

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS RECIENTES DEL
NÚCLEO (LAGSR1-X) DE LA LAGUNA SANTA ROSA AL
NORTE DE PARAGUANÁ, ESTADO FALCÓN.**

**Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Freddy Cisnero
Para optar al título de Ingeniero Geólogo**

Caracas, 10 de Noviembre de 2014

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS RECIENTES DEL NÚCLEO (LAGSR1-X) DE LA LAGUNA SANTA ROSA AL NORTE DE PARAGUANÁ, ESTADO FALCÓN.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Mauricio Bermúdez

TUTOR INDUSTRIAL: Dr. Crisanto Silva

Proyecto de Trabajo Especial de Grado

presentado por el

Br. Freddy Cisnero

C.I: V.- 13.559.546.

Caracas, 10 de Noviembre de 2014

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Geológica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Cisnero R. Freddy A., Titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS RECIENTES DEL
NÚCLEO (LAGSR1-X) DE LA LAGUNA SANTA ROSA AL
NORTE DE PARAGUANÁ, ESTADO FALCÓN.**

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

Atentamente

Prof. Patricia González

Miembro del Jurado

Prof. Maximiliano Bezada

Miembro del Jurado

Prof. Mauricio Bermúdez

Tutor

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por guiarme hacia el camino del bien, por protegerme en todo momento, por darme la constancia que tanto he necesitado, y por cumplir mis deseos en el momento justo, ese bendito Dios que siempre ha escuchado mis oraciones ¡Gracias Señor, porque eres como el alfarero que moldea mi espíritu!

A mis padres, quienes me dieron la vida, agradezco el amor, la paciencia, el cariño y la comprensión que han tenido para conmigo, formándome con sus valiosos principios que han hecho de mi vida una esfera llena de triunfos, y que hoy al decir verdad no son míos son de ustedes dos y de mi Dios bendito.

A mi Esposa, por amarme, respetarme y apoyarme, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por ser tan especial, por ser mi apoyo cada día y por comprenderme en algunas situaciones de mi vida.

A mis ocho hermanos, a sus hijos y demás familiares, gracias en verdad por estar conmigo en cada instante siendo como muletas cuando ya no puedo caminar, los cuales me han impulsado a seguir adelante.

A mis Amigos y Compañeros de Clase, los de ayer, los de hoy esos que aunque no estén presentes los llevo en mi corazón, quienes me brindaron su valiosa colaboración compartiendo conmigo momentos de dicha en toda la carrera.

Y a todos los que directa o indirectamente han contribuido al desarrollo de esta investigación...

Freddy A. Cisnero. R.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, a quienes dedico este trabajo por enseñarme a luchar para poder alcanzar mis metas y ejemplo de éxitos y triunfos logrados.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela donde tuve la oportunidad y la dicha de estudiar, compartir y vivir estos años en los que he adquirido no sólo conocimientos científicos sino también conocimientos morales y éticos.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, especialmente a la Escuela de Geología, Minas y Geofísicas por darme la virtud de formarme en sus aulas.

Al profesor y tutor Mauricio Bermúdez, quien con sus enseñanzas, experiencia, paciencia e incondicional apoyo colaboro conmigo cada día mostrándome el camino para la resolución de los problemas surgidos en la ejecución de este proyecto.

A la Universidad Pedagógica Experimental Libertador específicamente a la Escuela Ciencias de la Tierra por el apoyo prestado para el desarrollo de este proyecto y especialmente a los Profesor Maximiliano Bezada, Alejandra Leal Crisanto Silva y Roberto Herrera.

Al Fondo Nacional de Ciencias Tecnología e Innovación FONACIT quien proporcione parte de los fondos provenientes para la ejecución del este proyecto titulado *“RECONSTRUCCIÓN PALEOCLIMÁTICA-PALIOAMBIENTAL DE LA PENINSULA DE PARAGUANÁ A PARTIR DE REGISTROS SEDIMENTARIOS DE LA LAGUNA SANTA ROSA”*.

Freddy A. Cisnero. R

CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS RECIENTES DEL NÚCLEO (LAGSR1-X) DE LA LAGUNA SANTA ROSA AL NORTE DE PARAGUANÁ, ESTADO FALCÓN.

Tutor Académico: Prof. Mauricio Bermúdez. Cotutor: Crisanto Silva.

Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Año 2014.

Palabras Claves: Caracterización, Sedimentos, Geología, laguna de Santa Rosa.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una caracterización de un núcleo de 25 metros tomado en el interior de la Laguna de Santa Rosa, Península de Paraguaná, el objetivo de este trabajo es discriminar la litología presente a lo largo del núcleo y establecer diferentes condiciones de depositación a lo largo de la laguna. Un total de 19 muestras fueron analizadas mediante análisis granulométricos, hidrométricos y redondez y esfericidad de los granos de cuarzos presentes en cada una de las muestras. Los resultados acá obtenidos permiten concluir: De base a tope el núcleo se caracteriza por un basamento constituido por una caliza, con intercalaciones de arenisca-limo lo cual sugiere que a lo largo del tiempo han existido cambios en el patrón de depositación de la laguna. Niveles intermedios del núcleo poseen alto contenido de granos de cuarzo sub-angulosos lo que indicaría que el material posee poco retrabajo y que proviene del Cerro Santa Ana. Los niveles más someros poseen un alto porcentaje de material carbonático, lo que indicaría que en esos sectores la depositación es afectada por procesos bioquímicos y ambientes óxido-reductores, respectivamente. En cuanto a la clasificación del tipo de suelo la mayoría de los análisis sugieren una variación de limo a arcilla de baja plasticidad. La laguna de Santa Rosa es una cuenca endorreica que aparentemente no posee ningún tipo de salida al mar, sin embargo, el análisis digital del terreno y el drenaje derivado del mismo indicaría que en ciertas ocasiones la laguna tiende a colapsarse por lo que ocurre una ruptura y una sedimentación hacia el sector noreste. Adicionalmente la laguna está controlada por importantes estructuras (fallas) que delimitan su forma.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	Pp. iv
Agradecimiento.....	v
Resumen.....	vi
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 ALCANCES.....	3
1.5 ANTECEDENTES.....	3
CAPÍTULO II	
2. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS.....	8
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	8
2.2 CLIMATOLOGÍA.....	9
2.3 HIDROGRAFÍA.....	10
2.4 SUELOS.....	11
2.5 VEGETACIÓN.....	12
2.6 GEOLOGÍA REGIONAL.....	13
2.6.1 Historia Geológica de La Península De Paraguaná.....	13
2.6.2 Complejo Ígneo-Metamórfico.....	13
2.6.3 Formación Cantaure.....	14
2.6.4 Formación Paraguaná.....	16
2.6.5 Conglomerado El Alto.....	17
2.6.6 Evolución Paleoambiental.....	18

2.6.7 Tectónica de la Península de Paraguaná.....	21
2.6.8. Evolución tectónica de la cuenca de Falcón.....	22
CAPÍTULO III	
3. METODOLOGÍA Y MARCO TEÓRICO.....	25
3.1. INTRODUCCIÓN.....	25
3.2 ETAPA DE RECOPIACIÓN, REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y CARTOGRÁFICA.....	25
3.3 ETAPA DE CAMPO.....	26
3.4 ETAPA DE LABORATORIO.....	26
3.4.1 Cortadora Geológica Delta Petrocut, Marca Buehler.....	26
3.4.2 Descripción del Núcleo.....	27
3.4.3 Método de Bouyoucos (Hidrómetro).....	29
3.4.4 Tamizado de las muestras.....	31
3.4.5 Caracterización Petrográfica.....	33
3.5 ETAPA DE OFICINA.....	33
3.5.1 Análisis Granulométricos.....	34
3.5.2 Análisis Digital del Terreno.....	35
3.5.2.1 Modelo Digital de Elevación (MDE).....	36
3.5.2.2 Obtención y Proyección del Modelo Digital de Elevación (MDE)...	37
3.5.2.3 Atributos Primarios.....	38
CAPÍTULO IV	
4. RESULTADOS Y ANALISIS.....	43
4.1 INTRODUCCION.....	43
4.2 ANALISIS TEXTURAL DE GRANOS.....	43
4.2.1 Descripción granulométrica muestra (1).....	43
4.2.2 Descripción granulométrica muestra (2)	45
4.2.3 Descripción granulométrica muestra (3).....	47
4.2.4 Descripción granulométrica de la muestra (4)	48
4.2.5 Descripción granulométrica muestra (5).....	50
4.2.6 Descripción granulométrica muestra (6).....	52

4.2.7 Descripción granulométrica muestra (7).....	54
4.2.8 Descripción granulométrica muestra (8).....	56
4.2.9 Descripción granulométrica muestra (9).....	58
4.2.10 Descripción granulométrica muestra (10).....	60
4.2.11 Descripción granulométrica muestra (11).....	62
4.2.12 Descripción granulométrica muestra (12).....	64
4.2.13 Descripción granulométrica muestra (13).....	66
4.2.14 Descripción granulométrica muestra (14).....	68
4.2.15 Descripción granulométrica muestra (15).....	70
4.2.16 Descripción granulométrica muestra (16).....	72
4.2.17 Descripción granulométrica muestra (17).....	74
4.2.18 Descripción granulométrica muestra (18).....	76
4.2.19 Descripción granulométrica muestra (19).....	76
4.3. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO E HIDRÓMETRO..	78
4.4 ELABORACIÓN DE SECCIÓN FINA.....	99
4.4.1 Descripción petrográfica de sección fina delgada Muestra de Rocal (Mr1).....	99
4.4.2 Descripción macroscópica de muestra de mano.....	99
4.4.3 Descripción microscópica de sección delgada.....	100
4.4.4 Descripción petrográfica de sección fina delgada.....	102
4.4.5 Descripción macroscópica de muestra de mano.....	102
4.4.6 Descripción microscópica de sección delgada.....	103
4.5 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL Y CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE DE LA LAGUNA DE SANTA ROSA.....	106
4.6 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS.....	108
CAPÍTULO V	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
RECOMENDACIONES.....	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pp.
Figura 1.1 Extremo noroeste del primer mapa geológico de Venezuela que muestra la ubicación de los cuerpos litológicos de la Península de Paraguaná (Tomado de Karsten, 1859.....	3
Figura 1.2. Mapa Geológico compilado de la Península de Paraguaná estado Falcón, tomado de PEREZ (1967).....	4
Figura 1.3 Mapa de las unidades cuaternarias en la Península de Paraguaná (Tomado de Danielo 1976).....	5
Figura 1.4. Mapa neotectónico de la Península de Paraguaná (Tomado de Audemard, 1996).....	6
Figura 2.1 Ubicación de la zona de estudio y detalle de la Laguna (Imagen tomado y modificado de Google Maps, 2014).....	8
Figura 2.2 Valores promedios de Precipitación y temperatura mensual para la península de Paraguaná (estación Pueblo Nuevo) (Tomado de Lemus & Jiménez, 2002).....	10
Figura 2.3. Mapa geológico de la Formación Cantaure.....	15
Figura 2.4. Tabla de correlación del terciario de Paraguaná y áreas adyacentes. Tomado y modificado de Feo-Codecido (1974).....	17
Figura 2.5. Evolución de las cuencas “pull-apart” Falcón y Bonaire. a y b representan dos configuraciones del área anterior a la extensión Eoceno Tardío, tomado y modificado de MUESSIG (1978).....	23
Figura 3.1. a) Núcleo LAGSR1-X; b) Equipos utilizado para realizar descripción del núcleo; c) Tabla de Munsell para describir el color de la muestra.....	28
Figura 3.2. Lupa de 10X. (Modificado de Geoequipos, S.f.).....	29
Figura 3.3. Lavado de la muestra y pasado por el Tamiz 230.....	30
Figura 3.4. Cilindros de 1000 ml.....	30
Figura 3.5. Hidrómetro para realizar lecturas de temperatura.....	31
Figura 3.6 Equipo utilizado para realizar el análisis granulométrico: a)	

Tamices y tambor vibratorio Octagon Digital de la E.G.M.G de la U.C.V; b)	
Balanza digital Kern572.....	32
Figura 3.7. Microscopio usado en los estudios petrográficos, modelo Leitz Orthoplan, con platina graduable ajustable y graduada.....	33
Figura 3.8. Gráfica para determinación de esfericidad y redondez, según KRUMBEIN & LOSS, 1955 (Tomada de CORRALES, 1977).....	35
Figura 3.9. Pasos para definir la proyección del MDE con una estructura tipo “Raster”.....	38
Figura 3.10. Representación idealizada de un MDE con estructura tipo raster en un entorno de celdas 3x3: a) Datos de elevación; b) Dirección de flujo; c) Representación 3D de la dirección de flujo.....	40
Figura 3.11. Representación de una matriz de dirección de flujo (a) y la matriz de acumulación de flujo (b); a cada píxel se le asigna la suma del drenaje de flujo acumulado en cada píxel vecino, en caso contrario se le asigna cero (0).(Tomado de: www.help.arcgis.com).....	41
Figura 4.1. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 1.....	44
Figura 4.2. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 2.....	46
Figura 4.3. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 3.....	48
Figura 4.4. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 4.....	50
Figura 4.5. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 5.....	52
Figura 4.6. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 6.....	54
Figura 4.7. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 7.....	56
Figura 4.8. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la	

muestra 8.....	58
Figura 4.9. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 9.....	60
Figura 4.10. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 10.....	62
Figura 4.11. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 11.....	64
Figura 4.12. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 12.....	66
Figura 4.13. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 13.....	68
Figura 4.14. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 14.....	70
Figura 4.15. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 15.....	72
Figura 4.16. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 16.....	74
Figura 4.17. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 17.....	76
Figura 4.18. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 19.....	78
Figura 4.19. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	80
Figura 4.20. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	81
Figura 4.21. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	82
Figura 4.22. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	83
Figura 4.23. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la	

norma (ASTM D-422).....	84
Figura 4.24. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	85
Figura 4.25. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	86
Figura 4.26. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	87
Figura 4.27. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	88
Figura 4.28. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	89
Figura 4.29. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	90
Figura 4.30. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	91
Figura 4.31. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	92
Figura 4.32. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	93
Figura 4.33. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	94
Figura 4.34. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	95
Figura 4.35. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	96
Figura 4.36. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	97
Figura 4.37. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422).....	98
Figura 4.38 Descripción macroscópica de muestra de mano. (Conglomerado...)	99

Figura 4.39. Fotomicrografía muestra de roca (MR2) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Fragmentos de granos sub-redondeados a sub-angulosos.....	100
Figura 4.40. Fotomicrografía muestra de roca (M2) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Granos líticos sedimentarios embebidos en matriz carbonatico.....	101
Figura 4.41. Fotomicrografía muestra de roca (MR2) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 10X. Granos de cuarzo mono y policristalino.....	101
Figura 4.42. Fotomicrografía muestra de roca (MR2) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Fragmentos de extraclasto calcáreo (equinodermo)...	102
Figura 4.43. Descripción macroscópica de muestra de mano. (Caliza).....	103
Figura 4.44. Fotomicrografía muestra de roca (MR1) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Caliza con micrita, con algunas zonas de textura grumosa y restos de aloquemos (conchas de Bivalvos).....	104
Figura 4.45. Fotomicrografía muestra de roca (MR1) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Restos de bivalvos (pelecípodos) embebidos en una matriz.....	104
Figura 4.46. Fotomicrografía muestra de roca (MR1) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Se observa la presencia de porosidad secundaria por disolución (móldica).....	105
Figura 4.47. Fotomicrografía muestra de roca (MR1) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Material cacofónico (rojizo), relleno de los moldes de disolución de los alóquemos.....	105
Figura 4.48 Modelo de elevación digital y red de drenajes calculada con ArcGIS 10.0. Resultado de los análisis del drenaje de la Península de Paraguaná y de la Laguna de Santa Rosa.....	107
Figura 4.49 Modelo de elevación digital y red de drenajes calculada con ArcGIS 10.0. Resultados de los análisis del drenaje de la Laguna de Santa Rosa, estado Falcón.....	107
Figura 4.50 Controles estructurales de la Laguna de Santa Rosa, las fallas de	

Punta Macolla y las Cumaraguas con dirección oeste-este y hacia el norte se encuentran las fallas de Puerto Escondido y Cabo San Román con orientaciones NO-SE, DANIELO (1976).....	109
Figura.4.51 Modelo de orógeno de flotación para la cuenca de Falcón-Bonaire. A) Configuración tectónica para el Paleoceno-Eoceno Medio. B) Configuración tectónica para el Eoceno Tardío. SB, Surco de Barquisimeto; CP, Cuenca de retroarco de Paracotos; VDC, Arco de Islas de Villa de Cura; CDC, Terrenos de la Cordillera de la Costa; AAH, Alto de las Antillas Holandesas; PP, Alto de Paraguaná; CFB, Sedimentación Marina en el centro de la cuenca y continental a somera en los márgenes, tomado y modificado de PORRAS (2000).....	110
FIGURA. 4.52 Columna estratigráfica de la Formación Paraguaná (Cerro Pelón) REY (1996).....	111

ÍNDICE DE TABLAS

	Pp.
Tabla 4.1 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 1. Número de grano analizado es N=30.....	44
Tabla 4.2 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 2. Número de Granos analizado es N=30.....	45
Tabla 4.3 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 3. Número de granos analizados es N=30.....	47
Tabla 4.4 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 4. Número de granos analizados es N=30.....	49
Tabla 4.5 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 5. Número de granos analizados es N=30.....	51
Tabla 4.6 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 6. Número de granos analizados es N=30.....	53
Tabla 4.7 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra de cuarzo 7. Número de granos analizados es N=30.....	55
Tabla 4.8 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 8. Numero de granos analizados es N=30.....	57
Tabla 4.9. Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 9. Numero de granos analizados es N=30.....	60
Tabla 4.10 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 10. Numero de granos analizados es N=30.....	61
Tabla 4.11 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 11. Numero de granos analizados es N=30.....	63
Tabla 4.12 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 12. Numero de granos analizados es N=30.....	65
Tabla 4.13 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 13. Numero de granos analizados es N=30.....	67
Tabla 4.14 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 14. Numero de granos analizados es N=30.....	69

Tabla 4.15 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 15. Numero de granos analizados es N=30.....	71
Tabla 4.16 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 16. Numero de granos analizados es N=30.....	73
Tabla 4.17 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 17. Numero de granos analizados es N=30.....	75
Tabla 4.19 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 19. Numero de granos analizados es N=30.....	77

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Especial de Grado se enmarca dentro de las actividades de investigación del proyecto Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) titulado “*Reconstrucción paleoclimática-paleoambiental de la Península de Paraguaná a partir de registros sedimentarios de la Laguna Santa Rosa: clima, transformación del paisaje y ocupación humana en los últimos 10.000 años*” coordinado por los Doctores Alejandra Leal, Crisanto Silva y Roberto Herrera ya que la zona de estudio presenta deficiencia de información geológica detallada para el período Cuaternario. En este capítulo se presenta el planteamiento del problema, la justificación, objetivos generales y específicos, así como la descripción y ubicación del área de estudio.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudios realizados en el área de Paraguaná recientemente en la Laguna de Santa Rosa no proveen la información geológica suficiente para entender los patrones de sedimentación ocurridos desde el Holoceno. Por lo tanto, es necesario un estudio a detalle de los sedimentos recientes, red de drenajes y manantiales presentes en la Laguna de Santa Rosa (localizada al norte de Paraguaná) para comprender la relación entre sedimentos, vegetación (como indicador del clima) y tectónica. Es importante resaltar que en la caracterización de los sedimentos el análisis del contenido de polen permitiría relacionar fases climáticas como eventos de sequías, lluvias (fenómeno Niña y Niña) y las actividades humanas en los últimos 10.000 años.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Conocer la geología en detalle de la zona de estudio para el periodo Cuaternario es vital con la finalidad de establecer las relaciones entre clima, paisaje e interacción

humana. En este sector, los patrones de sedimentación durante el Holoceno en la Laguna de Santa Rosa han sido pobremente estudiados. Mucho menos se ha establecido la relación entre la tectónica, tasa de sedimentación, clima y actividades humanas durante el Cuaternario. Hoy en día, no se cuenta con los datos que nos permita entender de manera aproximada las condiciones paleoambientales que han imperado en la Laguna de Santa Rosa, la cual por ser de tipo endorreico debe registrar información valiosa para lograr los objetivos del proyecto FONACIT antes mencionado, y para ayudar a la población a entender sobre la sistemática de la cuenca, sus patrones de sedimentación y acumulación de agua. Además se desea que a partir de los datos encontrados poder realizar una prospectiva del probable comportamiento climático futuro en el área.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio sedimentológico del núcleo (LAGSR1-X) extraído en la Laguna Santa Rosa, al norte de la Península de Paraguaná, estado Falcón con la finalidad de determinar las condiciones paleoambientales en el Holoceno.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los sedimentos del núcleo LAGSR1-X extraído en la laguna Santa Rosa en la Península de Paraguaná, estado. Falcón
- Caracterizar texturalmente a los sedimentos recientes presentes en el núcleo LAGSR1-X
- Describir mineralógicamente las facies sedimentarias presentes en el núcleo extraído en la Laguna de Santa Rosa
- Realizar el análisis petrológico del basamento (Plioceno) sobre el cual se encuentra la Laguna de Santa Rosa.

- Realizar Modelo de elevación digital y red de drenajes calculada con ArcGIS 10.0.

1.5 ANTECEDENTES

KARSTEN (1859), es el primero en reconocer geológicamente la Península de Paraguaná. Donde describe las planicies sedimentarias constituidas por lutitas y calizas; además describe el cerro de Santa Ana, reportando la presencia de roca plutónica como anfibolita, porfídica, diabasa y gabro. La Figura 1.1 representa la cartografía los cuerpos reconocidos en un mapa geológico del norte de Venezuela.



Figura 1.1 Extremo noroeste del primer mapa geológico de Venezuela que muestra la ubicación de los cuerpos litológicos de la Península de Paraguaná (Tomado de Karsten, 1859).

PEREZ (1967), se encarga de analizar la información geológica obtenida hasta el presente año para así encontrar las posibles reservas de aguas subterráneas en la península de Paraguaná, estado Falcón. Así pues determinó la existencia de cuerpos de aguas subterráneas ilustrados en la figura 1.2, obteniendo resultado negativos

debido a la escasez de información geo-hidroológica. Finalmente establece las depresiones estructurales y bajos topográficos localizados en la zonas de recarga la cual estableció que son elementos favorables para la acumulación de acuíferos.



Figura 1.2. Mapa Geológico compilado de la Península de Paraguaná estado Falcón, tomado de PEREZ (1967).

GOODARD & PICARD (1974, 1976), fueron los primeros que incluyeron la caracterización de la “roca de playa” asociada con las terrazas levantadas desde Cabo San Román hasta Puerto Escondido y así como las “rocas de playa” del Istmo de Los Médanos.

DANIELO (1976), realizó un estudio geomorfológico de la Península de Paraguaná, dividiendo la región en unidades geomorfológicas ubicadas en una escala de tiempo relativo (ver Figura 1.3).

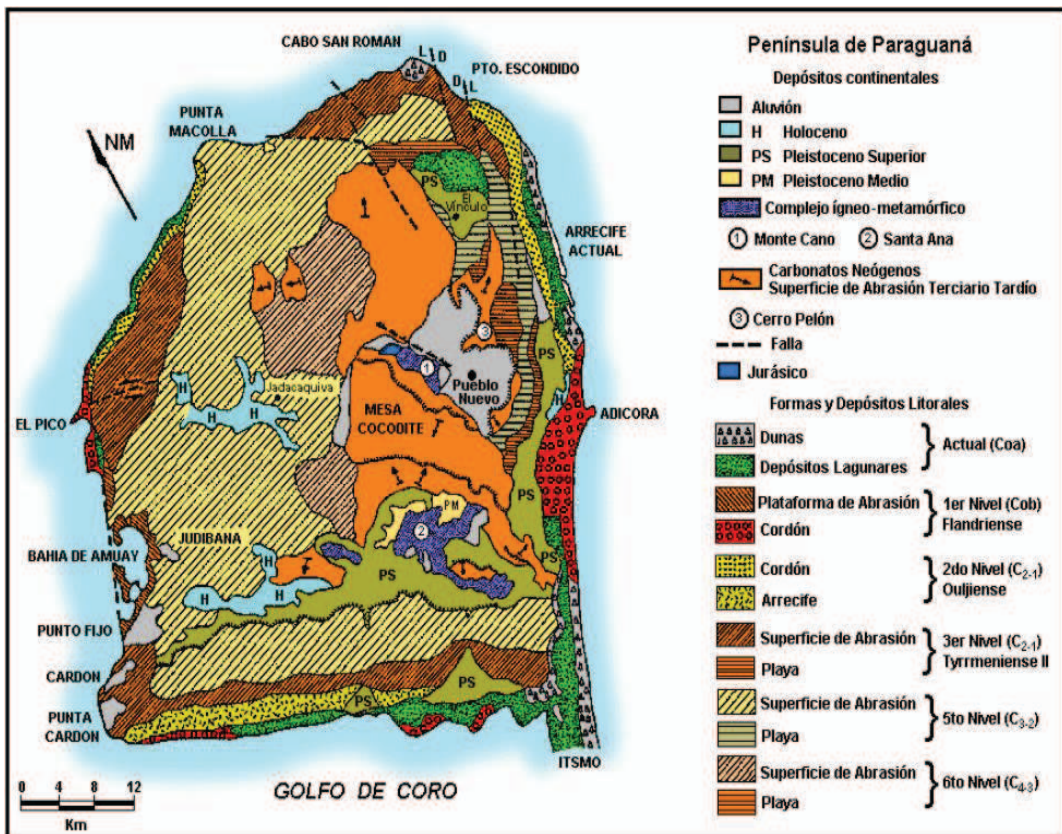


FIGURA 1.3 Mapa de las unidades cuaternarias en la Península de Paraguaná (Tomado de Daniello 1976).

GONZALEZ (1995), identificó las condiciones climáticas durante el Cuaternario, las cuales fueron bastante severas, específicamente en la época Pleistoceno (Glaciares e interglaciares).

AUDEMARD (1993, 1996). Presentó un estudio neotectónico del estado Falcón incluyendo la Península de Paraguaná (ver Fig1.4). Establece la dinámica de fallas cuaternarias y otras estructuras asociada al sistema de placa Caribe-Suramericana.

