\text{F5} - 0,639327\text{F6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD2} = & - 0,355776^{208}\text{Tl}_{(583 \text{ KeV})} - 0,186919^{214}\text{Bi}_{(609 \text{ KeV})} - 0,514803\text{F1} - 0,645428^{228}\text{Ac}_{(794 \text{ KeV})} \\
 & - 0,45194^{214}\text{Bi}_{(1120 \text{ KeV})} + 0,38972^{40}\text{K}_{(1460 \text{ KeV})} - 0,022774^{214}\text{Bi}_{(1764 \text{ KeV})} + 0,484223\text{F2} - \\
 & 0,115071^{208}\text{Tl}_{(2614 \text{ KeV})} + 0,165789\text{F3} - 0,102829\text{F4} - 0,141921\text{F5} + 0,171227\text{F6}
 \end{aligned}$$



### Coeficientes de las funciones discriminantes químico-radiométricas del núcleo C38

Variables químicas radiométricas	FD 1	FD 2
<b>SiO<sub>2</sub></b>	-0,00181504	0,323524
<b>TiO<sub>2</sub></b>	-9,16983	-16,1143
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,0749177	0,00929692
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	-0,238178	-0,101807
<b>MnO</b>	-0,831992	1,27877
<b>MgO</b>	0,132682	0,0154505
<b>CaO</b>	-0,460201	1,08604
<b>K<sub>2</sub>O</b>	6,2524	8,70856
<b>V</b>	-0,0331227	0,0177912
<b>Zr</b>	0,00577085	-0,0154237
<b>Sr</b>	0,037705	-0,0504472
<b>Rb</b>	-0,00917403	0,00538086
<b>Pb</b>	-0,0246554	-0,126962
<b>Zn</b>	-0,0124342	-0,0674466
<b>Ni</b>	0,0293575	-0,00294749
<sup>208</sup> Tl (583 KeV)	1,76481	2,14511
<sup>214</sup> Bi (609 KeV)	-3,17695	1,81329
<b>F1</b>	0,981749	2,17218
<sup>228</sup> Ac (794 KeV)	0,61534	0,644774
<sup>214</sup> Bi (1120 KeV)	-1,03527	2,33013
<sup>40</sup> K (1460 KeV)	-1,72867	0,0803028
<sup>214</sup> Bi (1764 KeV)	1,38882	1,70339
<b>F2</b>	-2,60693	-1,50256
<sup>208</sup> Tl (2614 KeV)	-1,76186	1,19058
<b>F3</b>	6,31327	2,8334
<b>F4</b>	1,17277	-3,29627
<b>F5</b>	-0,546333	6,91291
<b>F6</b>	9,21368	-5,27004
<b>Constante</b>	-6,70911	-28,1561

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD\ 1} = & -0,00181504\text{SiO}_2 - 9,16983\text{TiO}_2 + 0,0749177\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,238178\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,831992\text{MnO} \\
 & + 0,132682\text{MgO} - 0,460201\text{CaO} + 6,2524\text{K}_2\text{O} - 0,0331227\text{V} + 0,00577085\text{Zr} + 0,037705\text{Sr} - \\
 & 0,00917403\text{Rb} - 0,0246554\text{Pb} - 0,0124342\text{Zn} + 0,0293575\text{Ni} + 1,76481^{208}\text{Tl}_{(583\ \text{KeV})} - \\
 & 3,17695^{214}\text{Bi}_{(609\ \text{KeV})} + 0,981749\text{F1} + 0,61534^{228}\text{Ac}_{(794\ \text{KeV})} - 1,03527^{214}\text{Bi}_{(1120\ \text{KeV})} - \\
 & 1,72867^{40}\text{K}_{(1460\ \text{KeV})} + 1,38882^{214}\text{Bi}_{(1764\ \text{KeV})} - 2,60693\text{F2} - 1,76186^{208}\text{Tl}_{(2614\ \text{KeV})} + 6,31327\text{F3} \\
 & + 1,17277\text{F4} - 0,546333\text{F5} + 9,21368\text{F6} - 6,70911
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD\ 2} = & 0,323524\text{SiO}_2 - 16,1143\text{TiO}_2 + 0,00929692\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,101807\text{Fe}_2\text{O}_3 + 1,27877\text{MnO} - \\
 & 0,0154505\text{MgO} + 1,08604\text{CaO} + 8,70856\text{K}_2\text{O} + 0,0177912\text{V} - 0,0154237\text{Zr} - 0,0504472\text{Sr} + \\
 & 0,00538086\text{Rb} - 0,126962\text{Pb} - 0,0674466\text{Zn} - 0,00294749\text{Ni} + 2,14511^{208}\text{Tl}_{(583\ \text{KeV})} + \\
 & 1,81329^{214}\text{Bi}_{(609\ \text{KeV})} + 2,17218\text{F1} + 0,644774^{228}\text{Ac}_{(794\ \text{KeV})} + 2,33013^{214}\text{Bi}_{(1120\ \text{KeV})} + \\
 & 0,0803028^{40}\text{K}_{(1460\ \text{KeV})} + 1,70339^{214}\text{Bi}_{(1764\ \text{KeV})} - 1,50256\text{F2} + 1,19058^{208}\text{Tl}_{(2614\ \text{KeV})} + \\
 & 2,8334\text{F3} - 3,29627\text{F4} + 6,91291\text{F5} - 5,27004\text{F6} - 28,1561
 \end{aligned}$$

