

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y RADIOMÉTRICA DE DIVERSOS
NIVELES DE LOS POZOS MAC-1X, MAC-2X Y PIC-25, NORTE DEL
ESTADO MONAGAS**

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela para
optar al título de Ingeniero Geólogo
Por la Br. Altuna Z., Alejandra

Caracas, Octubre 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y RADIOMÉTRICA DE DIVERSOS
NIVELES DE LOS POZOS MAC-1X, MAC-2X Y PIC-25, NORTE DEL
ESTADO MONAGAS**

TUTOR ACADÉMICO: Dr. Franco Urbani

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela para
optar al título de Ingeniero Geólogo
Por la Br. Altuna Z., Alejandra

Caracas, Octubre 2006

Caracas, Octubre 2006.

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería, para el Trabajo Especial de Grado presentado por la bachiller Alejandra Altuna, titulado:

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y RADIOMÉTRICA DE DIVERSOS
NIVELES DE LOS POZOS MAC-1X, MAC-2X Y PIC-25, NORTE DEL
ESTADO MONAGAS**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios consecuente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran

Prof. Ricardo Alezones

Prof. Sebastián Grande

Dr. Franco Urbani

Tutor

A mi Papá que está en el cielo

A mi Mamá

A mis hermanos

Agradecimientos

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, por permitirme formarme académicamente a lo largo de estos años de estudio.

A la Escuela de Geología, Minas y Geofísica por ser el pilar fundamental de mi formación como Ingeniero Geólogo.

A mi tutor, el profesor Franco Urbani, por ser un maestro y un segundo padre sobretodo después que se ha ido al cielo el verdadero, por la paciencia, la confianza y la fe que me brindó en cada momento dándome el apoyo necesario para continuar.

A mi papá que está en el cielo, que siempre tuvo fe en mi y me apoyo hasta el último momento de su vida. Gracias papá, siempre estarás presente.

A toda mi familia y en especial a mi mamá, a la que le dedico especialmente este trabajo quien ha sudado sangre, sudor y lágrimas para sacar a sus hijos hacia adelante, y que definitivamente ha jugado un papel muy importante en mi formación personal. Un agradecimiento muy especial a mis hermanos, por la comprensión y el cariño que me han brindado a lo largo de toda mi carrera y mi vida.

A mis tíos, a los que les dedico este trabajo con especial cariño, demostrándoles que sí se puede. A todo el profesorado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, en especial al profesor Ricardo Alezones, por siempre ser de gran ayuda y ser un ejemplo a seguir.

A mis compañeros de Zona 2, Adri, Karla, Andrés, Enrique, Walter, Ricardo y Javier, por haber compartido conmigo grandes momentos en campo, y al final de la carrera. A Dieguito y la familia Vásquez, gracias por el apoyo brindado.

A mis compañeros del Laboratorio 330 (Laboratorio de Geología y Geoquímica), a Hildemaro, Woodwarde, Manuel y Laurita, por ser excelentes compañeros en todo momento. A los ingenieros Luis Camposano y David Mendi por sus recomendaciones y ayuda prestada a lo largo de la elaboración de este trabajo.

A mi amiga Xaviera, por estar siempre pendiente y ser incondicional.

A la familia Merchán por el apoyo y el cariño brindado durante estos largos años de carrera y por tratarme como una más de su familia.

A todos aquellos que no he nombrado y que aun así están presentes en mi corazón, les agradezco enormemente el apoyo y la confianza, sin ustedes hubiera sido más difícil.

Finalmente le agradezco a Dios todopoderoso, ya que a través de la fe tuve fuerzas para continuar aún en los momentos más difíciles.

“Soñad y os quedaréis cortos”

San José María Escrivá

ALTUNA Z. Alejandra

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y RADIOMÉTRICA DE DIVERSOS NIVELES DE LOS POZOS MAC-1X, MAC-2X Y PIC-25, NORTE DEL ESTADO MONAGAS

Tutor Académico: Dr. Franco URBANI. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Geología. 2006. 125 p.