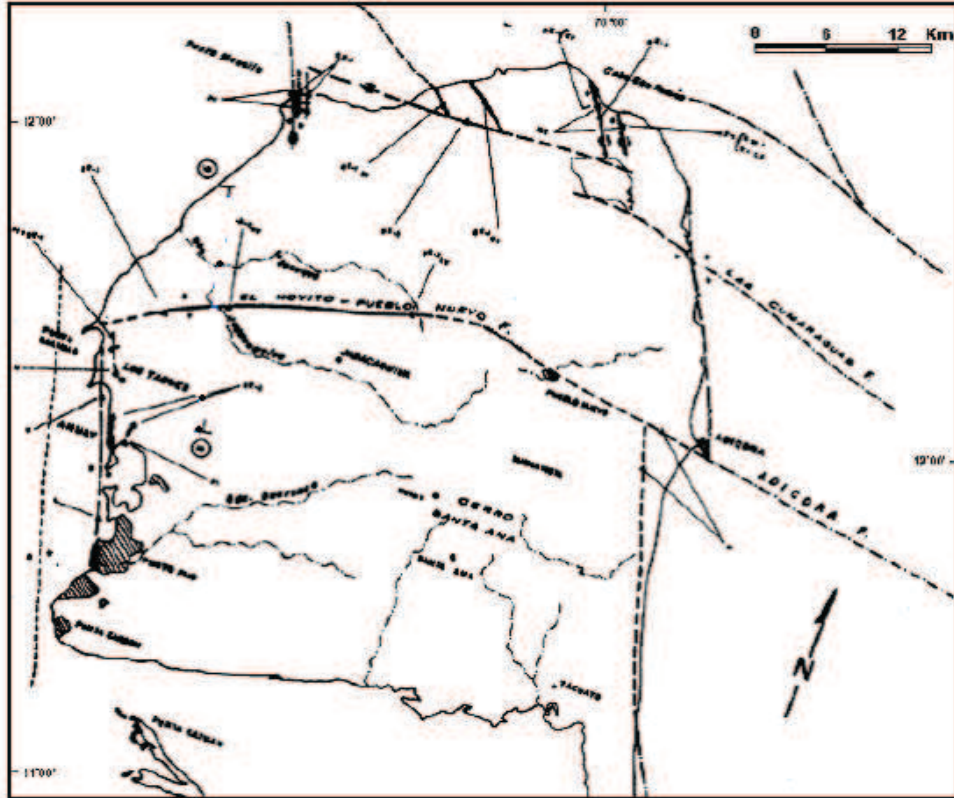


Figura 1.4. Mapa neotectónico de la Península de Paraguaná (Tomado de Audemard, 1996)

REY (1996), realizó una descripción de secuencia sedimentaria aflorante en la Península de Paraguaná e interpreta la historia sedimentaria del área dentro del marco evolutivo de la cuenca de Falcón. Reconoce dos eventos erosivos, el primero del Mioceno Medio y Tardío, el segundo del Plioceno Medio y Tardío, ambos responsables del aporte de material que constituyen las formaciones Paraguaná y el Conglomerado el Alto.

MENDI & RODRIGUEZ (2005), recopilaron, integraron y actualizaron la cartografía geológica existente de la Península de Paraguaná, se complementó información

geológica en algunas localidades y se elaboró una síntesis de la evolución geológica de la zona.

CAPÍTULO II

2.1 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS Y GEOLOGÍA REGIONAL

2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El presente estudio se realizó en la Costa Occidental de Venezuela (COV), en la Península de Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela. Específicamente en la Laguna de Santa Rosa (también referida como Salinas o llanos El Zaino o Bajarigua (mapa escala 1:25.000 hoja 6252-III-NO, ambos mapas con dato horizontal La Canoa) y Salina de Bajarigua (mapa escala 1:100.000, hoja 6252). Aquí se tomó el núcleo LAGSR1-X cuya ubicación arrojada por el GPS fue de $N12^{\circ}06'40.7''$, $W69^{\circ}56'21.7''$ con dato horizontal REVEN (ver Figura 2.1).

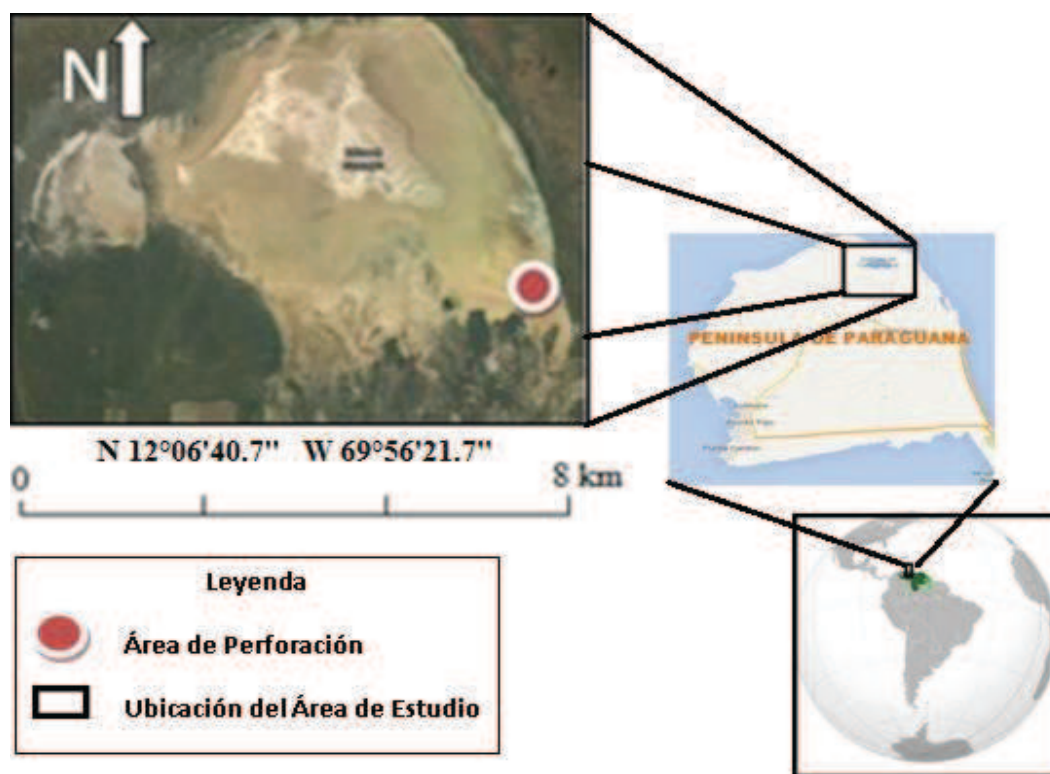


Figura 2.1 Ubicación de la zona de estudio y detalle de la Laguna (Imagen tomado y modificado de Google Maps, 2014).

2. CLIMA

El clima de la costa de Falcón y la Península de Paraguaná es típicamente un clima árido, con distribución irregular de la precipitación con la tendencia a la acumulación hacia fines de año. WALTER & MEDINA (1971).

FEO-CODECIDO (1971-1997), puntualiza que los alisios del noreste, sumado a las escasas precipitaciones fluviales, altas temperaturas con medias de 27° C, elevados índices de insolación y evaporación originan un clima marcadamente desértico en la península de Paraguaná.

Según GODDARD & PICARD (1976), la precipitación anual en el istmo y Península de Paraguaná oscila entre 400 mm a 600 mm; la temperatura media anual oscila entre 27 °C y 28 °C; la humedad relativa, 80% y los vientos son constantes del este con velocidades comprendidas entre 20 y 30 Kph. La temperatura y escasa precipitación mantienen a toda esta costa árida cubierta únicamente por vegetación xerófila; por el viento constante, de alta velocidad se forman innumerables médanos a lo largo de la costa. Este tipo de clima ejerce también mucha influencia sobre las llanuras de playas y salinas que están secas durante la mayor parte del año. Por su parte MATTEUCCI, COLMA & PLA (1982), señalan específicamente para la Península Paraguaná que la temperatura media anual es de 28,6 °C, la precipitación anual varía entre 176 y 504 mm, siendo la costa occidental más seca con déficit hídrico todo el año; en el resto de la península el clima es biestacional con un período seco de enero a de octubre y un pico de precipitación en noviembre.

ALVAREZ (1983), calculó un índice de pluviosidad mm/°C o índice de Lang, menor a 20 en toda la península de Paraguaná, lo que la tipifica como desierto. Por su parte FOGHIN (2002), afirma que el tipo pluviométrico coriano es una variante entre el costero prevaleciente en el litoral central y el marabino; su situación occidental se evidencia, aunque moderadamente en la prominencia de Octubre, Noviembre: comparativamente con el tipo costero central, el tipo coriano no acusa la influencia de las situaciones extratropicales en los meses de sol bajo. Los montos medios anuales de precipitación en estas comarcas costeras falconianas se ubican entre los más bajos

del país, condición que las coloca en el límite entre los climas semi-áridos (BS). Los áridos (BW); el sector occidental de la Península de Paraguaná recibe en promedio, precipitaciones inferiores a los 300mm anuales. Lo que sumado a la intensa evaporación condicionada por la alta velocidad media de los alisios, imprime a estas tierras características de verdadero desierto. Para LEMUS, JIMÉNEZ & RAMIREZ (2002), el clima de la Península de Paraguaná se caracteriza por una precipitación anual de 330.5mm siendo los meses de Octubre a Diciembre los de mayor pluviosidad y de enero a julio los meses más secos, con temperaturas promedio de 28 a 29°C. (Ver figura 2.2).

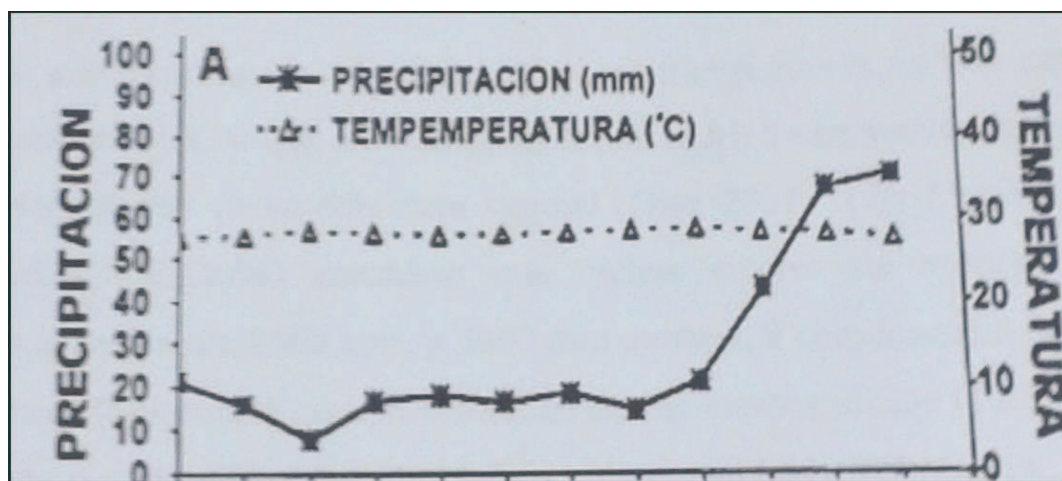


Figura 2.2 Valores promedio de Precipitación y temperatura mensual para la península de Paraguaná (estación Pueblo Nuevo) (Tomado de Lemus & Jiménez, 2002)

2.3 HIDROGRAFÍA

La hidrografía del estado Falcón es más bien pobre, todas las quebradas desembocan en el norte, ya sea en el mar Caribe golfo de Venezuela. El principal es el Tocuyo que nace en el Páramo de Cendé y es en gran parte de su recorrido, límite sur del estado con el estado Lara, luego de recorrer 423 Km vierte sus aguas en el mar Caribe. El otro río digno de mención que desemboca en el Caribe es el Aroa con 130 Km de recorrido. De la cuenca del Golfo de Venezuela, los principales son el Maticora (201 km.) y el Mitare con 120 km. La Península de Paraguaná no posee cursos de agua

permanentes y solo presenta agua de escorrentía cuyos valores en la corta temporada de lluvia pueden ser muy altos, entre 60 a 330 millones de metros cúbicos anuales (MATTEUCCI Y COLMA, 1997), y cuyo aprovechamiento es mínimo. No existe una verdadera red de drenaje, el tipo de drenaje depende de las características de los suelos. Así en las terrazas marinas el drenaje externo es moderado y el interno es rápido; hacia el este de la Península de Paraguaná tanto el drenaje externo como interno de los suelos es muy bueno (STREBIN, 1990), por otra parte en el sector oriental de la Península se presenta un sistema de salinas y salinetas como depósitos de aguas salobres de mayor o menor persistencia a lo largo del año: Salina de Bajarigua que ocupa la mayor superficie, salina de Las Cumaraguas de gran importancia económica salina de La Boca, salina de Palo Seco, salina de Cujicito y salina de La Vigía que es la más cercana al Cabo San Román, un grupo menor de depósitos salobres se presentan hacia Las Raíces constituyendo más bien, planicies saladas con abundante vegetación herbácea halófila.

2.4 SUELOS

En Venezuela los aridisoles se encuentran en áreas aproximadamente con precipitaciones inferiores a 800mm anuales como en la Península de Paraguaná. La mayoría son derivados de aluviones ricos en arcillas, carbonatos y sulfatos de Ca y Mg. Ocurren en estos casos en valles y abanicos aluvionales. Así mismo se encuentran desarrollados “in situ” sobre roca calcárea o yesíferas en numerosas colinas de esta área. Los aridisoles en su mayor parte poseen un grado moderado a fuerte de desarrollo estructural en bloques o prismas constituyendo horizontes cambie y consecuentemente del suborden “orthid”. Dentro de este suborden aparecen más abundantes los “Camborthids” que los “Culciorthids”. Posiblemente por sus texturas tan arcillosas, dichas precipitaciones no son capaces de translocar carbonatos formar muchos horizontes cálcicos. En zonas restringidas como en la Península de Paraguaná se han observado horizontes “Petrocaleic”. Principalmente las áreas cercanas a la costa con posible influencia marina en su formación poseen suficientes sales acumuladas y constituyen así “Salorthids”. En las terrazas y conos aluviales más

antiguas y en algunas áreas de colinas con materiales un poco más permeables se han reportado suelos del suborden Argid en los cuales predominan los colores pardo y pardo rojizos (COMERMA, 1971), por otra parte DIAZ (2001), agrega que en la Península de Paraguaná los suelos son en su mayoría pesados, alcalinos y a menudo con horizontes argílicos entre 40 a 60 cm de profundidad. MATTEUCCI & COLMA (1997), además indican que en algunas áreas los suelos son de poca profundidad, pedregosos y líticos (litosoles) o con escaso desarrollo (entisoles).

2.5 VEGETACIÓN

La vegetación en la Península de Paraguaná fue estudiada inicialmente por diversos investigadores entre los que destacan TAMAYO (1941), LASSER & VARESCHI (1957), y TAMAYO (1981), el trabajo de TAMAYO (1941), reporta exploraciones botánicas de carácter taxonómico en el Istmo de Médanos, llanos y golfete de Coro, Adícora, Pueblo Nuevo y Cerró Santa Ana; el segundo trabajo reporta las exploraciones taxonómicas en el istmo de Médanos y el último trabajo está referido a la biogeografía de Paraguaná en ocho localidades puntuales: a) Médanos de origen marino. b) Sabana de Baraived, c) Norte de Adícora, d) Albufera de la Boca, e) Marisma de Tiraya, Salina de las Cumaraguas o Bajarigua, g) Piedras negras, h) Piedras Negras y Cabo San Román, i) Cabo San Román. Por su parte HUECK, (1960), mapea en la Península de Paraguaná, vegetación de playas y médanos, de estepas y praderas halofíticas y bosques secos o cardonales. EWEL, MADRÍZ & TOSSI (1965), describen a la Península de manera muy general como vegetación de bosque espinoso tropical y bosque muy seco tropical, Sarmiento, (1965), describe a la vegetación como de matorral espinoso (thorn-scrub), constituido por un tipo de bosque muy bajo, o arbustal cenado cadufofolio o áfilo, con dos elementos que se asemejan a formaciones semidesérticas: espinares y cardonales. FEO-CODECIDO (1971), señala que en la Península de Paraguaná predominan los alisos del noreste, sumados, lo que sumados a las escasas precipitaciones, altas temperaturas y elevados índices de insolación y evaporación originan un clima marcadamente desértico y una

vegetación pobre del tipo xerófilo, como el cardón, la tuna, el cují y el uvero de playa.

2.6 GEOLOGÍA REGIONAL

2.6.1 Historia Geológica de La Península De Paraguaná

La historia geológica de la Península de Paraguaná fue esbozada por FEO-CODECIDO (1971), de la siguiente manera, 1-Exposición regional del basamento metamórfico al comienzo del Paleozoico y Precámbrico, 2- la instrucción del granito Parguaza en el Pérmico, 3- Erosión y peniplanación del complejo basal ígneo metamórfico, a finales del Paleozoico o comienzos de Mesozoico, pudiendo haber más actividad volcánica limitada. 4- Invasión de un mar Mesozoico y acumulación de una sucesión sedimentaria, metamorfizada más tarde débilmente y convertida en penillanura. 5- Intrusión del gabro de Santa Ana y posterior y posterior peniplanación a principio del Terciario y posterior. 6- Trasgresión un mar poco profundo con la sedimentación Mio-Pliocena. Al final del Plioceno la Península emergió hasta alcanzar su forma actual. En el Pleistoceno la Península era una isla de la costa firme. Durante el Holoceno se formó el Istmo de los médanos desapareciendo su insularidad.

2.6.2 Complejo Ígneo-Metamórfico

Este aflora al oeste de Pueblo Nuevo, donde constituye en gran parte la Mesa de Cocodite. La unidad litoestratigráfica más antigua expuesta en la región al parecer se encuentra representada por una secuencia cataclásticamente deformada de rocas esquistosas y gneisoides, cuarzo-feldespáticas, muscovíticas y granatíferas. Es posible que estas rocas representen una facies severamente deformada de la sucesión levemente metamorfizada del Mesozoico, y que la estructura "gneísico-esquistosa" que presentan es en realidad de origen sedimentario, o bien podrían representar una unidad diferente producto de un más alto metamorfismo.

El plutón granítico es de dimensiones definidas por fallas, de grano fino a mediano, y composición boitítica, y hornablándica con titanita accesoria y estructura uniforme, maciza a ocasionalmente foliada, fue designada por O. RENZ (informe inédito de la Compañía Shell de Venezuela) con el nombre de "Granito de Paraguaná" y posteriormente por MACDONALD (1968) como "Plutón Granítico de El Amparo". El cuerpo presenta facies dioríticas y se asocia con un sistema de diques ácidos y básicos (aplíticos, pegmatíticos, andesíticos). En ciertos afloramientos se notan vetas de epidoto, probablemente de origen hidrotermal, como también inyecciones de cuarzo. Dos muestras de rocas graníticas provenientes de las quebradas Chirache y Aguada (también llamada El Amparo por MACDONALD, 1968) en la Mesa de Cocodite que fueron examinadas radiométricamente por la Shell Development Company en Houston, Texas, mediante el método U-Pb sobre titanita, dieron edades absolutas de aproximadamente 262 y 265 Ma, respectivamente, las cuales corresponden al Pérmico. Dicho granito se relaciona petrográfica y estratigráficamente con otras intrusiones similares expuestas en el Macizo de El Baúl, Isla de Toas, Levantamiento de El Palmar y Península de La Guajira, cuyas edades oscilan en los alrededores del Paleozoico Superior (FEO-CODECIDO, 1954, 1963, 1971-a, b; BLASER & DUSENBURY, 1960; HEA 1960, MARTIN, BELLIZZIA, et, al 1961, 1968).

2.6.3 Formación Cantaure

Esta formación representa el 1% (Figura 2.3) de las rocas sedimentarias expuestas en la Península, su localización se restringe únicamente a las cercanías de la casa Cantaure, a 4,1 km al oeste de la Iglesia de San José de Cocodite. Debido a la topografía baja del área, los afloramientos son muy limitados lo que hace difícil presentar una sección completa de la formación. La base de la formación varía notablemente dentro de un área poco extensa, y está representada por, una caliza fosilífera con abundantes conchas de *Balanus* y *Ostrea*, y una arcillita gris oscuro de conchas, de 1 m de espesor, en contacto discordante con el Granito de Paraguaná, una caliza fosilífera, de aproximadamente 0,7 m de espesor, cuyos fósiles muestran

gradación normal, hacia la base de la capa se presentan en forma abundante y desordenada, mientras que hacia el tope se observan en menor proporción y alineados al plano de estratificación. La parte media de la unidad, está bien representada en un pozo de agua que se denominará pozo Cantaure. Litológicamente, se caracteriza por la alternancia de areniscas loables masivas de color ocre y arcillitas grises, los contactos son transicionales. El espesor de las areniscas varía entre 1 hasta 8 m, incrementando en la parte media y superior del pozo. Composicionalmente presentan en orden de abundancia cuarzo fósiles entre los que se reconocieron foraminíferos, ostrácodos, fragmentos de moluscos, fragmentos de briozoarios y pterópodos; fragmentos de óxidos de hierro y de roca granítica. Estos últimos son abundantes hacia la base de la unidad pero desaparecen subiendo en sección.

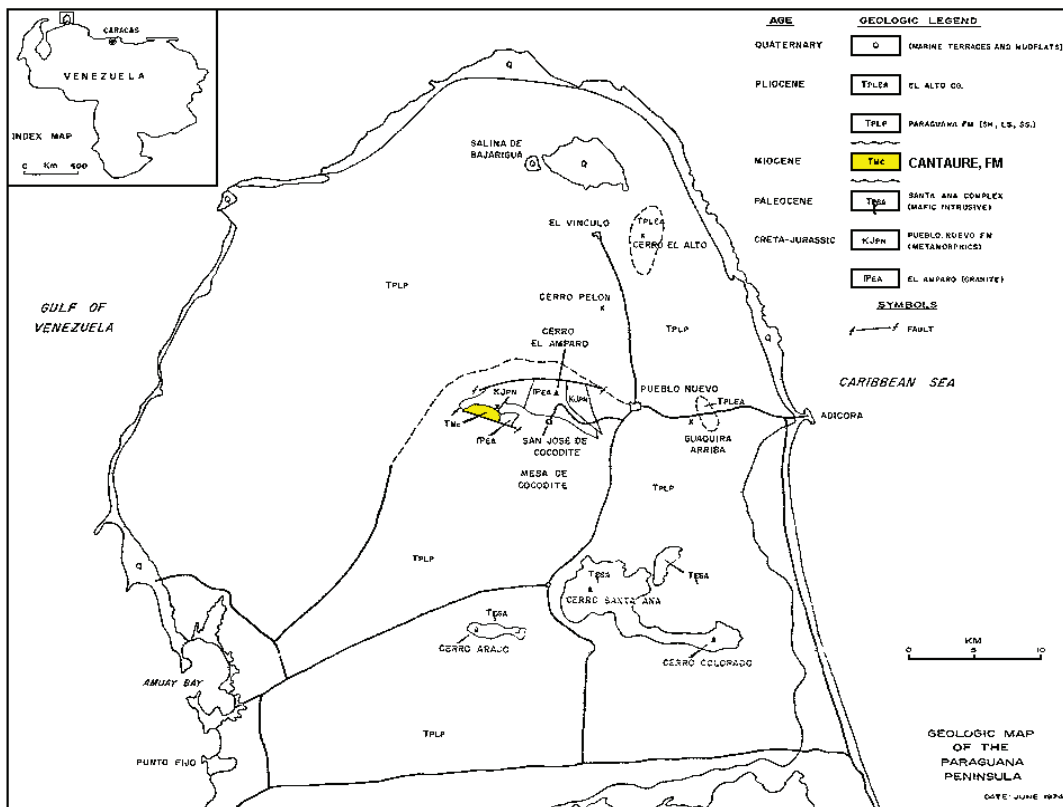


Figura 2.3. Mapa geológico de la Formación Cantaure

La arcillitas varían de espesor entre 1 y 8 m, con fragmentos de conchas y foraminíferos. En la quebrada El Socorro, la parte media de esta unidad está representada por limolita arenosa color ocre, friable, calcárea de 1.8m de espesor la cual se encuentra en contacto abrupto con una arenisca compacta de color ocre, meteorizado a negro, y su espesor de 1.5 m. La parte superior de esta formación parece estar representada por una arcillita de color gris claro que meteoriza a tonos abigarrados.

La edad de la formación Cantaure es Mioceno Temprano (parte terminal), lo que coincide con lo reportado por DIAZ DE GAMERO (1974).

2.6.4 Formación Paraguaná

La estratigrafía de la Península de Paraguaná corresponde al Plioceno Temprano y está dividida por dos miembros (figura 2.4). El miembro inferior, el miembro El Hato cuya base no se encuentra aflorando, se caracteriza por una estar conformada por lutita marina, color crema, rica en foraminíferos, que grada rápidamente a capas más limosas. Este miembro está constituido, en su mayor parte, por una secuencia bandeada de limolitas color gris que se alternan con finas arcillitas y limolitas ferruginosas.

El Miembro superior Amuay, está constituido por una caliza algal compacta de al menos 3 m de espesor (HUNTER Y BARTOK, 1974).

FEO-CODECIDO (1971), señala que en el sur, los escarpados son de poca elevación. REY (1996), expresa que la parte superior, el Miembro Amuay, aflora en un 85% de la superficie de la, Península esta en tres formas diferentes: en escarpes (sin exponer su base en la mayoría de los casos), muy fragmentado sobre colinas arcillosas y formando extensas planicies. La Península de Paraguaná, con excepción de la zona altiplana de la Mesa de Cocodite y del Macizo de Santa Ana, está formada por sedimentos de edad Plioceno con terrazas del cuaternario hacia la costa. Constituyen una secuencia que se inicia con material calcáreas fosilíferos, lutitas estériles con intercalaciones de limo (miembro El Hato), depósitos biostromales de bancos de

ostras y culmina con depósitos de algas (miembro Amuay). En la costa oriental se encuentran lomas de playa cuya erosión posterior originó la formación de dunas de arena al sur de Adícora. Hacia el noreste y norte se observan terrazas arrecifales. En la costa occidental prevalecen terrazas de coquina, FEO-CODECIDO (1997).