### Coeficientes de las funciones discriminantes químicas del núcleo Q3

Variables químicas	FD 1	FD 2
<b>SiO<sub>2</sub></b>	-0,475833	-0,111963
<b>TiO<sub>2</sub></b>	-12,8086	8,01492
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,0583208	0,333995
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,00847054	-0,864594
<b>MnO</b>	-36,2372	-23,3933
<b>MgO</b>	-0,911195	-0,562952
<b>CaO</b>	0,289902	-0,248233
<b>K<sub>2</sub>O</b>	20,9301	-3,76887
<b>V</b>	0,154538	-0,0714396
<b>Zr</b>	-0,000908195	0,0109859
<b>Sr</b>	-0,485811	-0,0444752
<b>Rb</b>	0,0435985	-0,0339114
<b>Pb</b>	-0,00552534	-0,0323133
<b>As</b>	0,0657966	0,0204912
<b>Zn</b>	0,00108965	-0,00370248
<b>Ni</b>	0,000854581	-0,00802392
<b>Constante</b>	-1,28698	28,0602

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\text{FD1} = - 0,475833\text{SiO}_2 - 12,8086\text{TiO}_2 + 0,0583208\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,00847054\text{Fe}_2\text{O}_3 - 36,2372\text{MnO} - 0,911195\text{MgO} + 0,289902\text{CaO} + 20,9301\text{K}_2\text{O} + 0,154538\text{V} - 0,000908195\text{Zr} - 0,48511\text{Sr} + 0,0435985\text{Rb} - 0,00552534\text{Pb} + 0,0657966\text{As} + 0,00108965\text{Zn} + 0,000854581\text{Ni} - 1,28698$$

$$\text{FD2} = - 0,111963\text{SiO}_2 + 8,01492\text{TiO}_2 + 0,333995\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,864594\text{Fe}_2\text{O}_3 - 23,3933\text{MnO} - 0,562952\text{MgO} - 0,248233\text{CaO} - 3,76887\text{K}_2\text{O} - 0,0714396\text{V} + 0,0109859\text{Zr} - 0,0444752\text{Sr} - 0,0339114\text{Rb} - 0,0323133\text{Pb} + 0,0204912\text{As} - 0,00370248\text{Zn} - 0,00802392\text{Ni} + 28,0602$$

### Coeficientes de las funciones discriminantes radiométricas del núcleo Q3

Variables radiométricas	FD 1	FD 2
<sup>208</sup> Tl (583 KeV)	0,0969691	0,424706
<sup>214</sup> Bi (609 KeV)	-0,100075	-0,157158
<b>F1</b>	-0,323942	-0,116832
<sup>228</sup> Ac (794 KeV)	0,942637	0,116147
<sup>214</sup> Bi (1120 KeV)	0,331354	-0,280462
<sup>40</sup> K (1460 KeV)	-0,190863	0,0394371
<sup>214</sup> Bi (1764 KeV)	0,197228	-0,299652
<b>F2</b>	0,00206341	-0,550855
<sup>208</sup> Tl (2614 KeV)	-0,181639	0,303552
<b>F3</b>	-0,328708	0,126614
<b>F4</b>	-0,0527023	0,623916
<b>F5</b>	0,119828	-0,38512
<b>F6</b>	-0,228359	0,0998774

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD1} = & 0,0969691^{208}\text{Tl}_{(583\text{ KeV})} - 0,100075^{214}\text{Bi}_{(609\text{ KeV})} - 0,323942\mathbf{F1} + 0,942637^{228}\text{Ac}_{(794\text{ KeV})} \\
 & + 0,331354^{214}\text{Bi}_{(1120\text{ KeV})} - 0,190863^{40}\text{K}_{(1460\text{ KeV})} + 0,197228^{214}\text{Bi}_{(1764\text{ KeV})} + 0,00206341\mathbf{F2} - \\
 & 0,181639^{208}\text{Tl}_{(2614\text{ KeV})} - 0,328708\mathbf{F3} - 0,0527023\mathbf{F4} + 0,119828\mathbf{F5} - 0,228359\mathbf{F6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD2} = & 0,424706^{208}\text{Tl}_{(583\text{ KeV})} - 0,157158^{214}\text{Bi}_{(609\text{ KeV})} - 0,116832\mathbf{F1} + 0,116147^{228}\text{Ac}_{(794\text{ KeV})} - \\
 & 0,280462^{214}\text{Bi}_{(1120\text{ KeV})} + 0,0394371^{40}\text{K}_{(1460\text{ KeV})} - 0,299652^{214}\text{Bi}_{(1764\text{ KeV})} - 0,550855\mathbf{F2} + \\
 & 0,303552^{208}\text{Tl}_{(2614\text{ KeV})} + 0,126614\mathbf{F3} + 0,623916\mathbf{F4} - 0,38512\mathbf{F5} + 0,0998774\mathbf{F6}
 \end{aligned}$$