Se realizó la caracterización química y radiométrica de diversos niveles de los pozos MAC-1X, MAC-2X y PIC-25 en el estado Monagas, flanco sur de la Serranía del Interior Oriental, cuenca oriental de Venezuela.

Las muestras fueron pulverizadas y analizadas químicamente por espectrometría de fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (FRX-DE) y por espectrometría gamma (EG) multicanal. Se determinó la concentración de los componentes mayoritarios SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, CaO, MgO, K₂O, por FRX-DE con fuente de tubo de Rh y de los elementos traza Co, Cs, La, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn y Zr por FRX-DE con fuente radiactiva de ¹⁰⁹Cd. Con el método de EG se obtuvieron los espectros gamma para las ventanas correspondientes a $\gamma^{40}\text{K}$, $\gamma^{214}\text{Bi}$, $\gamma^{212}\text{Bi}$, $\gamma^{208}\text{Tl}$ y γTotal y como secundarias γF1 , γF2 , γF3 , γF4 y γF5 . A partir de las cartas de colores MUNSELL®, se obtuvo el código de color de cada muestra. Estos datos fueron transformados en un código de colores digital (RGB) a través del programa BabelColor. De acuerdo a lo establecido por HERRON (1988), se realizó la clasificación geoquímica de las muestras, quedando éstas separadas en cuatro tipos litológicos principales: arenisca rica en Fe, lutita, lutita-Fe y wacka (Formación Macal), lutita, arenisca y arcosa (Formación Barranquín), y lutita, lutita-Fe y wacka (Formación Naricual).

La totalidad de los datos obtenidos se procesaron con herramientas estadísticas tales como: perfiles de distribución, dendrogramas, funciones discriminantes, entre otros; los cuales son útiles en la determinación de similitudes de ciertos componentes con el fin de establecer asociaciones sedimentarias químicas. A partir de los perfiles verticales se establecieron unidades químico-radiométricas, que se subdividen en cinco subunidades para el pozo MAC-1X (Formación Macal y Barranquín), cuatro unidades principales y seis subunidades para el pozo MAC-2X (El Cantil/Chimana y Barranquín) y tres unidades y cuatro subunidades para el pozo PIC-25 (Formación Naricual).

Además, se realizó la clasificación de ambientes tectónicos según BATHIA (1983), utilizando sus diagramas de discriminación con base en la concentración de componentes mayoritarios, con el fin de determinar la procedencia de dichos sedimentos, quedando clasificados mayoritariamente en dos ambientes tectónicos: margen continental pasivo (MCP), para las Formaciones Macal y Barranquín y margen continental activo (MCA) principalmente para la Formación Naricual (pozo PIC-25).

En la base de la secuencia atravesada por el pozo MAC-1X, se reconoce un nivel de capas rojas, propuesto como **Formación Macal** por AQUINO (2006), el cual fue depositado en un ambiente continental como un posible relleno de graben, y están compuestas principalmente de intervalos de arcosa y arenisca-Fe intercalada con secuencias de lutita-Fe de color marrón rojizo a blanco, características de una secuencia progradacional.

Suprayacente a la Formación Macal, al comienzo de la trasgresión Cretácica se depositó la **Formación Barranquín**, en un ambiente deltaico a marino somero, con procedencia de los sedimentos del cratón de Guayana en un margen continental pasivo, dominada por grandes espesores de arcosa y arenisca-Fe con escasos espesores de lutita-Fe, de colores blanco, gris y gris claro.

Tomando en cuenta los valores de CaO y SiO₂ presentes en la secuencia estudiada de las **formaciones El Cantil-Chimana** se deduce que éstas fueron depositadas en un ambiente marino somero de margen continental activo y están compuestas esencialmente de lutita y arenisca posiblemente carbonática y caliza.