PENÍNSULA DE LA GUAJIRA	FALCÓN CENTRAL		PENÍNSULA DE PARAGUANÁ		EDAD
FM CASTILLETES	FM CORO		Conglomerado de El ALTO		O N E C O I L P
	FM LA VELA	Miembro Chiguaje	FM PARAGUANÁ	Miembro calizas de Amuay	
		Miembro Curazaito		Miembro El Hato	
	FM CAUIJARAO		?		MIO. S
	FM SOCORRO				MIO. M
FM JIMOL	FM QUERALES FM CERRO PELADO		FM CANTAURE		MIO. I
FM UITPA	FM AGUA CLARA		/		

Figura 2.4. Tabla de correlación del terciario de Paraguaná y áreas adyacentes. Tomado y modificado de Feo-Codecido (1974)

2.6.5 Conglomerado El Alto

Conglomerado El Alto fue introducido por HUNTER & BARTOK (1974), para designar una secuencia conglomerática que aflora en el cerro El Alto a 4,6 km al este de la población El Vínculo, la correlacionan con la Formación Coro, sin embargo, en su trabajo no la describen. El espesor de esta unidad, medido en campo, es de 1,7 m. La base de la unidad se caracteriza por la presencia de ciclos de limolitas, areniscas y conglomerados de guijarros con contactos transicionales, el espesor total del paquete

es de 0,7 m. Son limolitas de color ocre, friables, calcáreas y masivas, de 13 cm de espesor en la base disminuyendo hacia el tope. Las areniscas son de color ocre, friables, calcáreas, con un espesor de 7cm en la base el cual disminuye subiendo en sección. Presentan estratificación cruzada planar y en espina de pescado.

Los ciclos culminan con niveles de conglomerados de guijarros polimícticos (FRIEDMAN & SANDERS, 1978), con soporte de granos, masivos, de aproximadamente 4cm de espesor. Composicionalmente, se observan clastos bien redondeados de cuarzo y fragmentos de rocas, con un diámetro promedio de 1 cm. El tope de la unidad se caracteriza por la presencia de una capa de conglomerado polimíctico de guijarros, de 1 m de espesor, compuesto por clastos bien redondeados de cuarzo, fragmentos de roca y fragmentos de moluscos. El tamaño de grano varía desde 1 cm en la base de la capa hasta 3 cm hacia el tope de la misma.

En cuanto al contenido paleontológico, además de los fragmentos de moluscos ya mencionados, fue posible observar la presencia de foraminíferos mal preservados con mezcla de fauna retrabajada de las unidades infrayacentes.

La edad de esta unidad está dada por la presencia de la *Globorvta* truncatulinoidea según la cual no puede ser más antigua de Pleistoceno, (BOLLI et al.1985).

Ambiente sedimentario, El Conglomerado El Alto se depositó en un ambiente playero de alta energía, el cual está evidenciado por la presencia de estructuras bipolares, que lo diferencia de los depósitos aluviales que progradan hacia el mar.

2.6.6 Evolución Paleoambiental

La Península se comportó como un bloque emergente durante casi toda la historia de la Cuenca de Falcón (DIAZ DE GAMERO, 1977). Durante el Mioceno Temprano ocurre un evento transgresivo regional, se sedimenta la Formación Cantare en la Península, y la Formación Querales en todo Falcón, septentrional, tanto en el surco de Urumaco como en el alto de Coro (DIAZ DE GAMERO, 1974, 1989).

A finales del Mioceno Temprano ocurre un cambio de paleogeografía de la Cuenca de Falcón, el cual está representado por una disminución en la paleobatimetría que evidencia un levantamiento generalizado al sur y oeste. Tanto en el Surco de

Urumaco como en el alto de Coro, por encima de la Formación Querales, de ambiente de prodelta a plataforma media, se deposita la Formación Socorro en condiciones más someras del frente deltáico a llanura deltáica (DÍAZ DE GAMERO, 1989). En Falcón nororiental, en la secuencia correspondiente a la Formación Agua Salada, se tienen evidencias de un evento sedimentario y tectónico importante a finales del Mioceno Temprano, desaparecen faunas calcáreas indicativas de profundidades batiales, observando una secuencia típica del avance progresivo de un complejo deltáico conocido como Miembro Solito (DÍAZ DE GAMERO, 1985).

Estudios de subsuelos en la Ensenada de La Vela han reportado un marcador eléctrico reconocible, en donde se observa un cambio notable en la receptividad en el tope del Mioceno Inferior, por lo que no se excluye la existencia de una discordancia a este nivel en áreas próximas de los paleoaltos con el alto de Coro y zonas adyacentes. En el pozo Puente Riocoa-1, ubicado al este de Pueblo Cumarebo, se ha interpretado una discordancia en el tope del Mioceno Inferior, en base al perfil geoquímico, estimándose unos 1400 m erosionados (CABRERA, 1985).

MASCLE *et al.* (1985), efectuaron un análisis estructural de Falcón norcentral, indican la ocurrencia de un nuevo evento compresivo a finales del Mioceno Temprano, que afecta los estratos del Oligoceno y Mioceno Inferior. De acuerdo con estos autores, este evento probablemente no fue muy importante, aunque pudo traer como consecuencia algunos cambios paleogeográficos.

En Paraguaná este evento tectónico está representado, sobre la Formación Cantaure descansa la Formación Paraguaná de edad Plioceno Temprano, interpretándose un periodo de erosión que abarcó todo el Mioceno Medio y Tardío, evidenciada por la presencia de fauna retrabajada en la Formación Paraguaná, perteneciente a la Formación Cantaure.

El Mioceno Temprano terminal puede relacionarse con la Orogénesis Andina, aunque el levantamiento de Perijá y de los Andes venezolanos fue mayor a partir del Mioceno Tardío-Plioceno, existen datos de pozos y sísmicos proveniente de la

Cuenca de Maracaibo, que indica el indicio gradual de la actividad tectónica Andina durante el Mioceno Medio (KELLOG, 1984). De acuerdo con BOESI & GODDARD (1991), la inversión de la Cuenca de Falcón comienza en el Mioceno Medio.

Durante el Mioceno Tardío y el Plioceno la Cuenca de Falcón fue levantada y deformada en un anticlinorio con dirección E-NE (MUESSIG, 1984), la sedimentación se restringe septentrional de Falcón, observándose una variación de oeste a este, desde ambientes continentales a ambientes marinos (GONZÁLEZ DE JUANA, et al. 1980). De acuerdo con DEWEY & PINDELL (1985), la deformación de esta Cuenca es el resultado del cabalgamiento del bloque cordillera de Ecuador, Colombia y el oeste de Venezuela sobre la placa Caribe que migra hacia el este en los últimos 9 Ma.

Durante el Plioceno se han reportado cambios de la línea de costa en Falcón norcentral, en el Surco de Urumaco se tiene la sedimentación del Miembro Chiguaje, el cual representa una corta inversión marina dentro de la sedimentación clástica de la Formación Codore depositada en la parte distal de un abanico aluvial; sobre el alto de Coro se observa un nivel rico de foraminíferos planctónicos hacia el tope de la Formación La Vela indicando condiciones más marinas dentro de esta unidad (REY, 1990). En Falcón nororiental se tiene la sedimentación transgresiva de la Formación Punta Gavilán depositada en la zona sub-litoral externa, por debajo de los 100 m de profundidad (DIAZ DE GAMERO, 1985).

En la Península de Paraguaná durante el Plioceno Temprano comienza un nuevo ciclo sedimentario, representado por la Formación Paraguaná, depositada en ambientes marinos poco profundos a playeros.

Durante el Neógeno, un segundo evento erosivo se conoce en la Península de Paraguaná, por encima de la Formación Paraguaná descansa inconformemente el Conglomerado El Alto de edad Pleistoceno. Esta unidad representa el desarrollo de facies de conglomerados playeros. Ya que esta unidad ha sido fuertemente

erosionada, no es posible establecer el cierre de este ciclo, pero está relacionado con la deformación de la Cuenca de Falcón.

2.6.7 Tectónica de la Península de Paraguaná

Regionalmente la estructura de la Península se asemeja a la de un domo o amplio arco cuyos flancos, compuestos por sedimentos Mio-Pliocenos, buzan suavemente hacia fuera desde un núcleo central ígneo-metamórfico (Arco de Cocodite y Pilar de Santa Ana). La característica tectónica más resaltante de la región es la ausencia de plegamiento de los sedimentos terciarios, en notable contraste con el resto del estado Falcón. Es decir, en la sucesión terciaria de Paraguaná sólo se observan unos pocos pliegues suaves, mal definidos y orientados al azar, mientras que en el resto del estado los sedimentos del Terciario se presentan intensamente plegados formando un sistema de filas alargadas con valles intramontanos y orientación regional N 60°-80°E.

La actividad a partir del Mesozoico a lo largo de las geo fracturas del ángulo noroeste del continente sudamericano (cuya existencia ha sido corroborada por comparación de focos sísmicos de profundidades mayores de 100 Km. en Venezuela noroccidental, norte de Colombia y costa del Pacífico de Centro y Sur América) ha determinado la configuración tectónica actual.

En la parte sur de Paraguaná, la falla de Divacoa, determinada por geofísica con rumbo N 80°E, es inversa de ángulo alto y se presume su edad como pre-oligocena porque no corta a los sedimentos oligocenos del Golfo de Venezuela al oeste de la península. Un sistema posterior de fallas "en échelon" cortas las estructuras antiguas en sentido NNO y origina desplazamiento dextral al sur. La pronunciada componente vertical inclinada al SE determina la formación del gran "pilar" de Santa Ana-Siraba y Capuana, con semi-pilares escalonados hacia sus flancos. Este sistema NNO configura los bordes este y oeste de la Península y define el marco estructural de las cuencas alargadas del Oligoceno, de dirección norte-sur, a cada lado de la misma.

La falla de Buena Vista (MARTIN-BELLIZZIA & ITURRALDE DE AROZENA, 1.972) y la del Pueblo Nuevo (MACDONALD, 1968), de dirección NE en el borde

norte del macizo ígneometamórfico, delimitan este arco estructural en las metamórficas mesozoicas, fallado "en échelon" y desplazado al sur que se ha llamado Arco de Cocodite. El arreglo centrífugo de los buzamientos de los sedimentos del Mioceno y Plioceno suprayacen al arco del Paleozoico-Mesozoico fija la edad pre-Miocena de este levantamiento. El carácter no perturbado del Oligoceno en la cuenca, paralela a la costa oeste de la Península, permite postular edades post-oligocenas para el fallamiento transversal "en échelon" y una paleoceno-eocena para el fallamiento longitudinal (Divacoa, Buena Vista y Pueblo Nuevo).

Estos sistemas de fallas conjugados en el tiempo colocaron en contacto a diferentes unidades paleotectónicas, en forma de cuñas o fragmentos de corteza continental Caribeña, corteza oceánica Pacífica y manto, en el Paleoceno-Eoceno Superior. Se postula, pues, el conjunto ígneo-metamórfico como una faja tectónica cuyo predominio de elementos alócatenos aumenta hacia el oeste. FEO-CODECIDO (1974).

2.6.8. Evolución tectónica de la cuenca de Falcón

La cuenca de Falcón se originó durante el Eoceno Tardío - Oligoceno y abarcó una gran porción de la región noroccidental de Venezuela durante el Terciario. En este período fue principalmente una cuenca marina rodeada por zonas emergidas, excepto al este y parcialmente al norte (AUDEMARD, 1997).

Posterior a la fase de sobrecorrimiento del alóctono Caribe durante una fase de compresión de edad Cretácico Tardío - Eoceno Medio, comienza a formarse el registro sedimentario de las primeras etapas de evolución de la cuenca. GONZÁLES DE JUANA (1980), reporta un avance transgresivo que avanza desde el noroeste, y queda registrado con las unidades Paují, en la parte oriental de la cuenca de Maracaibo y Falcón sur y central, y Cerro Misión en Falcón oriental.

La creación del espacio en la cuenca es consecuencia de la flexura producida por una compresión de sentido norte-sur, "que genera el acoplamiento entre las placas Caribe

y Suramérica, y es responsable del emplazamiento de los cuerpos alóctonos de Paraguaná”.

A continuación se presentan algunos de los modelos propuestos por distintos autores sobre la evolución de la cuenca de Falcón:

El modelo “*pull – apart*”, propuesto por MUESSIG (1984), establece que la cuenca de Falcón se originó en una zona transtensiva provocada por los efectos producidos por los movimientos asociados a un sistema de fallas transcurrentes, con dirección similar a las de Oca y San Sebastián, durante la era Cenozoica, véase la figura 2.5, este movimiento, originó una zona de extensión definida por fallas normales de dirección noroeste. Dicho “graben” estaba conformado por el surco de Urumaco, la Bahía de La Vela y la cuenca de Bonaire, mientras que las zonas emergidas que proporcionaban los sedimentos a la cuenca eran los altos de Paraguaná, Dabajuro, el Arco de Mérida, la cadena Caribe y el sur de Siquisique.

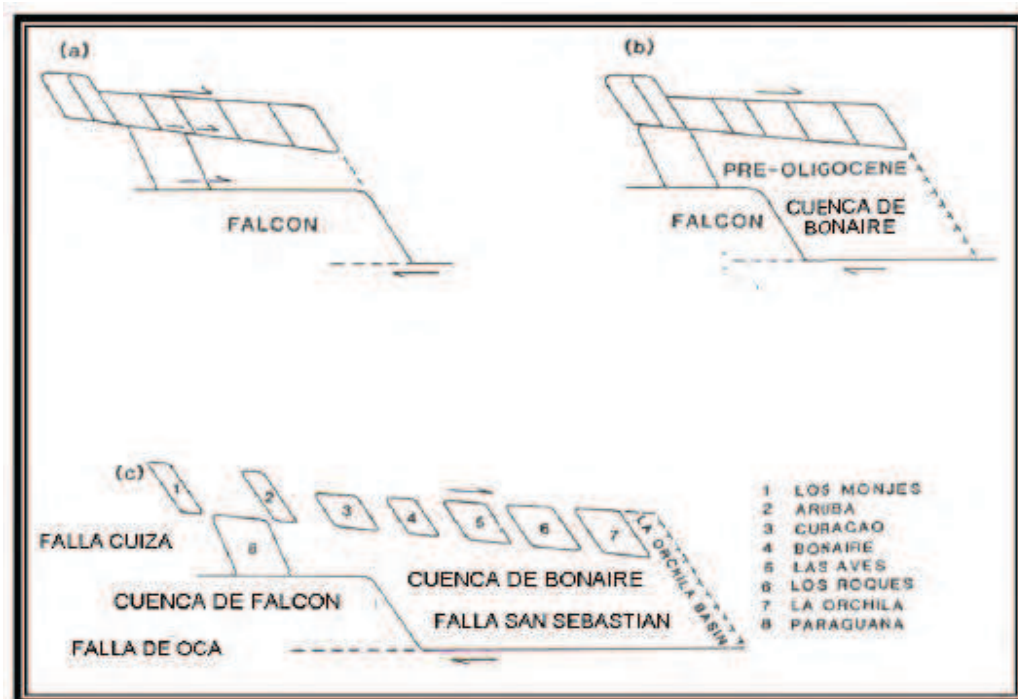


Figura 2.5. Evolución de las cuencas “*pull-apart*” Falcón y Bonaire. a y b representan dos configuraciones del área anterior a la extensión Eoceno Tardío, tomado y modificado de MUESSIG (1978).

PORRAS (2000). Este autor propone un modelo de colapsos extensionales internos dentro de una cuenca retroarco, en un orógeno de flotación que colisionó oblicuamente con el extremo nor-occidental de la placa Suramericana, suturándose diacrónicamente de oeste a este desde el Cretácico Tardío hasta comienzos del Mioceno Temprano (tomado de BERROTERÁN & ZIRRIT, 2005).

Este modelo se basa en el propuesto por OLDOW *et al.* (1990). Como resultado de un colapso tectónico detrás de la colisión entre las placas Caribe y Suramericana, se generan las estructuras de extensión tipo graben, que ocurren durante el Eoceno Tardío hasta mediados del Mioceno Temprano.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA Y MARCO TEÓRICO

3.1. INTRODUCCIÓN

La metodología del presente trabajo consistió en combinar estrategias documentales, de campo y laboratorio. La unión de estrategias, permitió procesar la información necesaria que se quería para emitir juicios más objetivos, acerca de los resultados y conclusiones obtenidas en la investigación. En este sentido, para el presente trabajo se desarrollaron las siguientes etapas: (1) Etapa de recopilación, revisión bibliográfica y cartográfica; (2) etapa de campo; (3) etapa de laboratorio y (4) etapa de oficina: a continuación se realiza una breve descripción de cada etapa:

3.2 ETAPA DE RECOPIACIÓN, REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y CARTOGRÁFICA

Etapa de recopilación revisión, bibliográfica y cartográfica:

En esta etapa se consideraron dos aspectos fundamentales: el primero de ellos se relacionó con la revisión y selección de material bibliográfico, el cual incluyó fundamentalmente revistas periódicas y publicaciones de formato electrónico y texto especializados en el área de estudio.

Para desarrollar satisfactoriamente esta etapa, se realizaron visitas a las diferentes bibliotecas especializadas en el área de estudio y a otros centros de documentación del país.

Como complemento de los aspectos señalados anteriormente, se revisó el material cartográfico existente para la región de estudio. Este material incluye: mapas topográficos a escala, 1:25.000 hoja 6252-III-NO, ambos mapas con dato horizontal La Canoa) y Salina de Bajarigua (mapa escala 1:100.000, hoja 6252). Aquí se tomó el

núcleo (LAGSR1-X) cuya ubicación según equipo GPS fue de N12°06'40.7", W69°56'21.7" con dato horizontal REDVEN Corrección canoa red ven y fotografías aéreas (misión 0201127, escala 1:25000) adquiridas en el Instituto Geográfico Simón Bolívar que sirvieron como mapa base de la zona de estudio.

3.3 ETAPA DE CAMPO

En esta etapa se realizó reconocimiento de la zona de estudio, traslado en vehículos proporcionados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, para determinar los lugares de la perforación y la extracción del núcleo (LAGSR1-X) tomado en la Península de Paraguaná estado Falcón, mediante el método de perforación por rotación.

1. Recorrido de campo a fin de identificar el punto de perforación y extracción del núcleo en la Laguna de Santa Rosa.
2. Equipo de perforación (taladro, tipos de broca y sus equipos)
3. Libreta, brújula, piqueta y GPS.

3.4 ETAPA DE LABORATORIO

En la siguiente etapa se realizó el análisis granulométrico tamizando las diecinueve (19) muestras obtenidas del núcleo (LAGSR1-X) de la Laguna Santa Rosa al norte de Paraguaná, estado Falcón, para determinar la variación de los granos entre cada una de ellas, establecer el tamaño de las partículas, el nivel de energía y el transporte que afectan estos sedimentos detríticos y dos (2) muestras de roca dura para realizarle estudio por medio de secciones finas.

3.4.1 Cortadora Geológica Delta Petrocut, Marca Buehler

Máquina cortadora tipo escritorio para un corte de núcleo de aproximadamente unos 20cm o inferior a ello, los cortes pueden ser transversal y lateral, posee un disco

diamantado y un sistema de enfriamiento de agua cruda, de igual manera hace cortes al seco.

Esta máquina es semiautomática, y el motor posee un disco de corte adiamantado en donde se coloca el núcleo o la muestra a seccionar o cortes de manera manual (la parte automática es la del motor), el corte transversal y lateral se hace también de forma manual con una bandeja que contiene una mordaza que asegura la muestra a la base de la misma máquina y así realizar un corte de manera limpia, precisa sosteniendo el motor y se va seccionando gradualmente.

3.4.2 Descripción del núcleo

Para la descripción detallada del núcleo se procedió a:

- Fotografiar el núcleo antes de empezar a describir y luego se describe el núcleo.
- Empezar a describir el núcleo de base a tope, con esto se evita contaminación ya que lo más moderno puede contaminar lo más antiguo, de forma contraria no se contaminaría.
- Se limpió el núcleo con una espátula o un cuchillo en forma horizontal ya que así se evita transporte de material y también se conserva la estratigrafía, (Nunca hacerlo de manera vertical ya que dañaría los estratos posibles en dicho núcleo).
- Una vez que se tiene el núcleo limpio, se procedió a describir los estratos: su coloración con la ayuda de una (Tabla Munsell), se probó un poquito de sedimento para ver qué tanto de arena contiene la arcilla, uso de lupa 10 X (ver figura 3.2).
- Finalmente luego de describir el núcleo, se toma un aproximado de 50 gramos de cada una de las diecinueve (19) muestras, se marca la profundidad de donde se encontró (Se tomó muestras donde existen los cambios litológicos) para hacerle análisis de granulometría por hidrómetro.

- Se tomó una muestra con posible materia orgánica para el estudio de polen, esta fue enviada para laboratorio especializado la estuvo a cargo la Doctora Alejandra Leal de la Universidad Simón Bolívar y su resultado fue estéril de palinología.

La Figura 3.1 muestra el núcleo a describir, y sus implementos para la descripción del mismo, espátula, cinta métrica, y la Tabla de Munsell



a)

b)



c)

Figura 3.1. a) Núcleo LAGSR1-X; b) Equipos utilizado para realizar descripción del núcleo; c) Tabla de Munsell para describir el color de la muestra.



Figura 3.2. Lupa de 10X. (Modificado de Geoequipos, S.f.)

3.4.3 Método de Bouyoucos (Hidrómetro)

El método utilizado para la determinación del tamaño de partículas, fue el del tamizado en seco para la fracción arenosa y el método de BOUYOUCOS (1962) con algunas modificaciones para las fracciones limos arcillas. El procedimiento fue el siguiente:

- Las muestras de sedimentos fueron secadas al aire, posteriormente se pasaron por un tamiz con malla menor a 2mm para separar la fracción esquelética del sedimento, de las fracciones arena-limo-arcilla. Luego a cada muestra se le agregaron 10 mm de H₂O al 30% para oxidar la materia orgánica y 50 cc de Hexametafosfato de sodio (NAPO₃)₆, anti floculante.
- Seguidamente la mezcla fue agitada intermitentemente durante 24 horas.
- Las muestras fueron pasadas a través de un tamiz 230, donde se realizó un lavado manual con agua destilada (ver figura 3.3), para separar la fracción arenosa de la fracción limo-arcilla; esta última se pasó a un cilindro de 1000 ml.



Figura 3.3. Lavado de la muestra y pasado por el Tamiz 230.

- La fracción arenosa fue secada al aire durante una semana aproximadamente, para luego pasarla por un juego de tamices con un intervalo phi por (8) minutos.
- La fracción fina se quedó en el panel, se pasó a la fracción limo-arcillosa contenida en el cilindro. Luego se completó el cilindro con agua destilada hasta alcanzar los 1000 ml (ver figura 3.4). Esta muestra fue agitada manualmente durante (3) minutos.



Figura 3.4. Cilindros de 1000 ml.

Seguidamente se realizaron lecturas con el hidrómetro a las 2 y 5 minutos y luego se agitaron nuevamente las muestras para realizar mediciones a los 10, 40, 160 y 1440 minutos, registrando en cada oportunidad la temperatura. Mediante estas lecturas se calcularon los porcentajes de cada uno de los tamaños de limo y arcilla.



Figura 3.5. *Hidrómetro para realizar lecturas de temperatura.*

5. Finalmente, los resultados obtenidos fueron procesados a través de un programa en Excel, para determinar los porcentajes o distribución de tamaño de partículas en las fracciones limo-arcilla, igualmente el análisis de los datos obtenidos y la clasificación de las diferentes litologías a lo largo del núcleo se siguió lo contemplado en la norma ASTM D-2487-11.

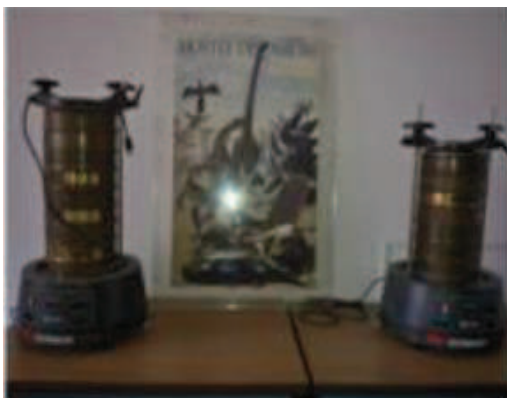
3.4.4 Tamizado de las muestras

Se tamizaron las muestras durante 8 minutos haciéndola pasar cada una de ella por los tamices, una vez hecho esto se procedió a pesar los sedimentos retenidos en cada

tamiz, con esta información se llenó una tabla con los datos granulométricos. Donde con estos datos se elaboraron curvas de frecuencia, curvas acumulativas

Este análisis consistió de la siguiente manera:

- Se secan las muestras al sol y con luz artificial.
- Se pesan las muestras con la balanza digital (ver figura 3.7b)
- Se tamizan cada una de las muestra mediante los tamices ASTM de abertura Phi (Φ) $\frac{3}{4}$, n°4, n°10, n°40, n°60, n°200. Los tamices se colocaron de mayor hasta menor diámetro de mallado con una bandeja al final, en la cual se depositan los minerales más finos (limos y arcillas) de la muestra. El tamizado tiene una duración de 8 minutos en el tambor vibratorio (ver figura 3.6a).
- Al finalizar el tamizado se almacenan en bolsas plásticas cada fracción retenida en cada tamiz, las cuales deben ser pesadas y enumeradas respectivamente para realizar el análisis granulométrico.
- A la fracción pasante del tamiz 230 se le aplico hidrómetro.
- A la fracción retenida se le hizo análisis granulométrico.



a)



b)

Figura 3.6. Equipo utilizado para realizar el análisis granulométrico: a) Tamices y tambor vibratorio Octagon Digital de la E.G.M.G de la U.C.V; b) Balanza digital Kern572.

3.4.5 Caracterización Petrográfica

Consistió en una descripción de secciones finas realizadas al núcleo, la cual fue tomada en campo, utilizando un microscopio de luz polarizada modelo Leitz Orthoplan figura 3.7, mediante el cual se utilizaron dos (2) muestras las cuales dependiendo el tipo litológico se le estudiaron las siguientes características:

Limolitas, Areniscas y Conglomerados: Tamaño de grano, escogimiento redondez, contactos, relaciones grano-matriz o grano-cemento, orientación de granos y/o clastos, porosidad, madurez textural, composición general; clastos y/o matriz, cemento, y procesos diagenéticos presentes en la roca.