### Coeficientes de las funciones discriminantes químico-radiométricas del núcleo Q3

Variables químicas radiométricas	FD 1	FD 2
<b>SiO<sub>2</sub></b>	-0,0306932	0,434881
<b>TiO<sub>2</sub></b>	-20,8687	9,09734
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	-0,0176768	0,251684
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,0685531	-0,51055
<b>MnO</b>	-29,815	-17,8829
<b>MgO</b>	-0,640725	-0,613314
<b>CaO</b>	1,44809	0,546199
<b>K<sub>2</sub>O</b>	20,9688	-5,648
<b>V</b>	0,128767	-0,0917694
<b>Zr</b>	-0,0146296	0,00642107
<b>Sr</b>	-0,0786919	-0,0546144
<b>Rb</b>	0,0703592	-0,0180039
<b>Pb</b>	-0,0120688	-0,0389164
<b>As</b>	0,120862	-0,0094806
<b>Zn</b>	-0,00901816	-0,0344413
<b>Ni</b>	-0,00408524	-0,0122177
<sup>208</sup> Tl (583 KeV)	0,139553	0,948235
<sup>214</sup> Bi (609 KeV)	0,542699	-0,223364
<b>F1</b>	0,104718	-2,04341
<sup>228</sup> Ac (794 KeV)	-2,66053	-0,417683
<sup>214</sup> Bi (1120 KeV)	-4,50398	1,61146
<sup>40</sup> K (1460 KeV)	1,6119	4,12819
<sup>214</sup> Bi (1764 KeV)	-1,78744	-3,16594
<b>F2</b>	-0,972406	0,388794
<sup>208</sup> Tl (2614 KeV)	3,63017	-1,78123
<b>F3</b>	-0,824333	5,0777
<b>F4</b>	-0,208236	-4,12926
<b>F5</b>	6,206	4,55482
<b>F6</b>	6,96787	3,76031
<b>Constante</b>	-13,8948	-2,27296

Ecuaciones de las funciones discriminantes:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD1} = & - 0,0306932\text{SiO}_2 - 20,8687\text{TiO}_2 - 0,0176768\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,0685531\text{Fe}_2\text{O}_3 - 29,815\text{MnO} - \\
 & 0,640725\text{MgO} + 1,44809\text{CaO} + 20,9688\text{K}_2\text{O} + 0,128767\text{V} - 0,0146296\text{Zr} - 0,0786919\text{Sr} + \\
 & 0,0703592\text{Rb} - 0,0120688\text{Pb} + 0,120862\text{As} - 0,00901816\text{Zn} - 0,00408524\text{Ni} + 0,139553^{208}\text{Tl} \\
 & (583 \text{ KeV}) + 0,542699^{214}\text{Bi} (609 \text{ KeV}) + 0,104718\text{F1} - 2,66053^{228}\text{Ac} (794 \text{ KeV}) - 4,50398^{214}\text{Bi} (1120 \text{ KeV}) \\
 & + 1,6119^{40}\text{K} (1460 \text{ KeV}) - 1,78744^{214}\text{Bi} (1764 \text{ KeV}) - 0,972406\text{F2} + 3,63017^{208}\text{Tl} (2614 \text{ KeV}) - \\
 & 0,824333\text{F3} - 0,208236\text{F4} + 6,206\text{F5} + 6,96787\text{F6} - 13,8948
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FD2} = & 0,434881\text{SiO}_2 + 9,09734\text{TiO}_2 + 0,251684\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,51055\text{Fe}_2\text{O}_3 - 17,8829\text{MnO} - \\
 & 0,613314\text{MgO} + 0,546199\text{CaO} - 5,648\text{K}_2\text{O} - 0,0917694\text{V} + 0,00642107\text{Zr} - 0,0546144\text{Sr} - \\
 & 0,0180039\text{Rb} - 0,038164\text{Pb} - 0,0094806\text{As} - 0,0344413\text{Zn} - 0,0122177\text{Ni} + 0,948235^{208}\text{Tl} (583 \\
 & \text{KeV}) - 0,223364^{214}\text{Bi} (609 \text{ KeV}) - 2,04341\text{F1} - 0,417683^{228}\text{Ac} (794 \text{ KeV}) + 1,61146^{214}\text{Bi} (1120 \text{ KeV}) + \\
 & 4,12819^{40}\text{K} (1460 \text{ KeV}) - 3,16594^{214}\text{Bi} (1764 \text{ KeV}) + 0,388794\text{F2} - 1,78123^{208}\text{Tl} (2614 \text{ KeV}) + 5,0777\text{F3} \\
 & - 4,12926\text{F4} + 4,55482\text{F5} + 3,76031\text{F6} - 2,27296
 \end{aligned}$$