La secuencia de la **Formación Naricual**, se caracteriza por presentar grandes espesores de sedimentos arcilíticos.

Los límites de las unidades definidas a partir de los dendrogramas de elementos mayoritarios, trazas y RGB, coinciden con las unidades presentes en la columna de colores de cada pozo, reflejando así que las variaciones de color entre las capas de la columna sedimentaria responden tanto a características químicas como radiométricas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	IV
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
LISTA DE APÉNDICES	XIII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	15
1.1. Objetivos.....	15
1.1.1. Objetivo general.....	15
1.1.2. Objetivos específicos.....	16
1.2. Ubicación del área de estudio.....	16
1.3. Trabajos previos.....	16
1.3.1. Nacionales.....	16
1.3.2. Internacionales.....	18
CAPITULO II: ASPECTOS GEOLÓGICOS	20
2.1. Regionales.....	20
2.1.1. Generalidades de la Cuenca Oriental de Venezuela.....	20
2.1.2. Estratigrafía Regional.....	20
2.1.3. Evolución tectónica.....	24
2.2. Características de los pozos MAC-1X, MAC-2X y PIC-25.....	25
2.3. Origen de las capas rojas.....	30
2.3.1. Generalidades.....	30
2.3.2. Ambientes sedimentarios de las capas rojas.....	30
2.3.3. Origen de la coloración roja.....	31
2.3.4. Clasificación de las capas rojas.....	32
2.4. Capas rojas en Venezuela.....	33
CAPITULO III: ASPECTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS	37
3.1. Marco teórico.....	37
3.2. Marco metodológico.....	39
CAPITULO IV: RESULTADOS E INTERPRETACIONES	41
4.1. Procesamiento e interpretaciones químicas.....	41
4.2. Separación de tipos litológicos según la clasificación geoquímica de HERRON (1988).....	41
4.3. Definición de unidades químico – radiométricas.....	44
4.3.1. Unidades del pozo MAC-1X.....	44
4.3.1.1. Unidad I.....	44
4.3.1.2. Unidad II.....	46
4.3.1.3. Unidad III.....	47
4.3.2. Unidades del pozo MAC-2X.....	50
4.3.2.1. Unidad I.....	51
4.3.2.2. Unidad II.....	51
4.3.2.3. Unidad III.....	52
4.3.2.4. Unidad IV.....	52
4.3.3. Unidades del pozo PIC-25.....	55
4.3.3.1. Unidad I.....	56
4.3.3.2. Unidad II.....	56
4.3.3.3. Unidad III.....	57
4.3.4. Análisis de agrupaciones (Dendrogramas)	59