Figura 3.7. *Microscopio usado en los estudios petrográficos, modelo Leitz Orthoplan, con platina graduable ajustable y graduada.*

3.5 ETAPA DE OFICINA

En esta etapa se realizó la interpretación de los datos obtenidos en campo con los resultados de los estudios de laboratorio, que conjuntamente con la información bibliográfica nos condujo a la elaboración del presente trabajo.

3.5.1 Análisis Granulométricos

El análisis granulométrico es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica (LAMBE & WHITMAN, 1997).

Para realizar el análisis granulométrico de los sedimentos detríticos, se procedió a realizar los siguientes cálculos estadísticos.

- **Esfericidad:** esta propiedad describe cómo un grano se asemeja a la esfera, parámetro que depende de la roca fuente, la cual dependiendo del tipo que esta sea, metamórfica, ígnea o sedimentaria, imprime características distintivas en un grano.
- **Redondez:** está representado por la angulosidad de las aristas de la partícula, lo cual indica la cantidad de abrasión que han sufrido los granos y representa la historia de transporte, pero no necesariamente la distancia. Los granos bien redondeados son resultado de muchos ciclos de transportes o de abrasión intensa.

Como referencia para la estimación visual de la esfericidad y redondez, se utilizaron las gráficas de KRUMBEIN & SLOSS (1955) (ver figura 3.8).

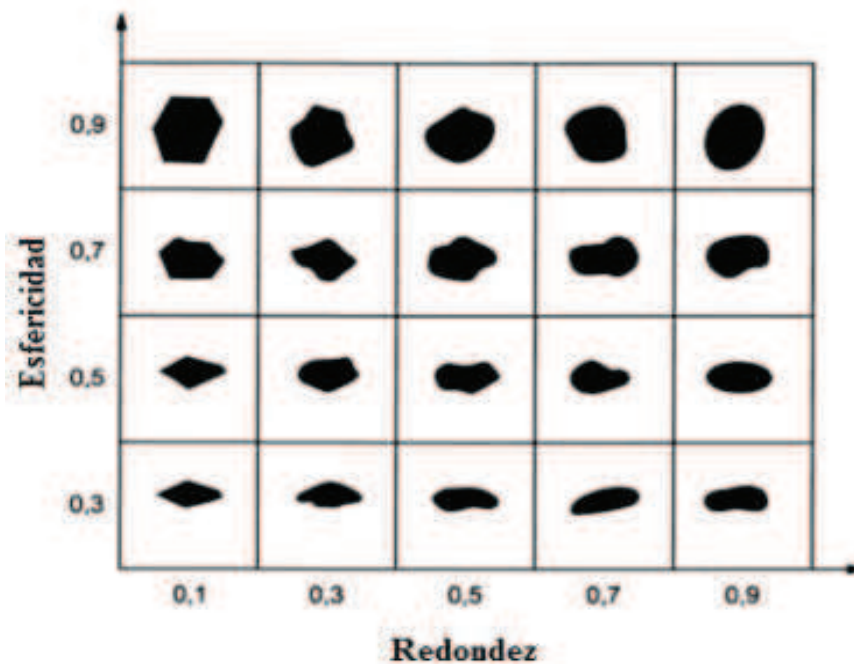


Figura 3.8. Gráfica para determinación de esfericidad y redondez, según KRUMBEIN & LOSS, 1955 (Tomada de CORRALES, 1977)

- **Tamaño de Partícula:** para medir los tamaños aproximados de los granos se utilizó como referencia una regla micrométrica, midiendo la longitud mayor y perpendicular a ésta el ancho mayor.
- **Texturas superficiales:** consiste en analizar los caracteres superficiales de los granos a fin de interpretar los mecanismos de transporte o ambiente depositacional, en el caso de los minerales como carga de fondo.

3.5.2 Análisis Digital del Terreno

Tradicionalmente, los estudios geológicos se sustentan a partir de mapas topográficos y a través de la fotointerpretación de fotografías aéreas, siendo la obtención de información a partir de dichos recursos, habitualmente del tipo cualitativo; si bien, por medio de la observación de dichos insumos de información, se pueden reconocer

diversas formas del terreno, parámetros hidrológicos o calcular ciertos atributos del terreno, como por ejemplo el grado de la pendiente, este proceso manual es muy laborioso y limitado.

En la actualidad con el desarrollo y evolución de la informática, en cuanto a la tecnología geoespacial, ha surgido una nueva rama de las ciencias de la Tierra, conocida como la geomática, en la cual confluyen un conjunto de ciencias donde se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica, lo cual se conoce como Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esto ha permitido modelar, analizar y visualizar los fenómenos relacionados con la topografía, de forma numérica y procesable por ordenadores, con lo cual surgen los Modelos Digitales de Elevación (MDE).

Con el surgimiento de la geomática, otras ramas de las ciencias de la Tierra, como es el caso de la geomorfología tradicional, se han visto influenciadas por la automatización y versatilidad que proporcionan los recursos informáticos, confiriéndoles un carácter cuantitativo, lo cual ha permitido el nacimiento de nuevas disciplinas. En este caso, la geomorfología cuantitativa dista mucho de su rama tradicional, la cual sólo se enfoca en el aspecto visual de la superficie terrestre. El surgimiento de la geomorfología cuantitativa en conjunto con la geomática, constituye un adelanto para las ciencias de la Tierra, que facilita describir y entender los procesos naturales que dan origen a las distintas geoformas existentes en el paisaje (MAYER, L., 1990), de una forma más precisa y cuantificable.

3.5.2.1 Modelo Digital de Elevación (MDE)

Un modelo digital de elevación (MDE) no es más que una representación estadística del terreno, en donde los datos se encuentran codificados en cifras, lo que permite su tratamiento por medios informáticos, los cuales están estructurados mediante una

relación entre la posición geográfica y el valor de la altitud, es decir, las coordenadas x, y, z respecto a un sistema de georeferenciación conocido.

La importancia de un MDE, radica en que constituye una de las fuentes de información más útiles para el modelado espacial y el monitoreo de la superficie terrestre, con diversas aplicaciones en Medio Ambiente y Ciencias de la Tierra (Li et al., 2005).

Como fuente de datos para generar el MDE en el presente trabajo, se utilizó la proporcionada por la misión SRTM (*Shuttle Radar Topography Misión*) de la Agencia Espacial Norteamericana (NASA), con una resolución de 90 metros. El MDE generado fue procesado y proyectado bajo el sistema de coordenadas mundiales WGS1984, a través del software ArcGIS 10.0.

El tipo de estructura del MDE utilizado, es del tipo “Raster”, en el cual el espacio está representado por un conjunto de unidades espaciales denominadas “celdas”, visualizados por un conjunto de píxeles, los cuales simbolizan unidades territoriales homogéneas de información espacial. Las ventajas de utilizar este tipo de modelo radican en que proporcionan una estructura de datos simples, compatibles con imágenes de satélite, con buenas capacidades para el análisis, simulación y modelado, y una sencillez en el proceso de comparación “píxel a píxel”.

En contraste con la estructura del tipo “Vectorial”, la cual es una estructura de datos mucho más compacta (menos espacio de almacenamiento), la captura y estructura de datos es más compleja (puntos, líneas y polígonos), y posee una mayor dificultad para la comparación de mapas temáticos, siendo poco eficaz en el tratamiento de imágenes.

3.5.2.2 Obtención y Proyección del Modelo Digital de Elevación (MDE)

Las imágenes de satélite utilizadas corresponden con la misión SRTM (*Shuttle Radar Topography Misión*) de la Agencia Espacial Norteamericana (NASA), las cuales

pueden ser descargadas de forma gratuita en el servidor de *Earth Science Data Interface*. El formato de archivo seleccionado es el ASCII que contiene los datos para realizar el MDE en ArcGIS. Una vez se tengan las imágenes satelitales descargadas, se procede a proyectar dichas imágenes en un determinado sistema de coordenadas, para este trabajo se aplicó el sistema de coordenadas geográficas UTM WGS84.

Para definir la proyección en ArcGIS10.0 se siguen los siguientes pasos (ver figura 3.9): *ArcToolbox > Data Management Tools > Projections and Transformations > Define Projection > clic en el botón del lado derecho de Coordinate System > clic botón Select > seleccionar coordenadas geográficas UTM WGS84.*

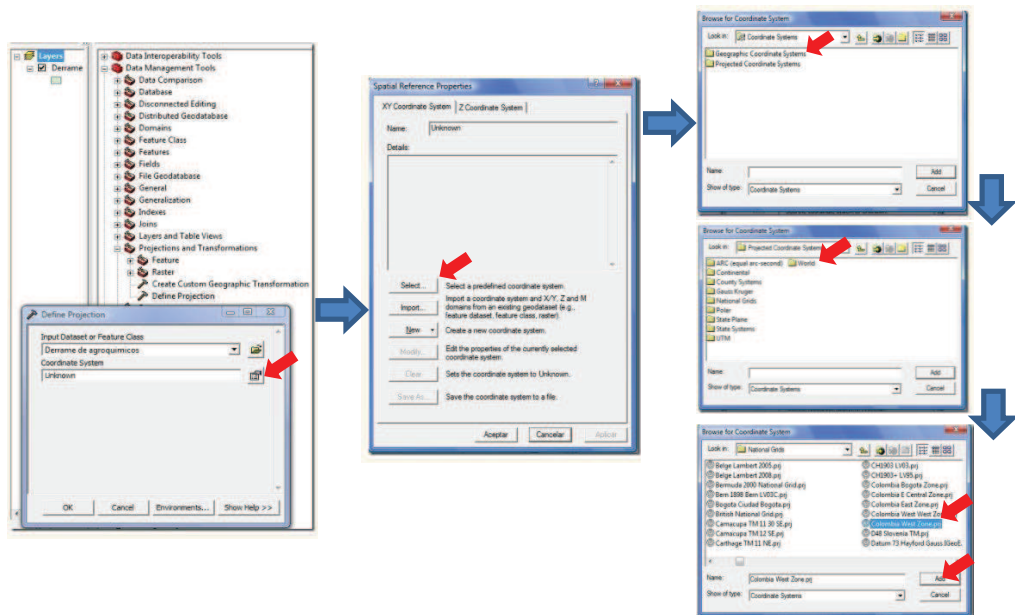


Figura 3.9. Pasos para definir la proyección del MDE con una estructura tipo “Raster”.

3.5.2.3 Atributos Primarios

A partir de un MED, la posibilidad para el cálculo y análisis de los distintos atributos del terreno son numerosos, entre ellos destacan:

- **Atributos principales o primarios del terreno:** son todos aquellos que se calculan directamente a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) (WILSON & GALLANT, 2000); como los son la pendiente, orientación, curvatura, cuencas de drenaje, redes de drenaje, área de drenaje específica.

El objetivo principal es ser capaz de utilizar los atributos calculados para describir la morfometría del área de captación de los drenajes y la posición de los atributos, la superficie de las laderas y canales de corriente que comprende los drenajes de las cuencas. Diferentes autores (SPEIGHT, 1974, 1980; JENSON Y DOMINGUE, 1988; GILES, 1998, y BURROUGH et al., 2000, entre otros) han utilizado los cálculos de los atributos topográficos para generar clasificaciones formales de la superficie terrestre.

Obtención de atributos primarios del terreno.

Utilizando como base un MDE con una estructura tipo “Raster”, la obtención de los atributos primarios del terreno se realiza por medio de operaciones algorítmicas, las cuales se encuentran predeterminadas en las distintas sub-herramientas presentes la caja de herramienta o *ArcToolbox*, que cuenta el software ArcGIS10.0. Antes de realizar los cálculos de los atributos primarios del terreno relacionados con los parámetros hidrológicos, es imprescindible la corrección del MDE.

Corrección del MDE por medio de la herramienta “Fill”

Con la herramienta “Fill”, se rellenan las imperfecciones existentes en la superficie del MDE, de tal forma que las celdas en depresión alcancen el nivel del terreno de alrededor, con el objetivo de poder determinar de forma adecuada la dirección del flujo.

Para proceder esta corrección se realizan los siguientes pasos (ver figura a): *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Fill >* se abre una ventana donde se debe rellenar la siguiente información:

- **Input surface raster:** se selecciona el raster a utilizar para el procesamiento.
- **Output surface raster:** se selecciona la ruta y el nombre del archivo de salida.
- **Z limit (optional):** indica la máxima profundidad de los sumideros que se quieren rellenar. En este caso se deja el campo en blanco, de manera que el programa tomará por defecto rellenar todos los sumideros, independientemente de la profundidad.

Cálculo de la Dirección de Flujo o "*Flow Direction*"

Con esta herramienta se define la dirección del flujo, es decir, la dirección en que el agua fluye desde un lugar más alto a uno más bajo, lo cual viene representado por el camino descendente de una celda respecto a otra. Se considera que la dirección que toma el flujo de agua en una superficie es, para cada celda, aquella en la que se produce la máxima pendiente descendente en cada entorno de 3 x 3 celdas (ver figura 3.10).

El resultado final será una matriz de direcciones o ángulos respecto al norte, similar a un mapa de orientaciones, que apuntará en cada celda a la vecina en la cual se produce la máxima pendiente.

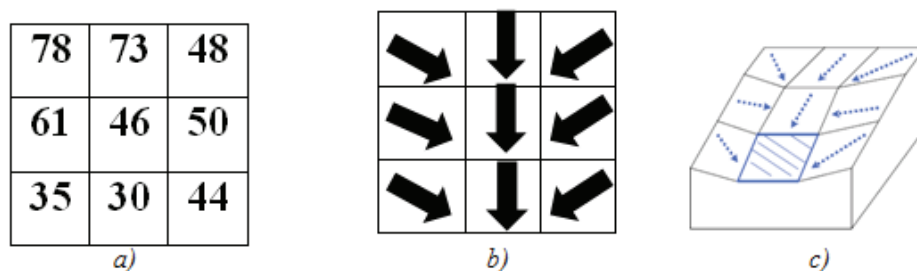


Figura 3.10. Representación idealizada de un MDE con estructura tipo raster en un entorno de celdas 3x3: a) Datos de elevación; b) Dirección de flujo; c) Representación 3D de la dirección de flujo

Para proceder al cálculo de la dirección de flujo, se realizan los siguientes pasos (ver figura b): *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow direction >* se abre una ventana donde se debe rellenar la siguiente información.

- **Input surface raster:** se selecciona el raster creado en el paso anterior.
- **Output flow direction raster:** se selecciona la ruta y el nombre del archivo de salida.
- **Output drop raster (optional):** El *drop raster* muestra la relación entre el cambio máximo en la elevación de cada celda a lo largo de la dirección del flujo, expresada en porcentajes. Para este caso se deja el campo en blanco.

Cálculo de la Acumulación de Flujo o "Flow Accumulation"

A partir de la matriz de dirección de flujo, se crea otra matriz que contiene, para cada celda, el número de celdas vecinas, aguas arriba, que vierten sobre cada una de las celdas inmediatamente aguas abajo de ella; esta se conoce como la matriz de flujo acumulado (ver figura 3.11).

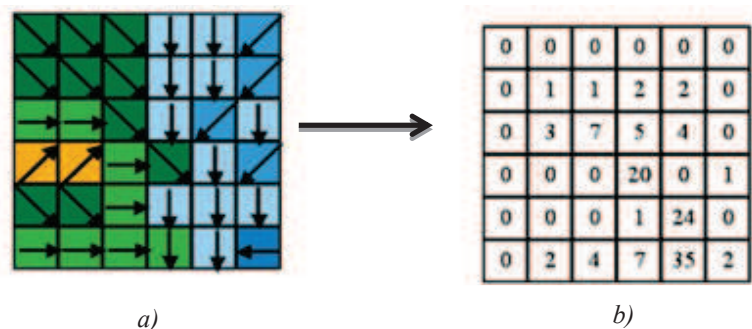


Figura 3.11. Representación de una matriz de dirección de flujo (a) y la matriz de acumulación de flujo (b); a cada píxel se le asigna la suma del drenaje de flujo acumulado en cada píxel vecino, en caso contrario se le asigna cero (0). (Tomado de: www.help.arcgis.com).

Las celdas o píxeles con un alto flujo acumulado indican las líneas de drenaje, por otra parte las celdas o píxeles con un valor nulo, pueden ser usadas para identificar

divisorias. La importancia de la matriz de acumulación de flujo, radica en que ésta es la base para la generación de modelos de erosión en el cálculo de índices secundarios o compuestos del terreno, relacionados con el movimiento y concentración de agua en el terreno.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y ANALISIS

4.1 INTRODUCCION

En este capítulo se dan a conocer los resultados obtenidos mediante distintos estudios descritos en el capítulo metodológico el cual está acompañado de sus correspondientes análisis.

4.2 ANÁLISIS TEXTURAL DE GRANOS

El análisis textural se basó en el estudio de los granos en las muestras tomadas al núcleo extraído de la Laguna de Santa Rosa, estado Falcón. Previamente separados mediante el método de granulometría por hidrómetro, éste permitió obtener cuantitativamente los parámetros de esfericidad y redondez de los minerales analizados, para luego ser comparados con el análisis obtenido mediante la Figura 3.8 de esfericidad-redondez de KRUMBEIN Y SLOSS (1954).

4.2.1 Descripción granulométrica muestra (1)

A continuación, se presenta en la tabla 4.1 los resultados del análisis textural de la muestra 1, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad de 21,89 metros, y fue recuperada al 100%, es decir, no hubo pérdida de material durante la extracción de la misma con el taladro. Esta tabla sugiere que en términos de redondez, el mayor porcentaje se encuentra en los intervalos I2 e I3 cada uno con el 43,33%. La esfericidad está relativamente más dispersa, encontrándose en 4 de las 5 clases (I2 hasta I5), siendo los intervalos de I3 e I4 donde yacen los mayores porcentajes, es decir: 30 y 36,67%, respectivamente.

Tabla 4.1 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 1. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 1- Profundidad 21.89m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	3,33
I2: [0,4-0,5)	23,33	43,33
I3: [0,5-0,6)	30,00	43,33
I4: [0,6-0,8)	36,67	3,00
I5: [0,8-1]	13,33	0,00

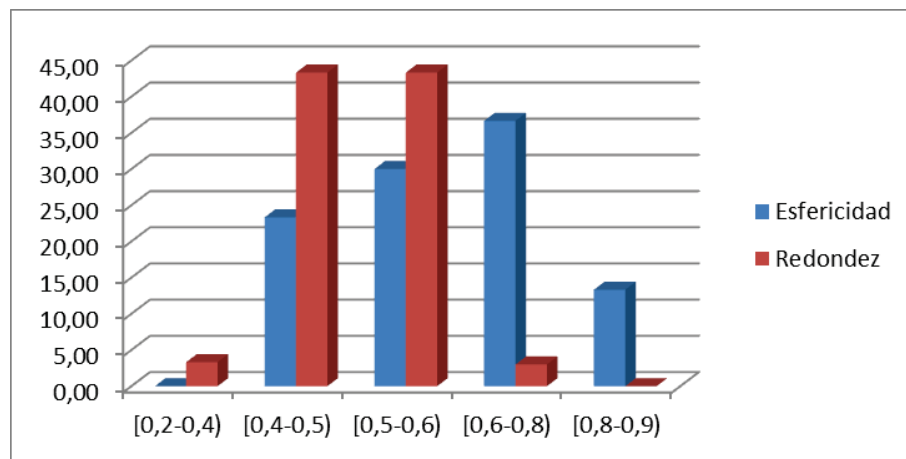


Figura 4.1. *Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 1.*

Los valores mostrados en la tabla 4.1 son representados en forma de histogramas o diagramas de barras verticales en la Figura 4.1, la columna roja, corresponde a la redondez y la azul es la esfericidad. De esta última, se observa que en el intervalo de clase donde hay mayor esfericidad (I4) es menor la redondez, es decir en el intervalo I4 es mayor la esfericidad, entre 0,6 a 0,8. El histograma de redondez es bimodal, es bastante disperso y posee dos medidas de centramiento, una en el intervalo I2, y otra en I4. El histograma de redondez es unimodal centrado entre I2 e I3, y sesgado hacia la izquierda. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor (I2 e I3), la esfericidad es menor, y a la

inversa, en aquellos intervalos (I4, I5) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad de 0,7 equivalen a granos moderado a altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 e I3 (0,4 a 0,6) equivalentes a granos sub-angulosos, lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cercana a la roca fuente, por lo que sus granos han sido muy poco retrabajados y abrasionados durante el transporte.

4.2.2 Descripción granulométrica muestra (2)

A continuación, se presenta en la tabla 4.2 los resultados del análisis textural de la muestra 2, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad de 20,94 metros, y fue recuperada al 100%. En esta tabla observamos que en términos de redondez, el mayor porcentaje se encuentra en los intervalos I2 e I3 cada uno con el 36,67% y se encuentra dispersa en los intervalos I1, I4 y I5. La esfericidad está relativamente más dispersa, encontrándose en 4 de las 5 clases (I2 hasta I5), siendo los intervalos de I3 e I5 donde yacen los mayores porcentajes, es decir: 30 y 40%, respectivamente y algo dispersa en los intervalos I2 e I5.

Tabla 4.2 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 2. Número de Granos analizado es N=30*

Muestra 2- Profundidad: 20,94 m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	3,33
I2: [0,4-0,5)	6,67	36,67
I3: [0,5-0,6)	30,00	36,67
I4: [0,6-0,8)	23,33	20,00
I5: [0,8-1)	40,00	3,33

Los valores mostrados en la tabla 4.2 son representados en forma de histogramas o diagramas de barras verticales en la Figura 4.2, en la cual se observa que en el intervalo de clase donde hay mayor crecimiento de esfericidad es mayor la redondez,

es decir en el intervalo I1, I2, y I3, y la inversa en los intervalos I4, I5 aumenta la esfericidad y las redondez disminuye. El histograma de esfericidad es bimodal, es bastante disperso y posee dos medidas de centramiento, una en el intervalo I2, y otra en I4. El histograma de redondez es unimodal centrado entre I2 e I3, y sesgado hacia la derecha. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor (I2 e I3), la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I4, I5) en donde es mayor la esfericidad la redondez disminuye. Valores de esfericidad de 0,8-0,9 equivalen a granos altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 e I3 (0,4 a 0,6) equivalentes a granos sub-angulosos, lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cercana a la roca fuente, por lo que sus granos han sido muy poco retrabajados y abrasionados durante el transporte.

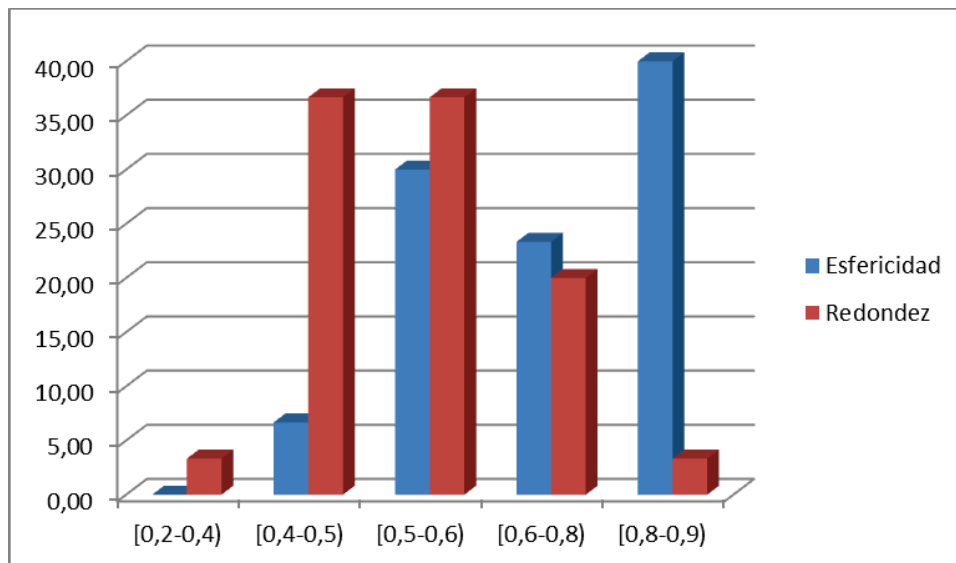


Figura 4.2. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 2.

4.2.3 Descripción granulométrica muestra (3)

Se presenta en la tabla 4.3 los resultados del análisis textural de la muestra 3, ubicada a una profundidad de 20,64 metros, recuperándose un 100% de la muestra, es decir, al igual que las anteriores no se perdió muestra durante el proceso de extracción. En esta tabla 4.3, se aprecia un mayor grado en términos de redondez en el intervalo I2-I3 representado con un 46,67% y 30,00% respectivamente, y algo disperso en el resto de los intervalos I1 a I4. La esfericidad, está relativamente dispersa en 4 de los 5 intervalos notándose el mayor porcentaje en los intervalos I3, I4 con un 33,00% y un 36,67%, respectivamente y en los intervalos restantes I2 e I5 con una representación del 20,00% y 10,00%, respectivamente.

Tabla 4.3 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 3. Número de granos analizados es $N=30$.

Muestra 3 Profundidad: 20,64m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	13,33
I2: [0,4-0,5)	20,00	46,67
I:3 [0,5-0,6)	33,00	30,00
I4: [0,6-0,8)	36,67	10,00
I5:[0,8-0,9)	10,00	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.3 son representados en forma de histogramas o diagramas de barras verticales en la Figura 4.4, donde se observa que en los intervalos de clases donde hay mayor esfericidad (I4, I3 y I5) es menor la redondez, es decir en el intervalo I4 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6), [0,6-0,8) y [0,8-0,9). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la derecha, es bastante disperso en los intervalos desde I1, hasta I5 respectivamente y posee una medidas de centramiento en el intervalo I2. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor (I1 e I2), la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, I4 y I5) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad están

comprendidos entre [0,6 y 0.8) equivalen a granos moderado a altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 e I3 (0,4 a 0,6) equivalentes a granos sub-angulosos, en esta muestra se visualizó cuarzo de origen metamórfico lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cercana a la roca fuente, por lo que sus granos han sido muy poco reabajado y abrasionados durante el transporte.

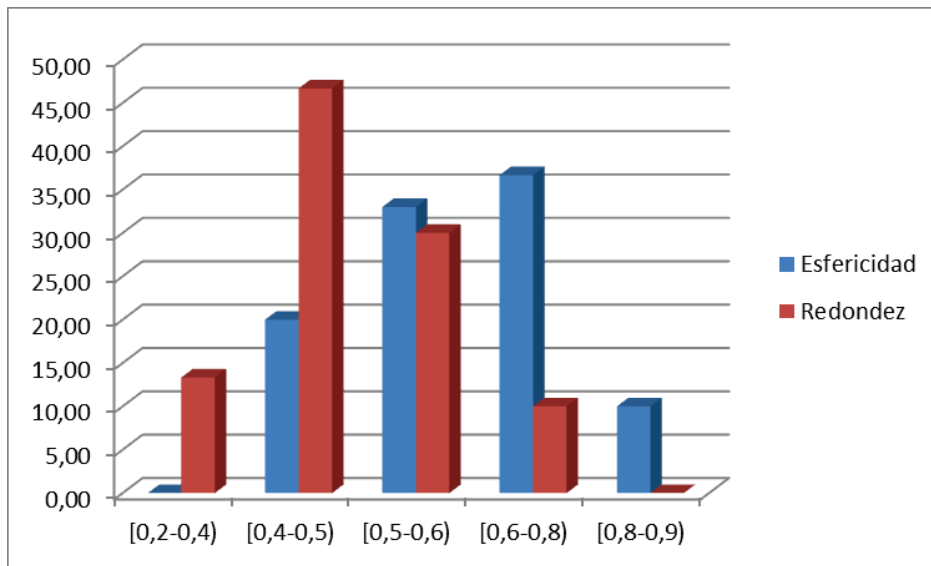


Figura 4.3. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 3.

4.2.4 Descripción granulométrica de la muestra (4)

En la tabla 4.3 se observan los resultados del análisis textural de la muestra 4, ubicada a una profundidad de 19,94 metros, y fue recuperada al 100%. En esta tabla los resultados de redondez se presenta en cuatro (4) de sus cinco (5) intervalos de dispersibilidad, notándose el mayor porcentaje en el intervalo I2 con una representación del 60%, los restantes intervalos (I1, I3, I4) con porcentajes del 13,33% 23,33% y del 3,33%, respectivamente. Si hacemos referencia en cuanto a su esfericidad encontramos que de igual manera de sus cinco (5) intervalos, los cuatro

(4) últimos presentan alta dispersión haciéndose aún mas notorio el intervalos I4 con una representación del 40,00% dejando por debajo a los intervalos I2 con 23,22%, I3 con 33,33% y finalmente el I5 con un 3,33%.

Tabla 4.4 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 4. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 4 Profundidad: 19,94m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1:[0,2-0,4)	0,00	13,33
I2:[0,4-0,5)	23,22	60,00
I3:[0,5-0,6)	33,33	23,33
I4:[0,6-0,8)	40,00	3,33
I5:[0,8-0,9)	3,33	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.4 son representados en forma de histogramas o diagramas de barras verticales en la Figura 4.4. De esta última, se observa que son 3 los intervalos de clases donde la esfericidad es mayor (I3, I4 e I5) la redondez disminuye, es decir, en el intervalo I4 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6), [0,6-0,8) y [0,8-0,9). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la derecha, es bastante disperso en los intervalos desde I1, hasta I5, respectivamente y posee una medidas de centramiento en el intervalo I2. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor (I1 e I2), la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, I4 y I5) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad máximos están comprendidos entre [0,6 y 0,8) equivalen a granos moderado a altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 e I3 (0,4 a 0,6) equivalentes a granos sub-angulosos, lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cercana a la roca fuente, por lo que sus granos han sido muy poco retrabajados y abrasionados durante el transporte.

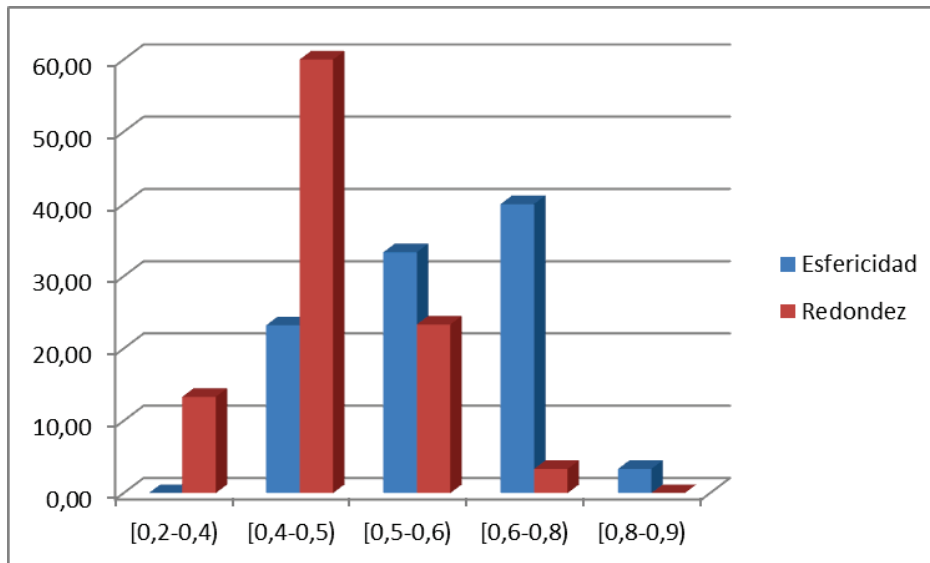


Figura 4.4. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 4.

4.2.5 Descripción granulométrica de la muestra (5)

En la tabla 4.5 se observan los resultados del análisis textural de la muestra 5, ubicada a una profundidad de de 19,12 metros, igualmente que las anteriores fue recuperada al 100%. Esta tabla en términos de redondez presenta poca dispersión entre sus cinco (5) intervalos, observándose en sólo tres de ellos una distribución del 63,33% en su intervalo I2, dejando por debajo a los intervalos I1 con un 30,00% y el I3 con un 6,67%, respectivamente. Al referirnos a la esfericidad de igual manera notamos la poca dispersión entre los diferentes intervalos, siendo de sus cinco (5) intervalos dos (2) de éstos con porcentajes similares I3-I4 con un 40% cada uno, quedando el intervalo I2 con un valor del 30%.

Tabla 4.5 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 5. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 5 Profundidad: 19,12 m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	30,00
I2: [0,4-0,5)	30,00	63,33
I3: [0,5-0,6)	40,00	6,67
I4: [0,6-0,8)	40,00	0,00
I5: [0,8-0,9)	0,00	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.5 son representados en forma de histogramas o diagramas de barras verticales en la Figura 4.5. De esta última, se observa que en los intervalos de clase donde hay mayor esfericidad (I3 y I4) es menor la redondez, es decir, en el intervalo I4 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6) [0,6-0,8). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la izquierda, éste se encuentra centrado en los intervalos desde I1, I2 e I3 con una una medidas de centramiento en el intervalo I2. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor (I2), la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3 e I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye notablemente. Valores de esfericidad están comprendidos entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8) equivalen a granos moderado a altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en el intervalo I2 (0,4 a 0,6) equivalentes a granos sub-angulosos, en esta muestra se observó presencia de carbonatos y pocos cuarzos lo que corrobora que a este nivel de profundidad, los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cerca al sitio de depositación por procesos bioquímicos.

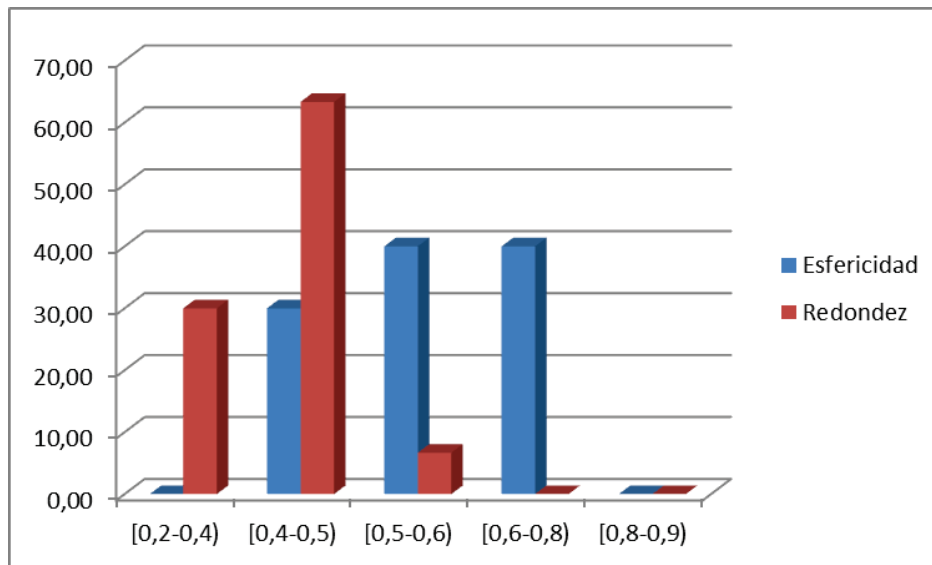


Figura 4.5. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 5.

4.2.6 Descripción granulométrica de la muestra (6)

A continuación, se presenta en la tabla 4.6 los resultados del análisis textural de la muestra 6, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad de 17,20 metros, y fue recuperada al 100%. De igual manera, en esta tabla al hacer referencia en cuanto a los términos de redondez de la misma, notamos poca dispersión entre sus cinco (5) intervalos de clases, observándose en sólo tres de ellos una distribución del 66,67% en su intervalo I2, dejando por debajo a los intervalos I1 e I3 con porcentajes similares del 16,67% cada uno. Al referirnos a la esfericidad se mantiene así mismo esta baja dispersión entre sus intervalos, siendo representado el mayor I3 con un 50% quedando por debajo los intervalos I4 con un 33,33% y finalmente el intervalo I2 con un 16,67%, respectivamente.

Tabla 4.6 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 6. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 6 Profundidad: 17,20m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	16,67
I2: [0,4-0,5)	16,67	66,67
I3: [0,5-0,6)	50,00	16,67
I4: [0,6-0,8)	33,33	0,00
I5: [0,8-0,9)	0,00	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.6 son representados en forma de histogramas o diagramas de barras verticales en la Figura 4.6. De esta última, se observa que en los intervalos de clases donde hay mayor esfericidad (I3 y I4) es menor la redondez, es decir, en el intervalo I4 es mayor la esfericidad, entre 0.5-0,6 a 0.6-0,8. El histograma de redondez es unimodal centrado en el intervalo de clase I2, y una notable disminución en los intervalos I1 y I2. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor (I2), la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, y I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad están comprendidos entre [0,5-0.6) equivalen a granos moderado a altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en el intervalo I2 (0,4 a 0,6) equivalentes a granos sub-angulosos, lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cercana a la roca fuente, por lo que sus granos han sido muy poco reabajados y abrasionados durante el transporte.

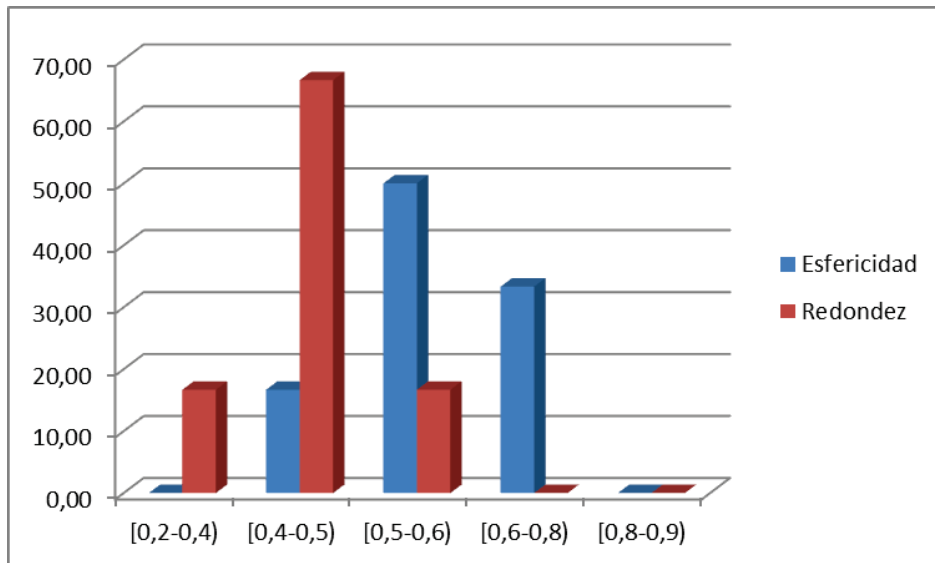


Figura 4.6. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 6.

4.2.7 Descripción granulométrica de la muestra (7)

A continuación se presenta en la tabla 4.7 los resultados del análisis textural de la muestra 7, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad de 15,06 metros, y fue recuperada al 100. Al hacer referencia a la tabla 7, notamos en cuanto a su redondez que sus intervalos de clases no presentan una acorde distribución, sino que se mantienen concentrados en solo tres de sus cinco intervalos, presentando un mayor porcentaje en el intervalo I2 el cual corresponde al 60,00% seguido del intervalo I3 por un 26,67% y finalmente por un 13,33% para el intervalo I1. La esfericidad de la muestra presenta una distribución similar, solamente que su concentración es observada con mayor énfasis en el intervalo I3 al cual le corresponde el 40,00% seguido del intervalo I4 con un 33,33% y quedando el intervalo I2 con un 26,67%.

Tabla 4.7 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra de cuarzo 7. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 7 Profundidad: 15,06m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	13,33
I2: [0,4-0,5)	26,67	60,00
I3: [0,5-0,6)	40,00	26,67
I4: [0,6-0,8)	33,33	0,00
I5: [0,8-0,9)	0,00	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.7 son representados en forma de histogramas o diagramas de barras verticales en la Figura 4.7. De esta última, se observa que en el intervalo de clase donde hay mayor esfericidad (I3, y I4) es menor la redondez, es decir en el intervalo I3 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la derecha, y posee una medidas de centramiento en el intervalo I2. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor I2, la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, y I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad están comprendidos entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8) equivalen a granos moderado a altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos, lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cercanos a la roca fuente, indicando que sus granos han sido muy poco retrabajados y abrasionados durante el transporte.

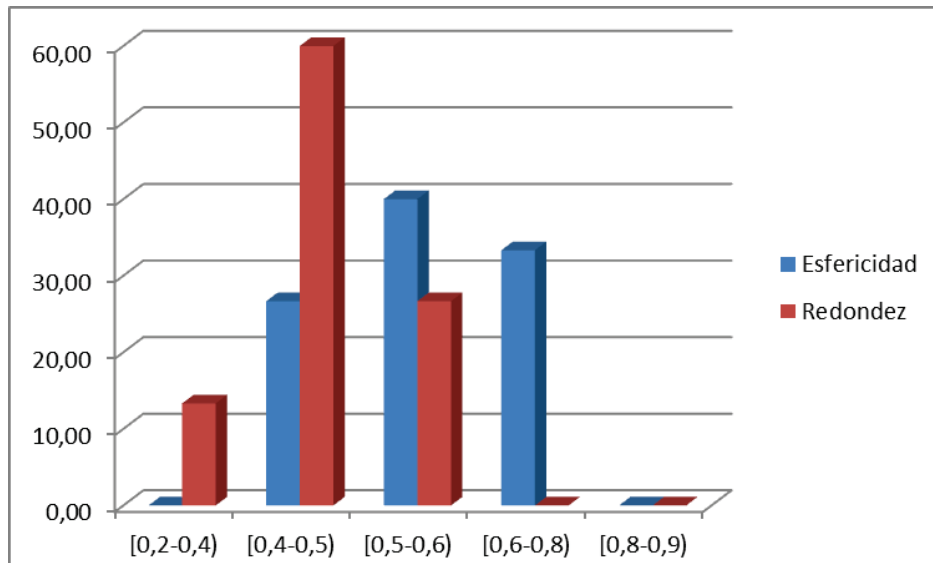


Figura 4.7. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 7.

4.2.8 Descripción granulométrica de la muestra (8)

A continuación se presenta en la tabla 4.8 los resultados del análisis textural de la muestra 8, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad de 14,06 metros, y fue recuperada al 100%. En esta tabla de los cinco (5) intervalos de clases presentados notamos poca dispersión en cuanto a la redondez de la muestra, observándose la mayor concentración en sólo tres de ellos, siendo el de mayor porcentaje el intervalo I2 con una representación del 63,33%, quedando por debajo los intervalos I1 con un 20% y el intervalo I3 con un 16,67%. Al referirnos a la esfericidad se nota la dispersión entre cuatro (4) de sus cinco (5) intervalos presentando una distribución mayor en el intervalo I3 con un 43,33%, el intervalo I4 con un 36,67%, luego el intervalo I2 con un 20,00% quedando el intervalo I5 con sólo un 10,00%.

Tabla 4.8 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 8. Numero de granos analizados es N=30.*

Muestra 8 Profundidad: 14,06m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	20,00
I2: [0,4-0,5)	20,00	63,33
I3: [0,5-0,6)	43,33	16,67
I4: [0,6-0,8)	36,67	0,00
I5: [0,8-0,9)	10,00	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.8 son representados en forma de histogramas o diagramas de barras verticales en la Figura 4.8, en ésta se observa que en los intervalos de clase donde hay mayor esfericidad (I3 e I4) es menor la redondez, es decir en el intervalo I3 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0.6). El histograma de redondez es unimodal con centramiento en el intervalo I2. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor I2, la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, e I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Los valores de esfericidad están comprendidos entre [0,5-0.6) y [0.6-0.8) equivalen a granos moderado a altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentra en el intervalo I2 [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos, en esta muestra se pudo observar alta presencia de carbonatos y pocos cuarzos, lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa a esta profundidad se encuentra cerca al sitio de depositación por procesos bioquímicos.

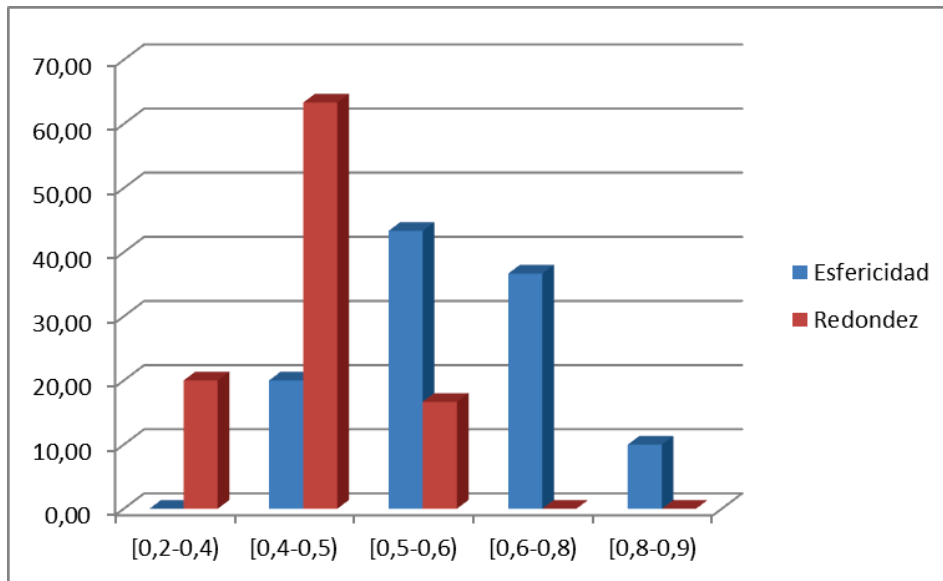


Figura 4.8. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 8.

4.2.9 Descripción granulométrica de la muestra (9)

En la tabla 4.9 se presentan los resultados del análisis textural de la muestra 9, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad de 12,66 metros, y fue recuperada al 100%. Al hacer referencia a la redondez de la muestra contenida en esta tabla, se observa que la misma se concentra en tres de sus cinco intervalos de clases, siendo el intervalo I2 el de mayor valor representado por un 43,33% dejando por debajo del mismo a los intervalos I3 con un 16,67% y el intervalo I1 con un mínimo 6,67%. En lo que se refiere a la esfericidad se encuentra una alta dispersión entre cuatro de sus cinco intervalos de clases, siendo el intervalo I4 el de mayor valor con un 40,00%, sobre el intervalo I3 que viene dado por un 16,67%, los intervalos restantes I2 e I5 mantienen cada uno el mismo porcentaje del 10% que son inferiores a los intervalos anteriormente mencionados.

Tabla 4.9. *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 9. Numero de granos analizados es N=30.*

Muestra 9 Profundidad: 12,66m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	6,67
I2: [0,4-0,5)	10,00	43,33
I3: [0,5-0,6)	16,67	16,67
I4: [0,6-0,8)	40,00	0,00
I5: [0,8-0,9)	10,00	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.9 son representados en forma gráfica en la Figura 4.9, en esta última, se observa que en el intervalo de clase donde hay mayor esfericidad (I4) es menor la redondez, es decir en el intervalo I4 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6). El histograma de redondez es unimodal centrado en el intervalo I2 y sesgado hacia la derecha. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en el intervalo I2 en donde la redondez es mayor, la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, y I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez es menor. Los valores de esfericidad están comprendidos entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8) equivalen a granos moderado a altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en el intervalo I2, [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos, lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cercana a la roca fuente.

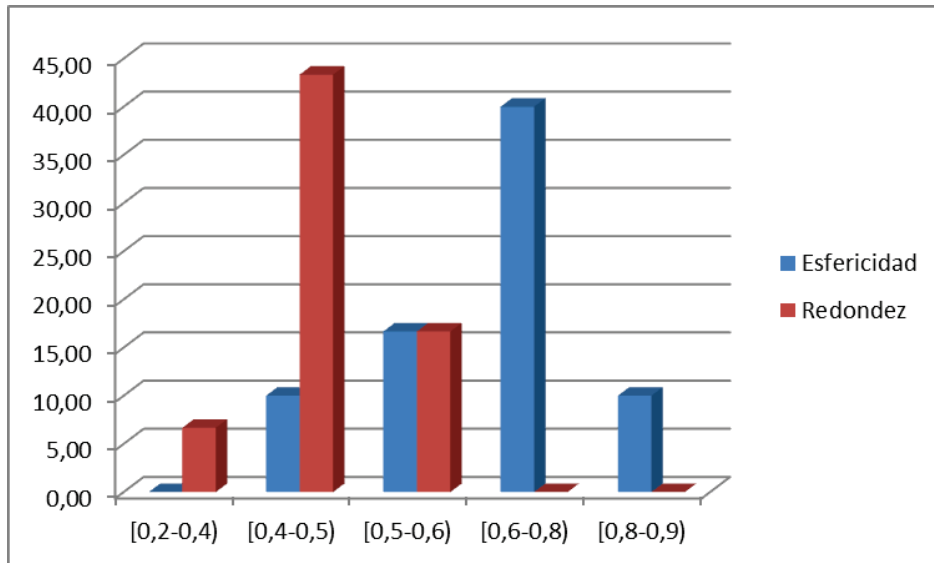


Figura 4.9. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 9.

4.2.10 Descripción granulométrica de la muestra (10)

A continuación, se presenta en la tabla 4.10 los resultados del análisis textural de la muestra 10, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad de 11,76 metros, y fue recuperada al 100%. La Tabla 4.10 sugiere que en términos de redondez, el mayor porcentaje se encuentra en los intervalos I2 con un 53,33% y el I3 con un 36,67% quedando por debajo los intervalos I4 con un 6,67% y el I1 con un minoritario 3,33%. La esfericidad está relativamente más dispersa, encontrándose en 4 de las 5 clases (I2 hasta I5), siendo los intervalos de I3 e I4 donde yacen los mayores porcentajes, es decir: 30% y 46,67%, quedando por debajo los intervalos I3 con un 30,00% y el I2 con un 6,67%, respectivamente.

Tabla 4.10 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 10. Numero de granos analizados es N=30.*

Muestra 10 Profundidad: 11,76m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	3,33
I2: [0,4-0,5)	6,67	53,33
I3: [0,5-0,6)	30,00	36,67
I4: [0,6-0,8)	46,67	6,67
I5: [0,8-0,9)	16,67	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.10 son representados en forma de histogramas o en la Figura 4.10, de esta última, se observa que en el intervalo de clase donde hay mayor esfericidad (I4) es menor la redondez, es decir en el intervalo I4 es mayor la esfericidad, entre [0.6-0.8) y [0.8-0.9). El histograma de redondez es unimodal con centramiento en el intervalo I2 y sesgado hacia la derecha. Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor I2 e I3, la esfericidad es menor en sus intervalos I3 e I2, respectivamente, a la inversa, en aquellos intervalos (I4 e I5) en donde es mayor la esfericidad, la redondez es menor. Los valores de esfericidad están comprendidos entre [0.6-0.8) y [0.8-0.9) equivalen a granos moderado a altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos.

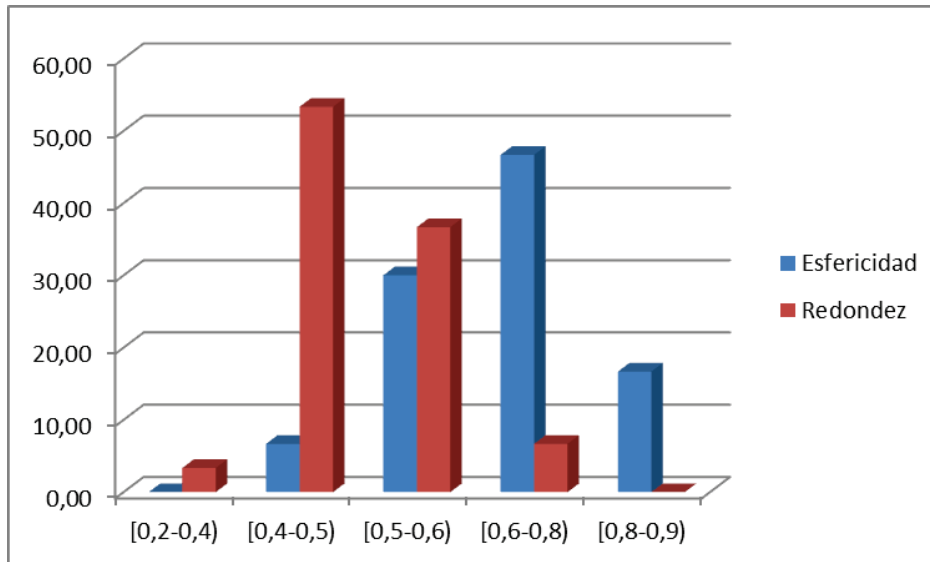


Figura 4.10. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 10.