4.3.4.1. Pozo MAC-1X.....	59
4.3.4.2. Pozo MAC-2X.....	60
4.3.4.3. Pozo PIC-25.....	63
4.4. Estadística multivariante.....	65
4.4.1. Funciones discriminantes.....	65
4.4.1.1. Separación de las unidades químico – radiométricas mayores.....	65
4.4.1.2. Separación de las sub-unidades químico – radiométricas.....	68
4.5. Determinación del color MUNSSELL.....	74
4.6. Interpretaciones Generales.....	79
CAPITULO V: CONCLUSIONES.....	84
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA	87
APÉNDICES	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. Localización de los tres pozos.....	16
Figura 2. Columna litoestratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela (Tomado de CIEN 2006).....	22
Figura 3. Ubicación de los tres pozos dentro de la escama de Piritál (Modificado de AQUINO 2006).....	26
Figura 4. Columna estratigráfica atravesada en el pozo MCA-1X. Intervalos analizados van desde los 6.212' hasta los 18.020'. El intervalo de capas rojas se encuentra entre los 8.430' hasta los 18.020' (Modificado de AQUINO 2006).....	27
Figura 5. Columna estratigráfica atravesada en el pozo MCA-2X. Los intervalos analizados en este trabajo van desde los 17.820' hasta los 20.310' (Modificado de RODRÍGUEZ & JUVAL, en AQUINO 2006).....	28
Figura 6. Intervalos analizados del pozo PIC-25, 19.310' a 21.040' (Modificado de RUIZ <i>et al</i> , 2000 en AQUINO 2006).....	29
Figura 7.a. Ubicación de las muestras de los pozos MAC-1X y MAC-2X en el esquema de clasificación de HERRON (1988).....	42
Figura 7.b. Ubicación de las muestras del pozo PIC-25 en el esquema de clasificación de HERRON (1988).....	43
Figura 8. Perfiles de elementos químicos, radiométricos y traza del pozo MAC-1X.....	49
Figura 9. Perfiles de elementos químicos, radiométricos y traza del pozo MAC-2X.....	54
Figura 10. Perfiles de elementos químicos, radiométricos y traza del pozo PIC-25.....	58
Figura 11. Dendrograma estandarizado del pozo MAC-1X, mostrando los grupos dados por este y las unidades químico - radiométricas definidas.....	60
Figura 12. Dendrograma estandarizado del pozo MAC-2X, mostrando los grupos dados por este y las unidades químico - radiométricas definidas.....	62
Figura 13. Dendrograma estandarizado del pozo PIC-25, mostrando los grupos dados por este y las unidades químico - radiométricas definidas.....	64
Figura 14. Representación gráfica de las funciones discriminantes para las unidades químico - radiométricas mayores del pozo MAC-1X.....	65
Figura 15. Representación gráfica de las funciones discriminantes para las unidades químico - radiométricas mayores del pozo MAC-2X.....	67
Figura 16. Representación gráfica de las funciones discriminantes para las unidades químico - radiométricas mayores del pozo PIC-25.....	68
Figura 17. Representación gráfica de las funciones discriminantes para las sub-unidades químico - radiométricas definidas en el pozo MAC-1X.....	69
Figura 18. Representación gráfica de las funciones discriminantes para las sub-unidades químico - radiométricas definidas en el pozo MAC-2X.....	71
Figura 19. Representación gráfica de las funciones discriminantes para las sub-unidades químico - radiométricas definidas en el pozo PIC-25.....	72
Figura 20. Panel parcial formaciones, clasificación de HERRON (1988) y color MUNSELL, correspondiente al pozo MAC-1X, mostrando variaciones de color a lo largo del pozo.....	75
Figura 21. Panel parcial formaciones, clasificación de HERRON (1988) y color MUNSELL, correspondiente al pozo MAC-2X, mostrando variaciones de color a lo	

largo del pozo.....	77
Figura 22. Panel parcial formaciones, clasificación de HERRON (1988) y color MUNSELL, correspondiente al pozo PIC-25, mostrando variaciones de color a lo largo del pozo.....	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de concentraciones químicas promedio de los pozos MAC-1X, MAC-2X y PIC-25.....	41
Tabla 2. Tabla de clasificación geoquímica de HERRON (1988) de los pozos MAC-1X, MAC-2X y PIC-25.....	43
Tabla 3. Resumen de las subunidades definidas en la unidad I.....	44
Tabla 4. Cuadro comparativo de los componentes químicos y radiométricos que ayudan a definir las distintas unidades químico-radiométricas en el pozo MAC-1X. Los óxidos mayoritarios están en %, los elementos traza en ppm y los radiométricos en cps.....	45
Tabla 5. Resumen de las subunidades definidas en la unidad II.....	46
Tabla 6. Resumen de la unidad III.....	47
Tabla 7. Cuadro comparativo de los componentes químicos y radiométricos que ayudan a definir las distintas unidades químico-radiométricas en el pozo MAC-2X. Los óxidos mayoritarios están en %, los elementos traza en ppm y los radiométricos en cps.....	50
Tabla 8. Resumen de la unidad III.....	51
Tabla 9. Resumen de las subunidades definidas en la unidad II.....	51
Tabla 10. Resumen de la unidad II.....	52
Tabla 11. Resumen de las subunidades definidas en la unidad IV.....	52
Tabla 12. Cuadro comparativo de los componentes químicos y radiométricos que ayudan a definir las distintas unidades químico-radiométricas en el pozo PIC-25. Los óxidos mayoritarios están en %, los elementos traza en ppm y los radiométricos en cps.....	55
Tabla 13. Resumen de la unidad I.....	56
Tabla 14. Resumen de las subunidades definidas en la unidad II.....	56
Tabla 15. Resumen de la unidad III.....	57
Tabla 16. Tabla de clasificación de las unidades químico – radiométricas mayores ...	66
Tabla 17. Tabla de clasificación de las unidades químico – radiométricas mayores del pozo MAC-2X.....	67
Tabla 18. Tabla de clasificación de las unidades químico – radiométricas mayores del pozo PIC-25.....	68
Tabla 19. Tabla de clasificación de las sub-unidades químico – radiométricas definidas en el pozo.....	70
Tabla 20. Tabla de clasificación de las sub-unidades químico – radiométricas definidas en el pozo.....	72
Tabla 21. Tabla de clasificación de las sub-unidades químico-radiométricas definidas en el pozo PIC-25.....	73