4.2.11 Descripción granulométrica de la muestra (11)

A continuación, se presenta en la tabla 4.11 los resultados del análisis textural de la muestra 11, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad comprendida entre los 12,71 - 9,71 metros, así mismo dicha muestra no se recuperó en un 100%, es decir, se produjo un derrumbe durante la extracción de la misma con el taladro. En esta tabla al hacer referencia a los términos de redondez encontramos que de sus cinco (5) intervalos cuatro (4) se encuentran dispersos presentándose el intervalo I2 con un valor mucho más elevado que los demás, siendo representado por un 76,67% quedando por debajo los intervalos I3 con un 13,33% seguido del intervalo I4 por un 6,67% y finalmente el intervalo I1 con un 3,33%. Con referencia a la esfericidad, su distribución es un poco más uniforme el valor mayor viene representado por el intervalo I3 con un porcentaje del 36,67%, quedando por debajo los intervalos I4 con un 30%, el intervalo I5 con un 20% y el I2 por un 13,33%.

Tabla 4.11 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 11. Numero de granos analizados es N=30.*

Muestra 11 Profundidad: 12,71-9,71 m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	3,33
I2: [0,4-0,5)	13,33	76,67
I3: [0,5-0,6)	36,67	13,33
I4: [0,6-0,8)	30,00	6,67
I5: [0,8-0,9)	20,00	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.11 son representados en la Figura 4.11, se observa en ella, que en los intervalos de clases donde hay mayor esfericidad (I3, I4 e I5) la redondez disminuye notablemente, es decir, en el intervalo I3 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6), [0,6-0,8) y [0,8-0,9). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la derecha, y se centra en el intervalo I2.

Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor I2, la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, I4 y I5) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye progresivamente. Valores de esfericidad están comprendidos entre [0,5-0,6), [0,6-0,8) [0,8-0,9) equivalen a granos altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos, lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cercana a la roca fuente.

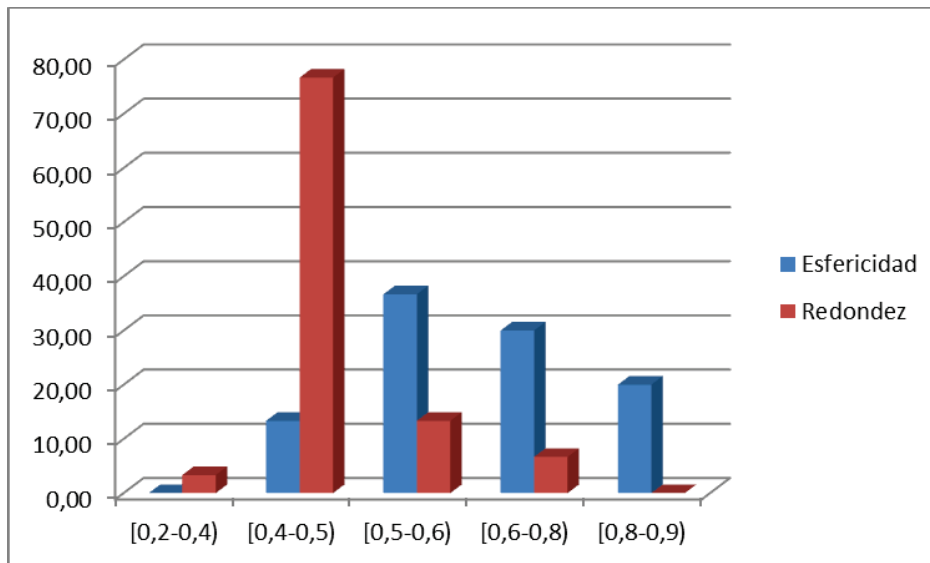


Figura 4.11. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 11.

4.2.12 Descripción granulométrica de la muestra (12)

A continuación, se presenta en la tabla 4.12 los resultados del análisis textural de la muestra 12, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad comprendida entre los 9,71 - 6,71 metros, así mismo dicha muestra no se recuperó en un 100%, ya que se produjo un derrumbe durante la extracción de la misma con el taladro. En esta tabla de los cinco (5) intervalos de clases presentados notamos poca dispersión en cuanto a la redondez de la muestra, observándose concentración en sólo tres de ellos, siendo el de mayor porcentaje el intervalo I2 con una representación del 70,00%, quedando por debajo los intervalos I3 con un 16,67% y el intervalo I1 con un 13,33%. Al referirnos a la esfericidad se nota la dispersión entre cuatro (4) de sus cinco (5) intervalos presentando una distribución mayor en el intervalo I3 con un 43,33%, el intervalo I4 con un 36,67%, luego el intervalo I2 con un 16,67% quedando el intervalo I5 con sólo un 3,33%.

Tabla 4.12 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 12. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 12 Profundidad: 9,71-6,71m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	13,33
I2: [0,4-0,5)	16,67	70,00
I3: [0,5-0,6)	43,33	16,67
I4: [0,6-0,8)	36,67	0,00
I5: [0,8-0,9)	3,33	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.12 son representados en la Figura 4.12, se observa que en los intervalos de clase donde hay mayor esfericidad (I3 y I4) la redondez disminuye, es decir en el intervalo I3 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6) [0,6-0,8). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la derecha, y se centra en el intervalo I2.

Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en el intervalo en donde la redondez es mayor I2, la esfericidad es menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, y I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad máxima están comprendidos entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8) equivalen a granos altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en el intervalo I2 [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos.

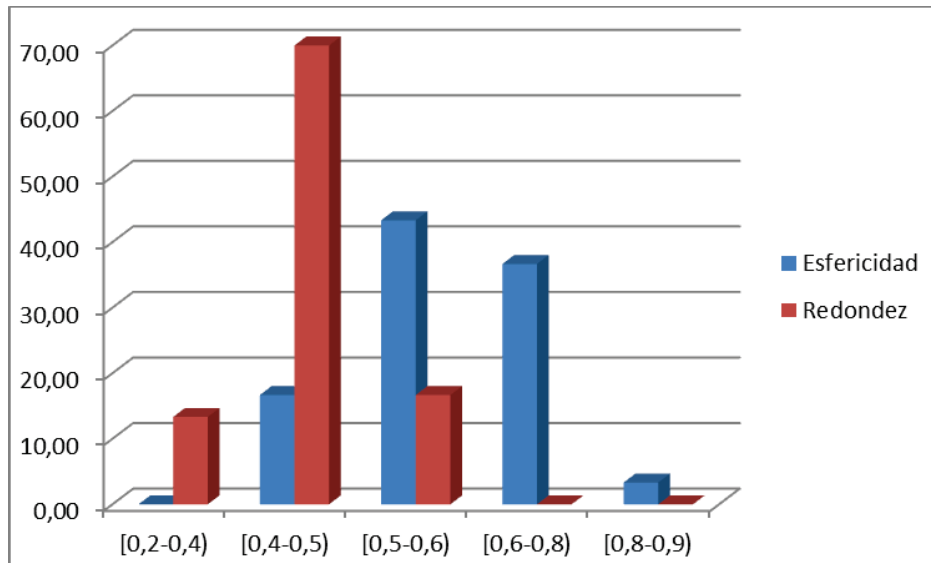


Figura 4.12. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 12.

4.2.13 Descripción granulométrica de la muestra (13)

A continuación, se presenta en la tabla 4.13 los resultados del análisis textural de la muestra 13, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad comprendida entre los 9,71-6,71 metros, así mismo dicha muestra no se recuperó en un 100%. Al hacer referencia a la tabla 13 notamos en cuanto a los términos de redondez que sus intervalos de clases no presentan una acorde distribución, sino que se mantienen concentrados en solo tres de sus cinco intervalos (I1 al I3), presentando un mayor porcentaje en el intervalo I2 el cual corresponde al 66,67% seguido del intervalo I3 por un 30,00% y finalmente por un 3,33% para el intervalo I1. La esfericidad es relativamente más dispersa y su distribución toma el máximo en el intervalo I4 con una representación del 53,33% quedando por debajo los intervalos I3 por un 33,33%, el intervalo I5 por un 10,00% y el intervalo I2 por un 3,33%.

Tabla 4.13 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 13. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 13 Profundidad: 9,71-6,71m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	3,33
I2: [0,4-0,5)	3,33	66,67
I3: [0,5-0,6)	33,33	30,00
I4: [0,6-0,8)	53,33	0,00
I5: [0,8-0,9)	10,00	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.13 son representados en forma de histogramas o diagramas de barras verticales en la Figura 4.13. De esta última, se observa que los intervalos de clases donde hay mayor esfericidad (I3 e I4) la redondez disminuye, es decir en el intervalo I4 y I3 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la derecha, y se centra en el intervalo I2.

Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en el intervalo I2 la redondez es mayor, pero la esfericidad es notablemente menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, y I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad máxima están comprendidos entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8) equivalen a granos altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos.

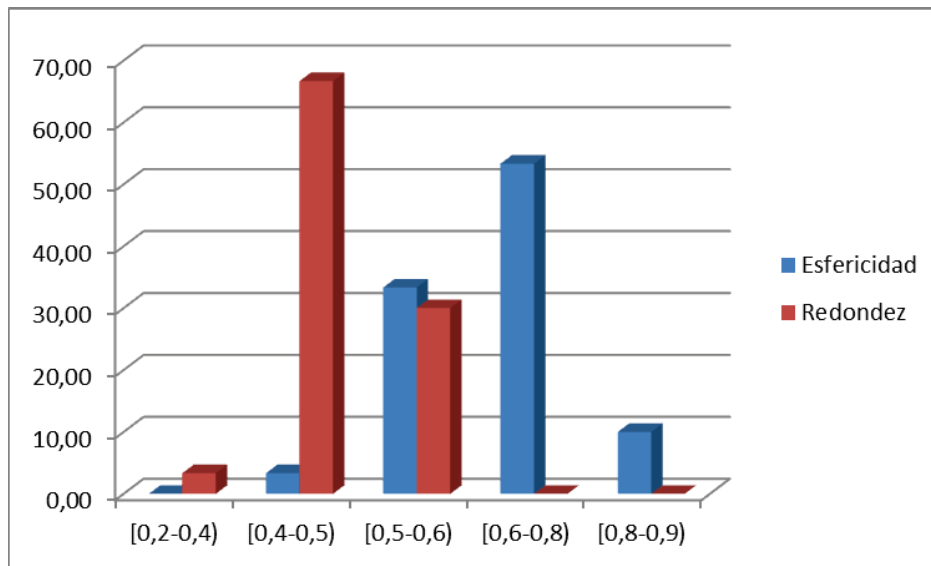


Figura 4.13. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 13.

4.2.14 Descripción granulométrica muestra 14.

A continuación se presenta en la tabla 4.14 los resultados del análisis textural de la muestra 14, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad entre los 6,71 - 3,71 metros, esta muestra no se recuperó en un 100%. En esta tabla al hacer referencia a los términos de redondez encontramos que tres (3) de su cinco (5) intervalos se encuentran pocos dispersos presentándose el intervalo I2 con un valor mucho más elevado que los demás, obteniéndose 83,33% quedando por debajo los intervalos I3 con un 10,00% y seguido del intervalo I1 por un 6,67%. En relación a la esfericidad su distribución su mayor valor viene dado por el intervalo I3 con un porcentaje del 46,67%, quedando por debajo, los intervalos I4 con un 33,33%, el intervalo I2 con un 16,67% y el I5 por un 3,33%.

Tabla 4.14 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 14. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 14 Profundidad: 6,71-3,71m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	6,67
I2: [0,4-0,5)	16,67	83,33
I3: [0,5-0,6)	46,67	10,00
I4: [0,6-0,8)	33,33	0,00
I5: [0,8-0,9)	3,33	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.14 son mostrados en la Figura 4.14, se observa que los intervalos de clase donde hay mayor esfericidad (I3 y I4) la redondez disminuye, es decir, en ellos es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6) [0,6-0,8). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la derecha, y se centra en el intervalo I2.

Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en el intervalo en donde la redondez es mayor I2, la esfericidad es notablemente menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, y I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad máxima están comprendidos entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8) equivalen a granos altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en el intervalo I2 [0,4 a 0,5) equivalente a granos sub-angulosos, también se observó mucha presencia de carbonatos, yesos y pocos cuarzos lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cerca al sitio de depositación por procesos bioquímicos y ambientes óxido-reductor, respectivamente.

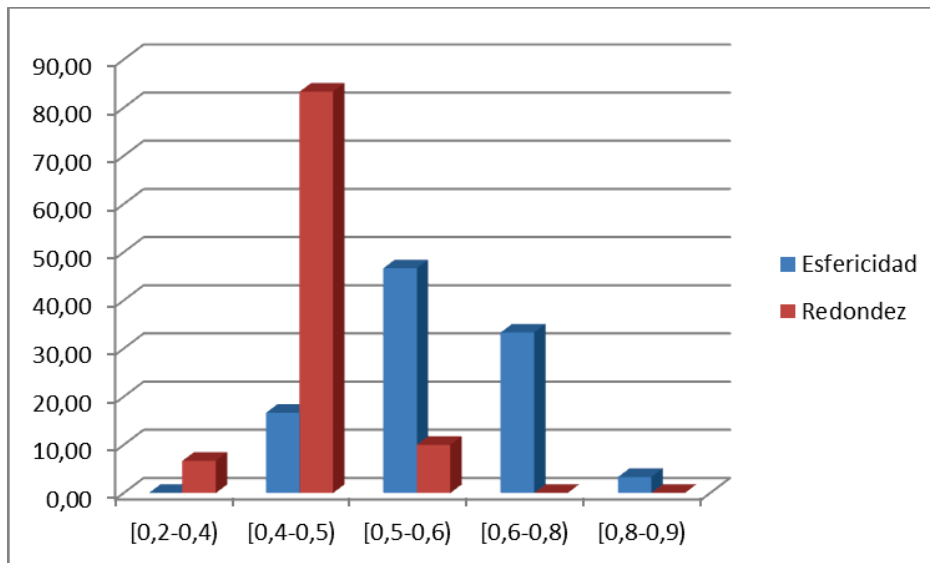


Figura 4.14. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 14.

4.2.15 Descripción granulométrica de la muestra 15.

A continuación, se presenta en la tabla 4.15 los resultados del análisis textural de la muestra 15, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad entre los 6,71 - 3,71 metros, la muestra no fue recuperada al 100%. Al referirnos a la tabla 4.15 se observa que en términos de redondez de cinco (5) intervalos presentados cuatro (4) de ellos están considerablemente dispersos (I1 al I4) siendo el mayor representado por el intervalo I2 que presenta un porcentaje del 60,00% seguido de los intervalos I3 con un porcentaje del 23,33%, intervalo I1 que contiene un 10,00% y finalmente el intervalo I4 con un 10,00%.

Tabla 4.15 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 15. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 15 Profundidad: 6,71-3,71m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	10,00
I2: [0,4-0,5)	16,67	60,00
I3: [0,5-0,6)	46,67	23,33
I4: [0,6-0,8)	33,33	6,67
I5: [0,8-0,9)	3,33	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.15 son representados en la Figura 4.15, en ésta se observa que los intervalos de clases donde hay mayor esfericidad (I3 e I4) la redondez disminuye, es decir en el intervalo I4 e I3 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6) [0,6-0,8). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la derecha, y se centra en el intervalo I2.

Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor I2, la esfericidad es notablemente menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, e I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad máxima están comprendidos entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8) equivalen a granos altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos, también se observó mucha presencia de carbonatos, yesos y pocos cuarzos lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cerca al sitio de depositación por procesos bioquímicos y ambientes óxido-reductores, respectivamente.

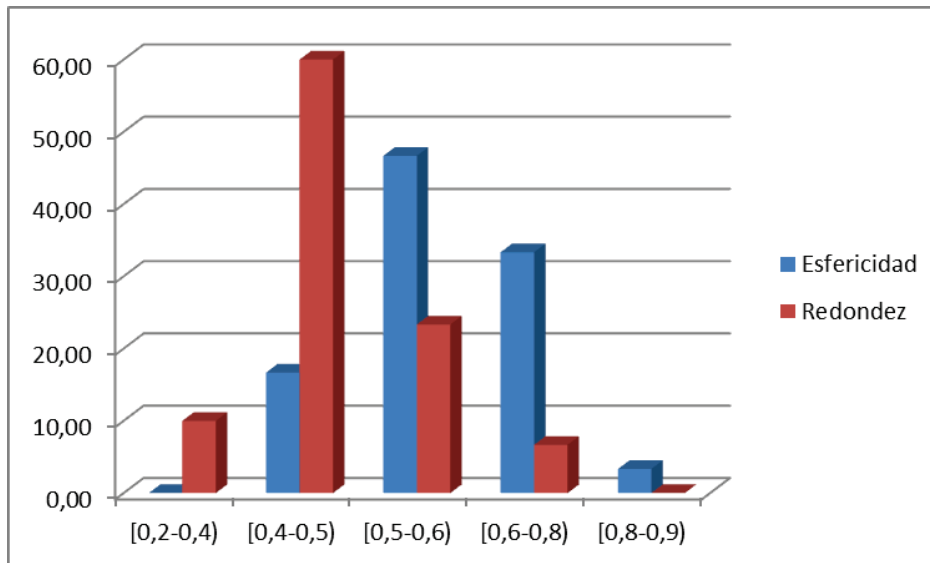


Figura 4.15. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 15.

4.2.16 Descripción granulométrica de la muestra 16.

A continuación, se presenta en la tabla 4.16 los resultados del análisis textural de la muestra 16, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad comprendida de 6,71 - 3,71 metros, esta muestra no fue recuperada en un 100%. En términos de redondez los mayores valores se presentan en cuatro (4) (I1 al I4) de sus cinco (5) intervalos con una alta dispersión notándose el mayor porcentaje en el intervalo I2 con una representación del 60%, los restantes intervalos (I1, I3, I4) con porcentajes del 13,33% 23,33% y del 3,33% respectivamente. Si hacemos referencia en cuanto a su esfericidad encontramos que de igual manera de sus cinco (5) intervalos, los cuatro (4) últimos presentan una amplia dispersión haciéndose aún más notorio en los intervalos I3 con una representación del 40,00% por ciento dejando por debajo a los intervalos I2 con 16,67%, I4 con 36,67% y finalmente el I5 con un 6,67%.

Tabla 4.16 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 16. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 16 Profundidad: 6,71-3,71m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	13,13
I2: [0,4-0,5)	16,67	60,00
I3: [0,5-0,6)	40,00	23,33
I4: [0,6-0,8)	36,67	3,33
I5: [0,8-0,9)	6,67	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.16 son representados en forma gráfica en la Figura 4.16, se observa que en los intervalos de clase donde hay mayor esfericidad (I3 y I4) la redondez disminuye, es decir, en el intervalo I3 y I4 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la derecha, y se centra en el intervalo I2.

Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en el intervalo en donde la redondez es mayor (I2), la esfericidad es notablemente menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3, y I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad máxima están comprendidos entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8) equivalen a granos altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentra en el intervalo I2 [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos, también se observó la presencia de carbonatos, yesos y pocos cuarzos lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cerca al sitio de depositación por procesos bioquímicos y ambientes óxido-reductores, respectivamente.

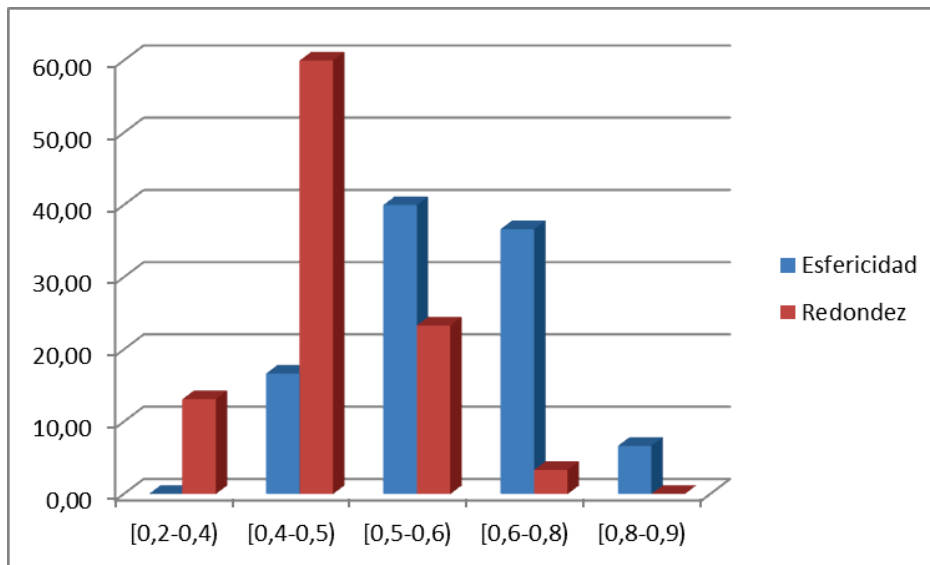


Figura 4.16. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 16.

4.2.17 Descripción granulométrica de la muestra 17.

A continuación, se presenta en la tabla 4.17 los resultados del análisis textural de la muestra 17, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad comprendida de 6,71 - 3,71 metros, dicha muestra no se recuperó al 100%. En la tabla 4.17 se observa en términos de redondez que de cinco (5) intervalos sólo cuatro (4) presentan alta dispersión, el mayor porcentaje se encuentra contenido en el intervalo I2 con una representación del 36,67% quedando por debajo los intervalos I1 e I3 con porcentajes similares del 13,33% cada uno, restando así el intervalo I4 con un porcentaje del 3,33%. La esfericidad es relativamente dispersa, y se concentra en cuatro (4) de las (5) clases (I2 hasta I5), observándose el intervalo I4 con mayor porcentaje 23,33% quedando los intervalos de I2 e I3 con un valor similar del 20,00% cada uno y el I5 con un 3,33%, respectivamente.

Tabla 4.17 Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 17. Número de granos analizados es $N=30$.

Muestra 17 Profundidad: 6,71-3,71m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	13,33
I2: [0,4-0,5)	20,00	36,67
I3: [0,5-0,6)	20,00	13,33
I4: [0,6-0,8)	23,33	3,33
I5: [0,8-0,9)	3,33	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.17 son representados en forma de histogramas en la Figura 4.17, se observa en esta última, que los intervalos de clases donde hay mayor esfericidad (I4, I3, y I2) la redondez disminuye, es decir en el intervalo I4 y I1 es mayor la esfericidad, entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8). El histograma de redondez es unimodal y al igual que el resto de los casos anteriores se centra en el intervalo I2.

Se observa una relación inversa entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor I2 e I1 la esfericidad es notablemente menor, y a la inversa, en aquellos intervalos (I3 e I4) en donde es mayor la esfericidad, la redondez disminuye. Valores de esfericidad máxima están comprendidos entre [0,5-0,6) y [0,6-0,8) equivalen a granos altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en los intervalos I2 [0,4 a 0,5) equivalentes a granos sub-angulosos, también se observó mucha presencia de carbonatos, yesos y pocos cuarzos lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cerca al sitio de depositación por procesos bioquímicos y ambientes óxido-reductores, respectivamente.

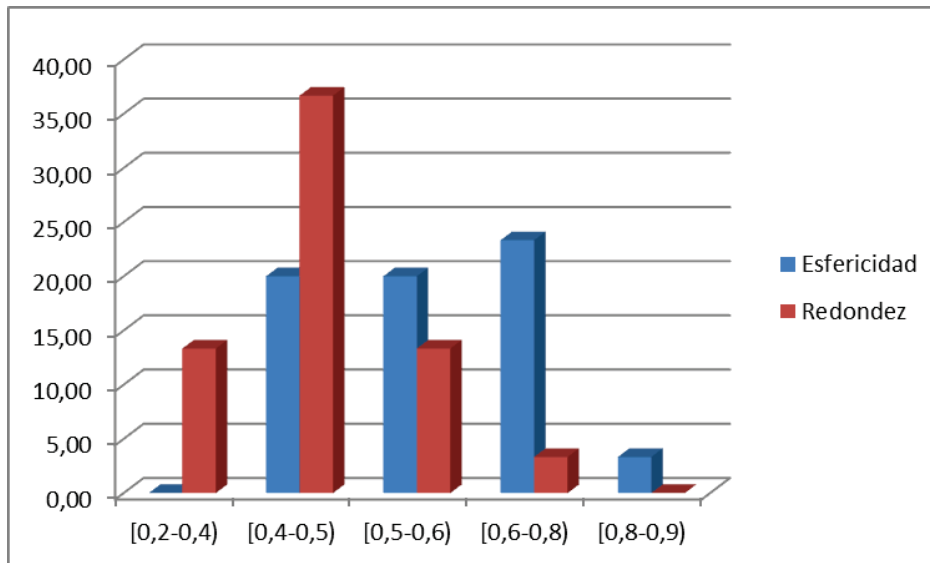


Figura 4.17. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 17.

4.2.18. Descripción granulométrica de la muestra 18

Para esta muestra no se realizaron los histogramas de esfericidad y redondez ya que la misma pasó por el tamiz 230, solo se le realizó análisis del hidrometro por ser una arcilla de grano muy fino.

4.2.19 Descripción granulométrica de la muestra 19

A continuación, se presenta en la tabla 4.19 los resultados del análisis textural de la muestra 19, esta muestra se encuentra ubicada a una profundidad de 2,71 metros, esta muestra no se recuperó en un 100%. Al hacer referencia a la tabla 19 notamos en cuanto a los términos de redondez que sus intervalos de clases no presentan una distribución de tipo uniforme, al contrario están concentrados en dos (2) de sus cinco (5) clases, estando el mayor representado el intervalo I2 con un 23,33% dejando por debajo el intervalo I1 con un 3,33%. La esfericidad de la muestra presenta una

distribucion similar, en este caso se evidencia que de sus cinco (5) clases solamente existe una concentración en tres (3) de ellas, siendo la I3 mayor de 16,67% seguida del intervalo I2 que contiene un 13,33% y de I4 con un 3,33%, respectivamente.