LISTA DE APÉNDICES

I. Marco teórico.....	92
1. Espectrometría de fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (FRX-DE).....	92
2. Espectrometría de rayos gamma.....	93
2.1. Series de desintegración.....	96
3. Geoestadística.....	98
3.1. Métodos estadísticos multivariantes.....	98
3.1.1. Funciones discriminantes.....	98
3.1.2. Análisis de agrupaciones.....	99
3.3. Series secuenciales o perfiles de distribución.....	100
4. Caracterización geoquímica.....	101
5. Color MUNSELL.....	103
II. Marco metodológico.....	104
1. Fase de laboratorio.....	104
1.1. Pulverizado de las muestras.....	104
1.2. Preparación de las muestras.....	104
2. Análisis químicos.....	105
2.1. Fluorescencia de rayos x por dispersión de energía (FRX-DE) con fuente de tubo de Rh.....	105
2.1.1. Análisis de las muestras.....	106
2.2. FRX-DE con fuente radioactiva de ¹⁰⁹ Cd y ²⁴¹ Am.....	106
2.2.1. Análisis de las muestras.....	107
2.3. Análisis radiométricos.....	107
2.3.1. Espectrometría por rayos Gamma.....	108
2.3.1.1. Análisis de las muestras.....	111
4. Procesamiento de datos.....	112
III-A. Tabla de datos químicos y radiométricos correspondientes al pozo MAC-1X versión digital	MAC-
III-B. Tabla de datos químicos y radiométricos correspondientes al pozo MAC-2X versión digital	MAC-
III-C. Tabla de datos químicos y radiométricos correspondientes al pozo PIC-25 versión digital	
IV-A-I. Perfiles de elementos químicos mayoritarios del pozo MAC-1X	
IV-A-II. Perfiles de elementos traza del pozo MAC-1X	
IV-A-III. Perfiles de elementos radiométricos del pozo MAC-1X	
IV-B-I. Perfiles de elementos químicos mayoritarios del pozo MAC-2X	
IV-B-II. Perfiles de elementos traza del pozo MAC-2X	
IV-B-III. Perfiles de elementos radiométricos del pozo MAC-2X	
IV-C-I. Perfiles de elementos químicos mayoritarios del pozo PIC-25	
IV-C-II. Perfiles de elementos traza del pozo PIC-25	
IV-C-III. Perfiles de elementos radiométricos del pozo PIC-25	
V. Procedencia de los sedimentos.....	122
VI. Trabajos previos en versión digital	

VI.1. AQUINO (2006). Sedimentología de las capas rojas del pozo MAC-1X, *Estado Monagas. Proposición de una nueva unidad estratigráfica: La Formación Macal*. Informe interno PDVSA.