Tabla 4.19 *Tabla de esfericidad y redondez de la muestra 19. Número de granos analizados es N=30.*

Muestra 19 Profundidad: 2,71m		
Intervalo	Esfericidad	Redondez
I1: [0,2-0,4)	0,00	3,33
I2: [0,4-0,5)	13,33	23,33
I3: [0,5-0,6)	16,67	0,00
I4: [0,6-0,8)	3,33	0,00
I5: [0,8-0,9)	0,00	0,00

Los valores mostrados en la tabla 4.19 son representados en forma gráfica en la Figura 4.18, en la misma se observa que los intervalos de clases donde hay mayor esfericidad (I3 e I2) la redondez es mayor, es decir, en los intervalo I3, I2 y I4 es menor la esfericidad, entre [0.4-0.5), [0,5-0.6) y [0.6-0.8). El histograma de redondez es unimodal sesgado hacia la izquierda, y se centra en el intervalo I2.

Se observa una relación entre ambos histogramas, es decir, en los intervalos en donde la redondez es mayor I2, la esfericidad es notablemente menor. Valores de esfericidad máxima están comprendidos entre [0,5-0.6) y [0.6-0.8) equivalen a granos altamente esféricos y el máximo valor de redondez se encuentran en el intervalo I2 [0,4 a 0,5) equivalente a granos sub-angulosos, también se observo mucha presencia de carbonatos, yesos y pocos cuarzos lo que corrobora que los sedimentos en la laguna de Santa Rosa se encuentra cerca al sitio de depositación por procesos bioquímicos y ambientes óxido-reductores, respectivamente.

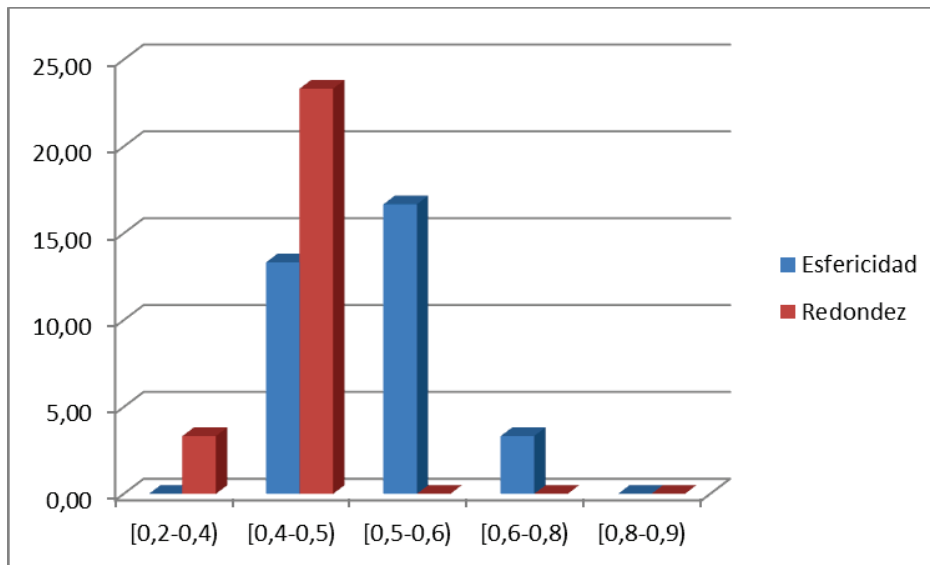


Figura 4.18. Histograma donde se comparan esfericidad y redondez de la muestra 19.

4.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO E HIDRÓMETRO

Para el análisis de los datos obtenidos y la clasificación de las diferentes litologías a lo largo del núcleo se siguió lo contemplado en la norma ASTM D-2487-11.

Para obtener la distribución granulométrica de las muestras se usó una serie de tamices ordenados de mayor a menor: T-3/4", abertura 19 mm, T-4 abertura 4.75 mm, T-10 abertura 2.0 mm, T-40 abertura 0.42 mm, T- 60 abertura 0.250 mm, T-200 abertura 0.075 mm, según ASTM D-422.

Las gravas pasa el tamiz #3/4" y queda retenido en el tamiz #4.

Las arenas de grano fino pasan el tamiz 40 y queda retenido en el tamiz # 200.

Las arenas de grano medio pasan el tamiz #10 y queda retenido en el tamiz #40.

Las arenas de grano grueso pasan el tamiz #4 y queda retenido en el tamiz #10.

Se dice arena limpia si el porcentaje de finos oscila entre 0 a 5 %.

Se le da un adjetivo con arcilla/limo cuando el pasa #200 oscila entre 5% y 12%

Cuando son arenas arcillosas o limosas el pasa #200 es mayor 12% y menor al 50 %.

Las arcillas o limos se subdividen y se identifican con una letra prefijo y sufijo: Para

limos (M), arcillas (C), suelo orgánico (O), esto se aplica si más del 12% del material pasa por el tamiz #200, y se clasifican según los sufijos L- es de baja plasticidad y el LL es (<50%), H- es de alta plasticidad y el (LL>50%), para la realización de este ensayo utilizamos los datos límite líquido (LL) y del índice de plástico (Ip), los cuales se reflejan en la carta de plasticidad permitiendo clasificar el material, como se observa en las siguientes figuras.

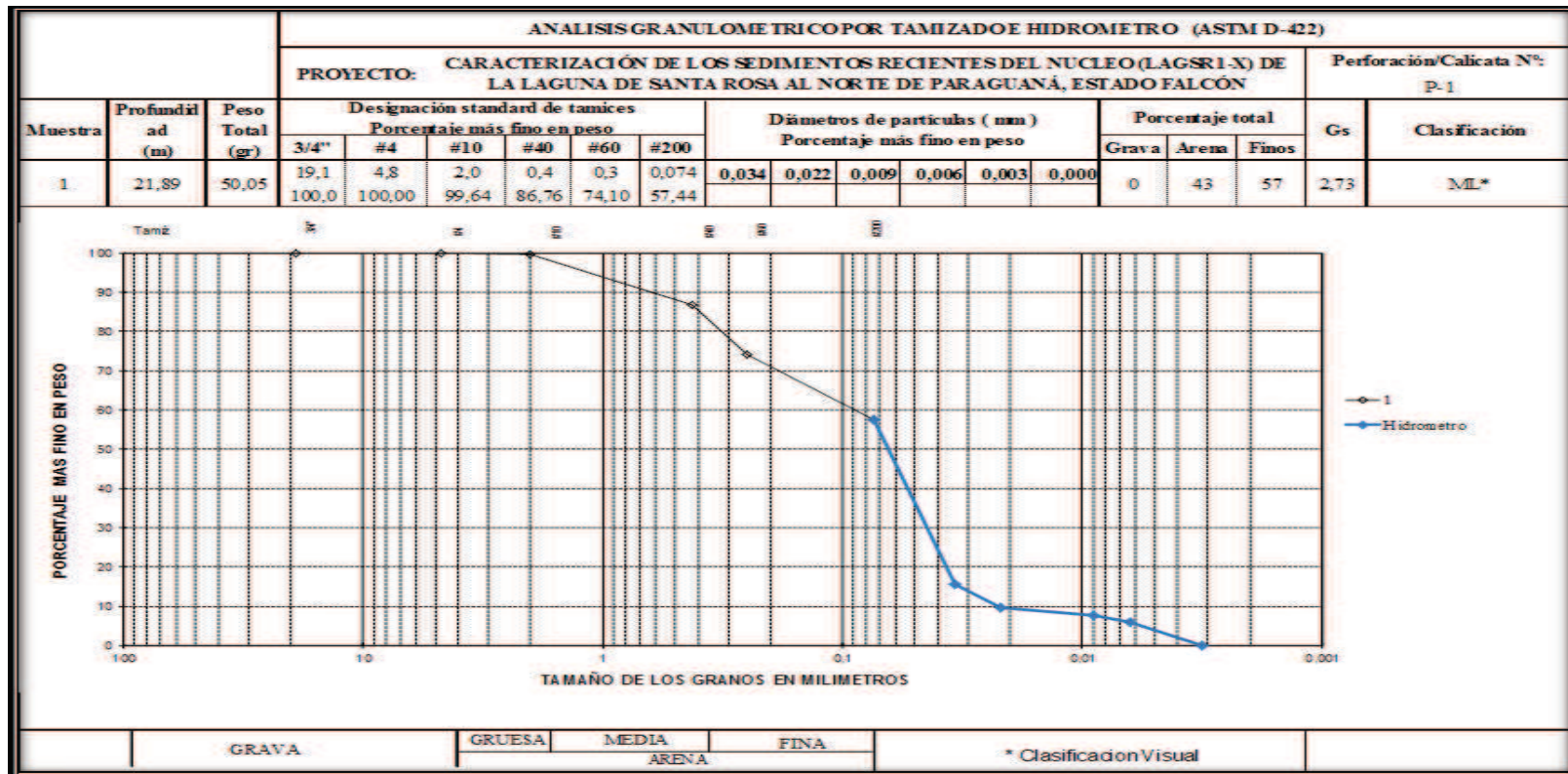


Figura 4.19. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (1) Limo de baja plasticidad, arenoso, marrón amarillento, marrón claro, gris oliva, rojizo con fragmento de concha. (ML)*

CAPÍTULO IV
CISNERO, 2014

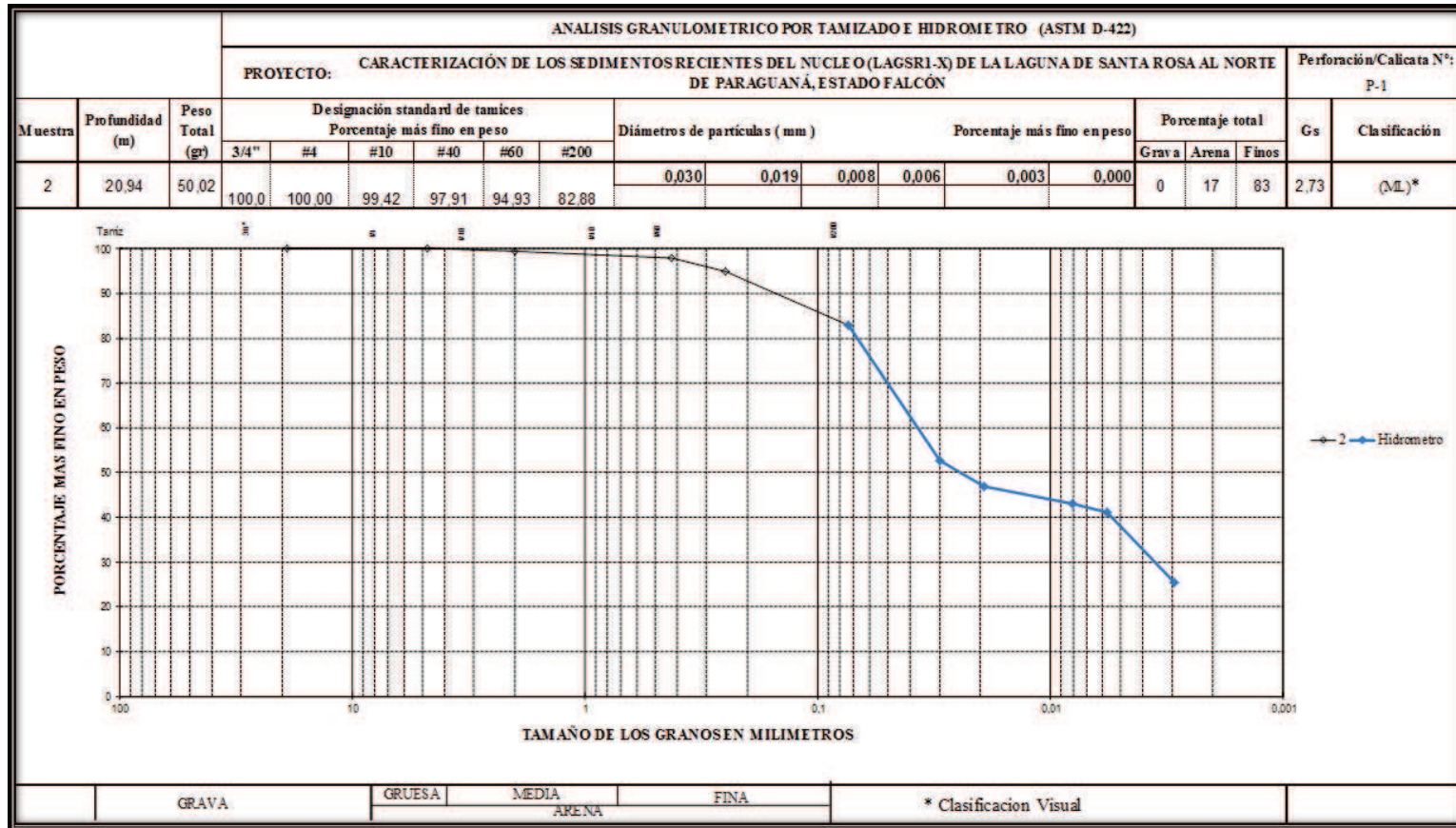


Figura 4.20. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (2) Limo de baja plasticidad con arena marrón amarillento con aislados fragmento de conchas. (ML)*

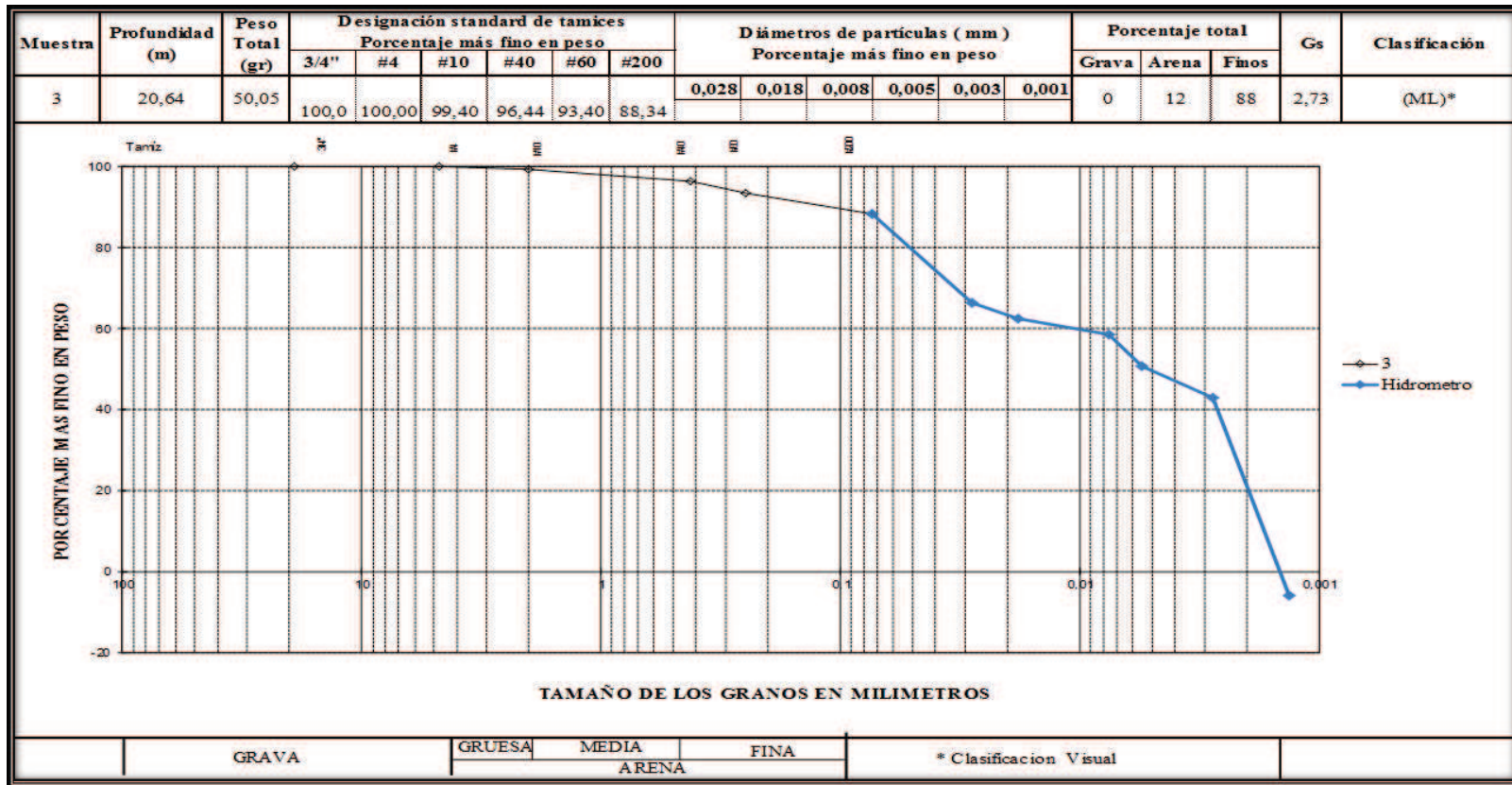


Figura 4.21. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (3) Limo, de baja plasticidad, marrón amarillento, marrón, gris claro, con trazas carbonáceas y aislados fragmentos de concha. (ML)*

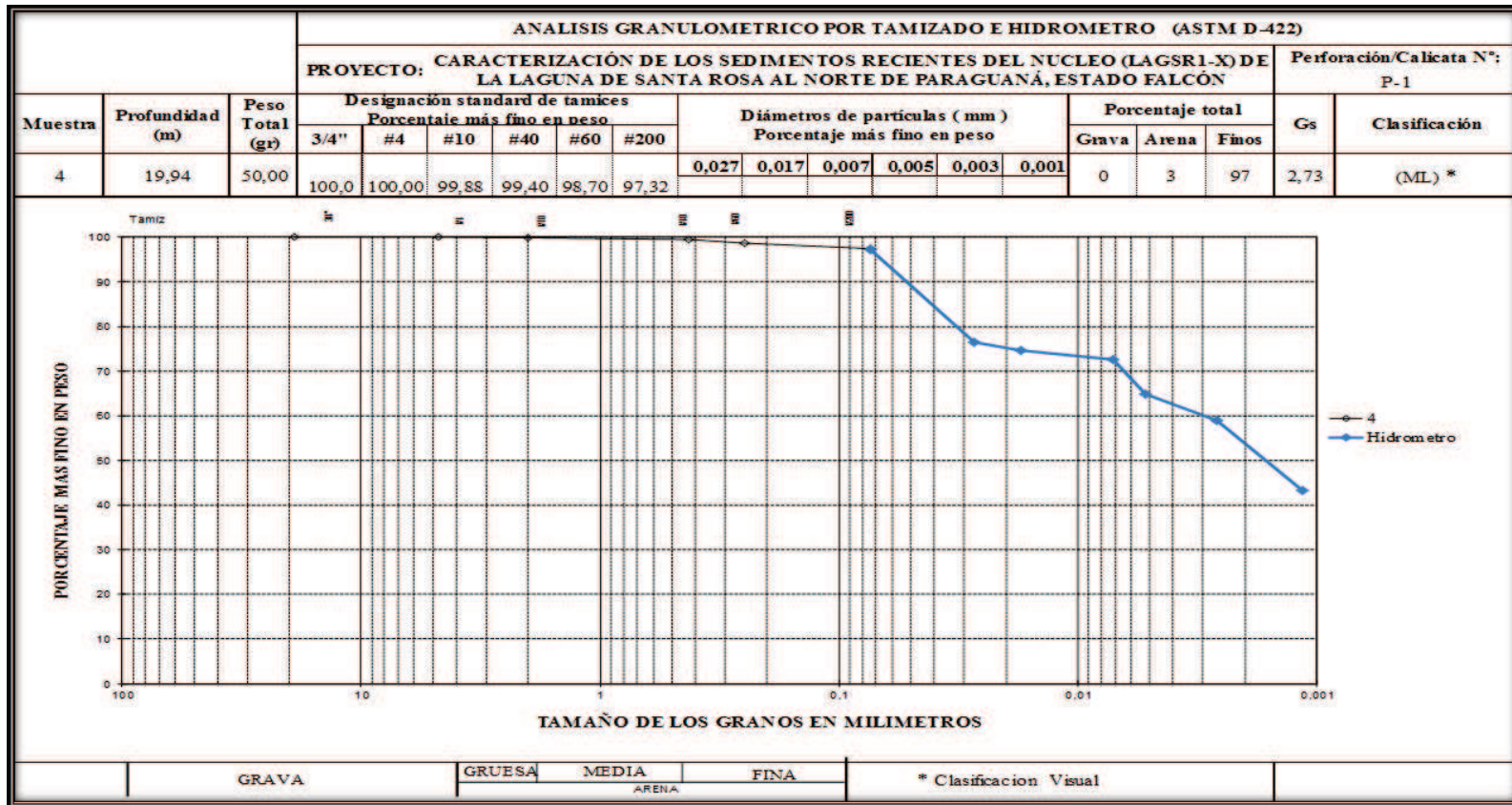


Figura 4.22. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (4) Limo, de baja plasticidad, marrón amarillento, marrón, gris claro, con trazas carbonáceas y aislados fragmentos de concha. (ML) *

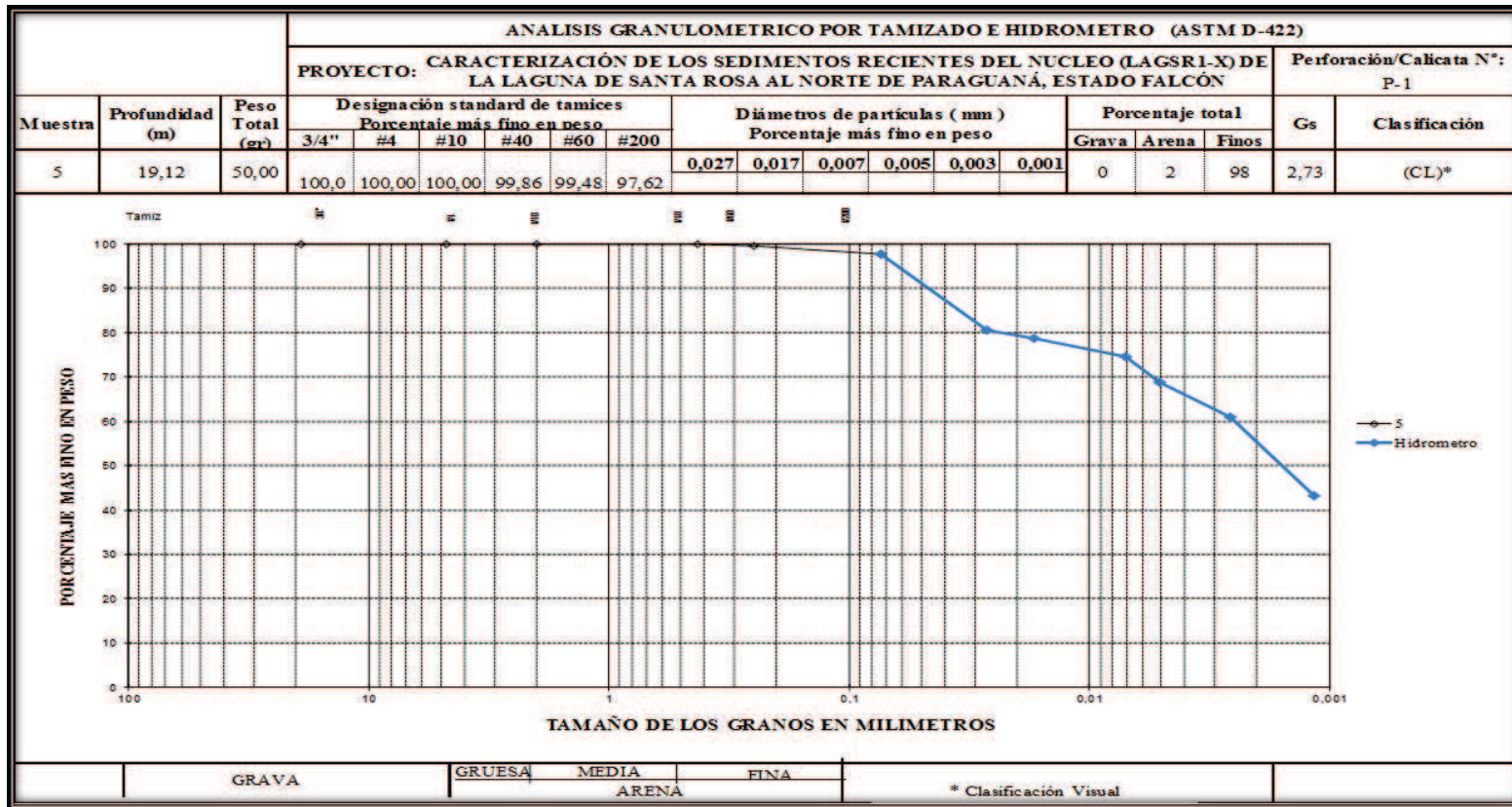


Figura 4.23. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (5) Arcilla de baja plasticidad, marrón amarillento, marrón, gris claro y micas. (CL)*

CAPÍTULO IV
CISNERO, 2014

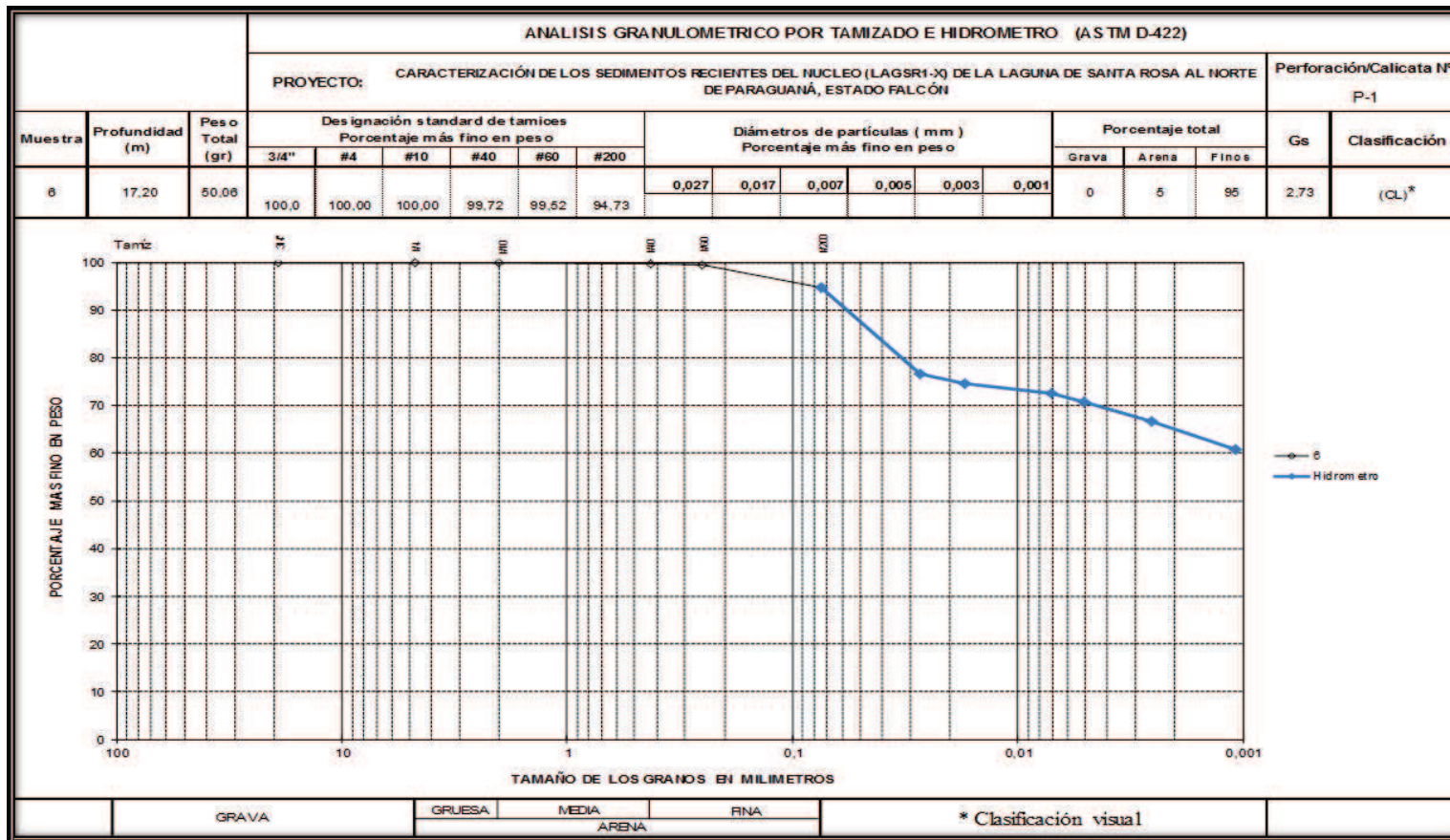


Figura 4.24. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (6) Arcilla de baja plasticidad, marrón amarillento, con fragmento de concha, muy fracturada. (CL)*

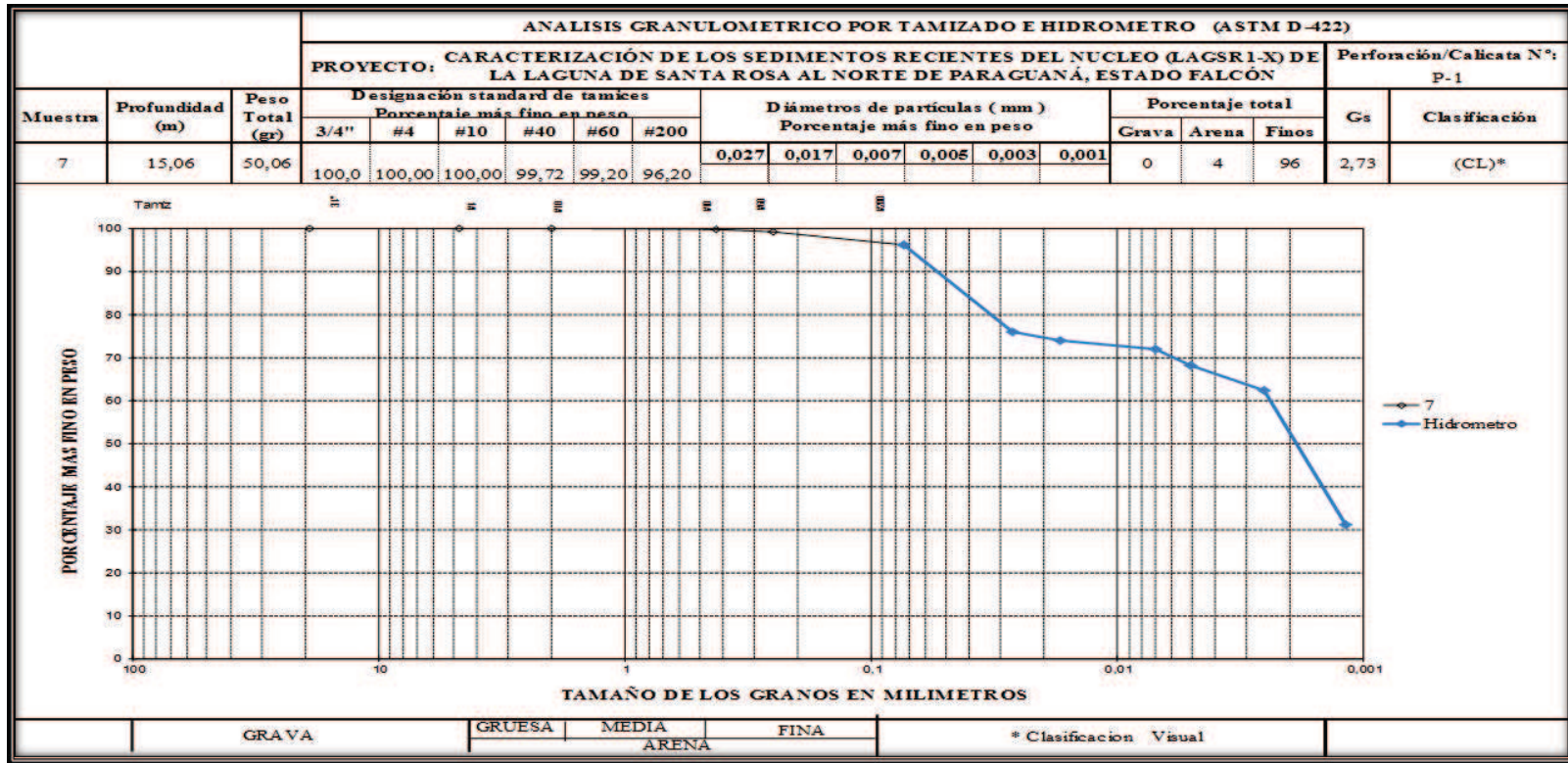


Figura 4.25. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (7) Arcilla de alta plasticidad, moteada, marrón amarillento, gris verdoso, gris claro, gris oliva, marrón, con óxido, muy fracturada. CL*

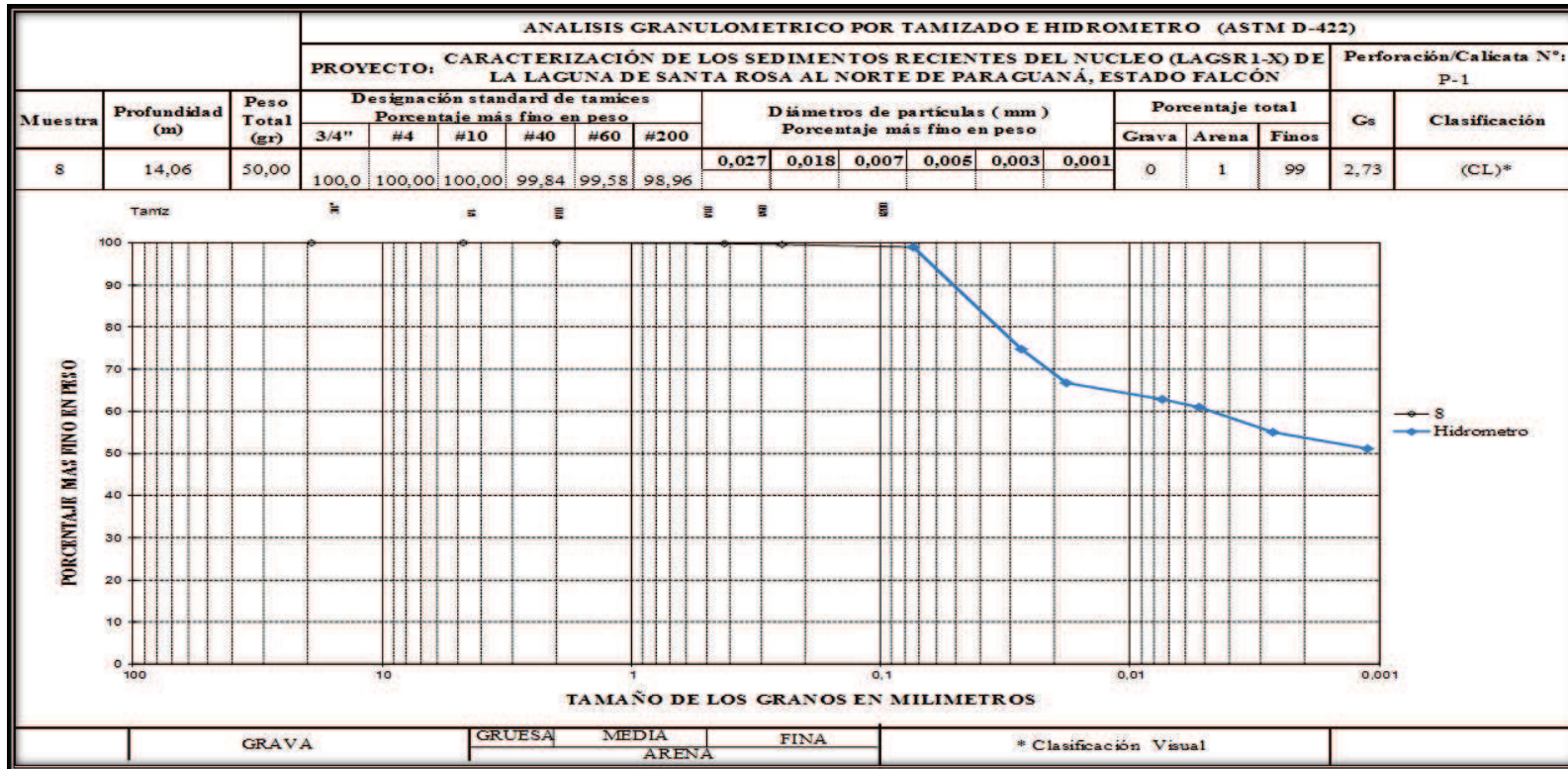


Figura 4.26. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (8) Arcilla de baja plasticidad, moteada, marrón amarillento, gris verdoso, gris claro, gris oliva, marrón, con óxido, muy fracturada. CL*

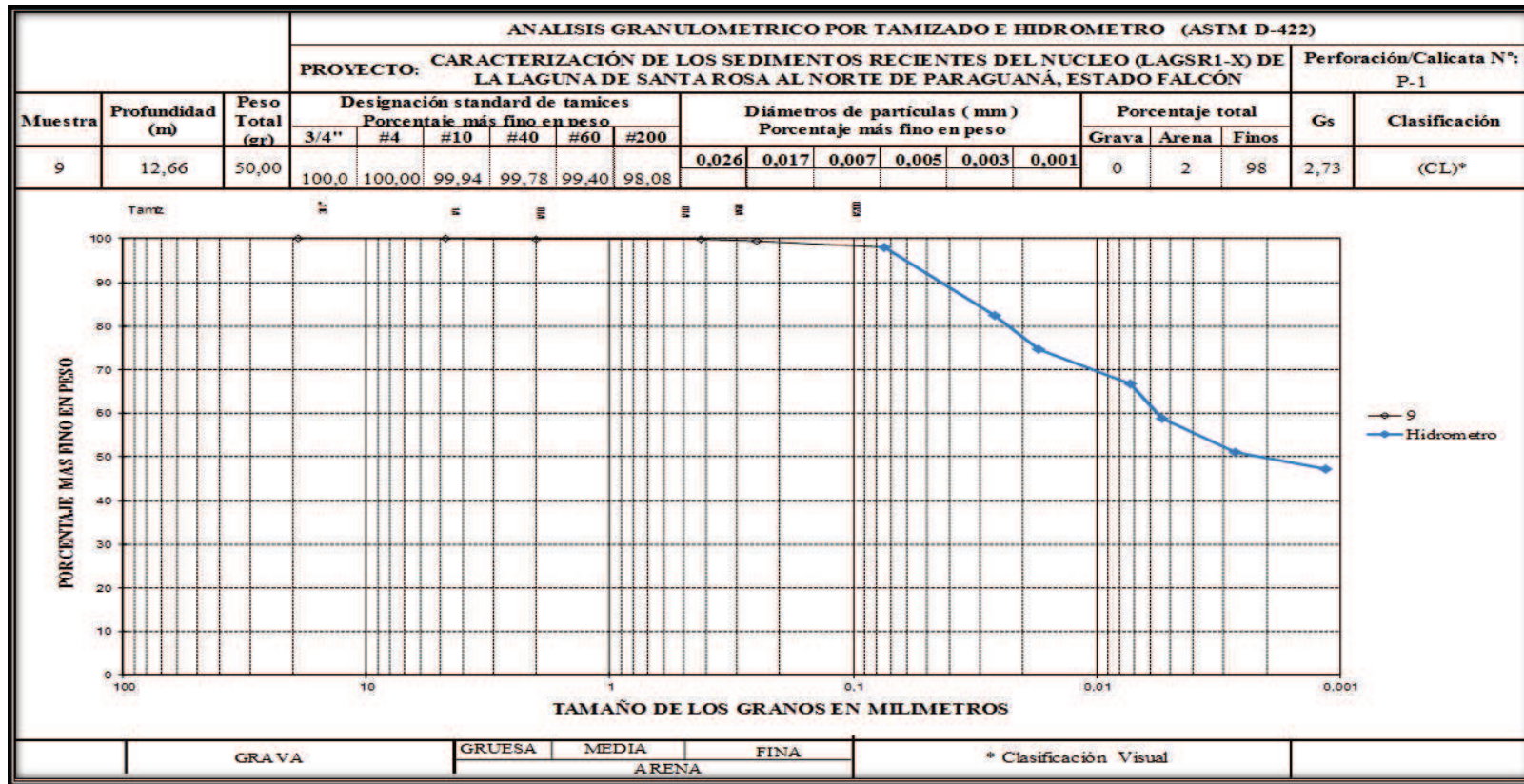


Figura 4.27. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (9) Arcilla de baja plasticidad, marrón amarillento con micas. (CL)*

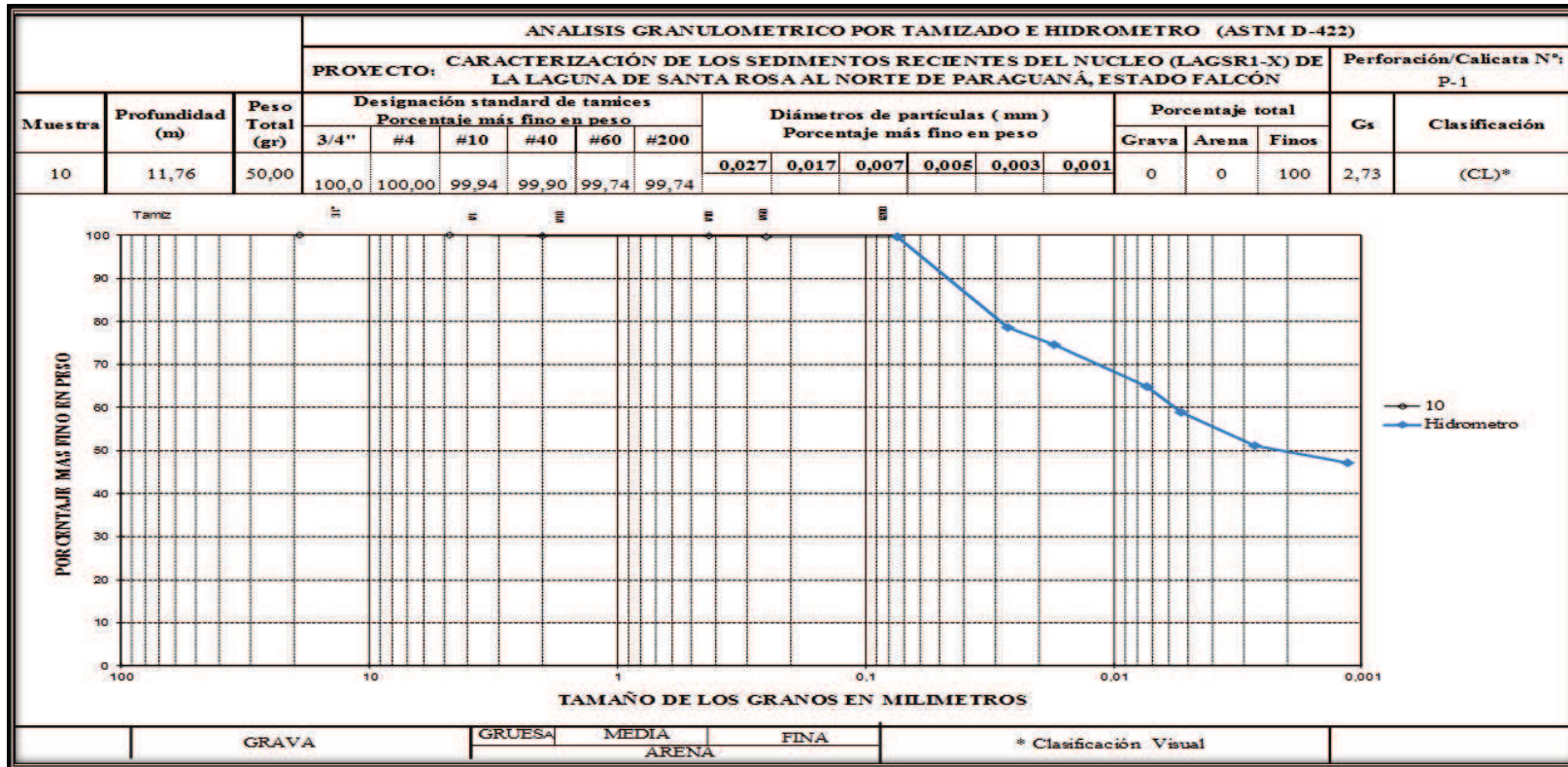


Figura 4.28. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (10) Arcilla de baja plasticidad, moteada, marrón amarillento, rojo, marrón, Amarillo pálido, gris oliva, con trazas carbonáceas y óxidos. (CL)*

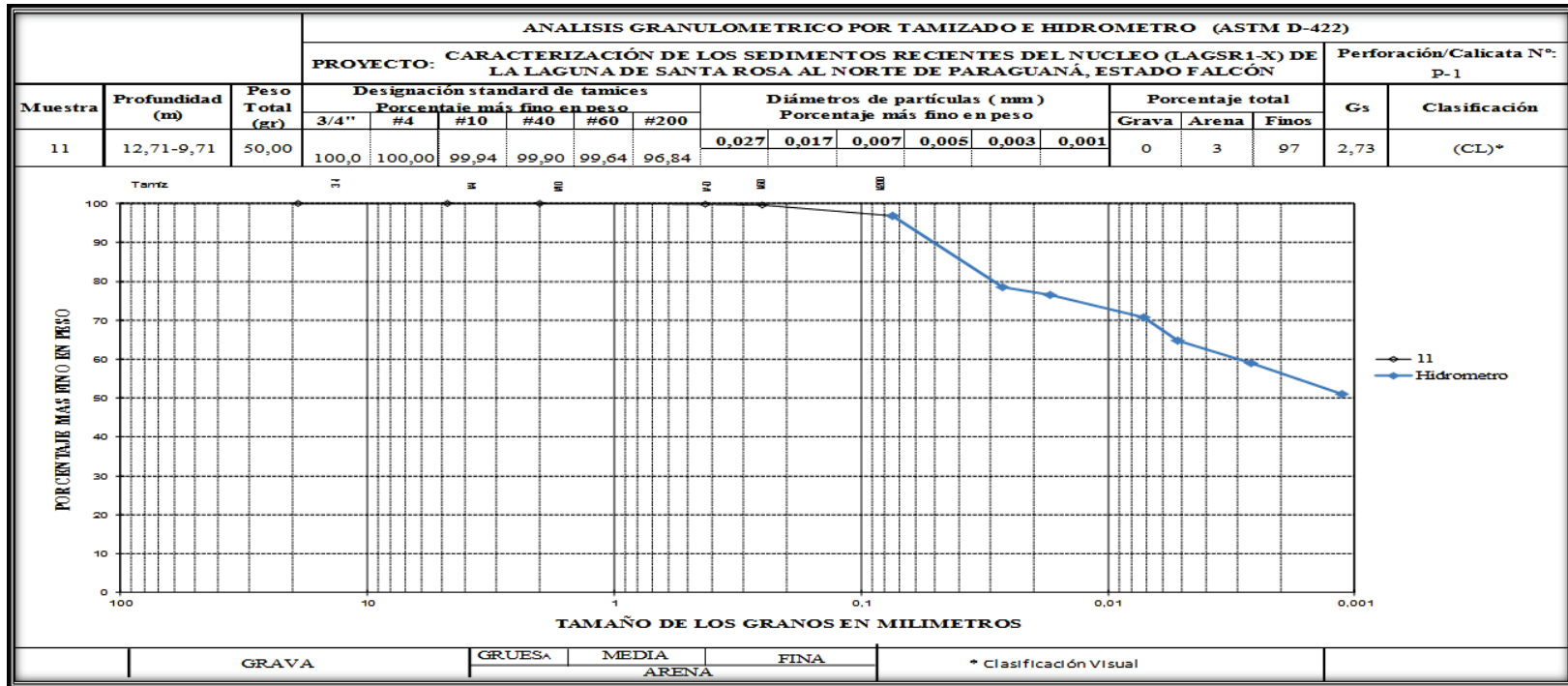


Figura 4.29. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (11) Arcilla de baja plasticidad, marrón amarillento, amarillo oliva, con micáceas. (CL*) (Figura 4.30)

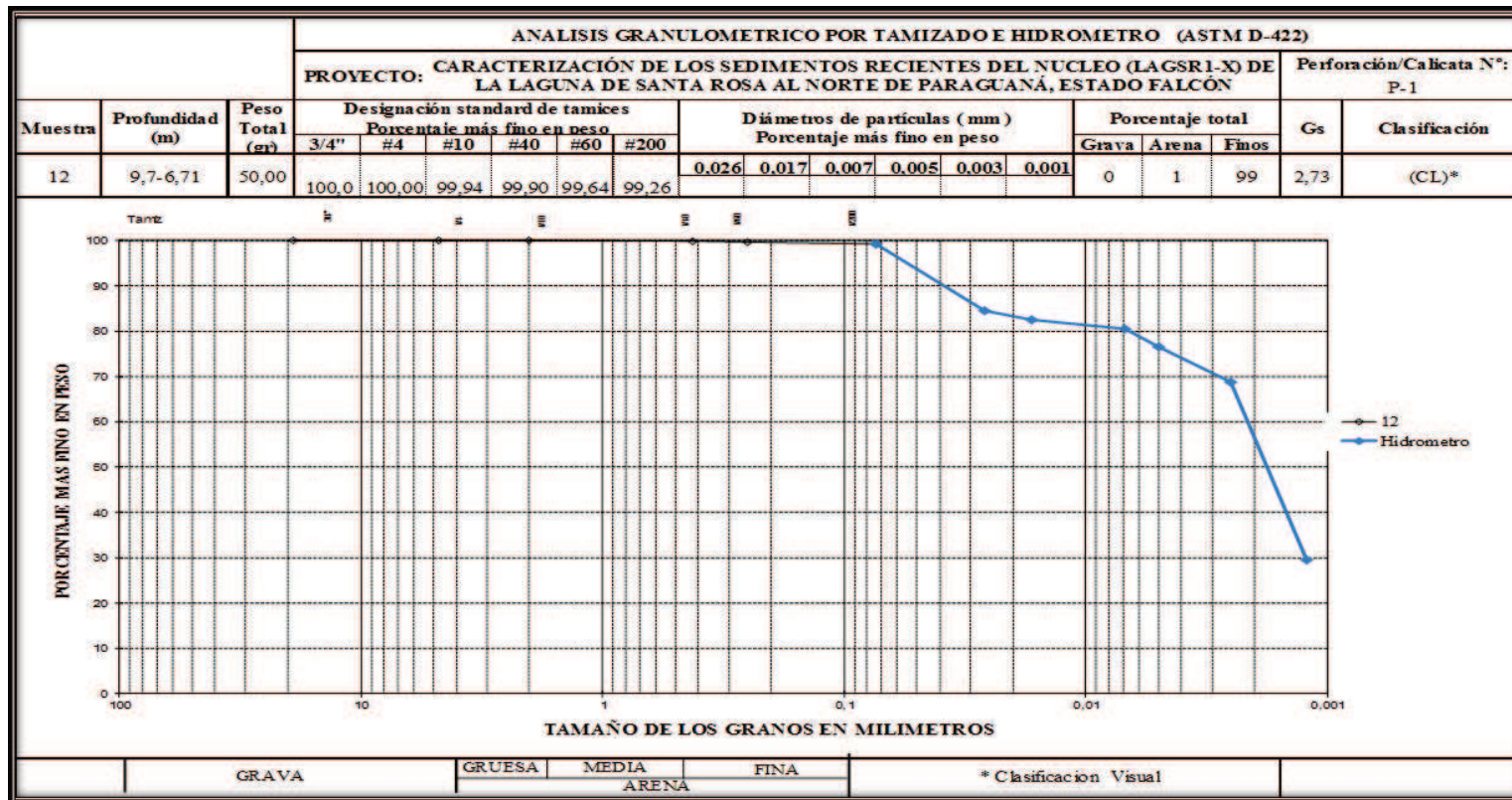


Figura 4.30. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (12) Arcilla de baja plasticidad, marrón amarillento, amarillo oliva, con oxid, micas, muy fracturada. (CL*)

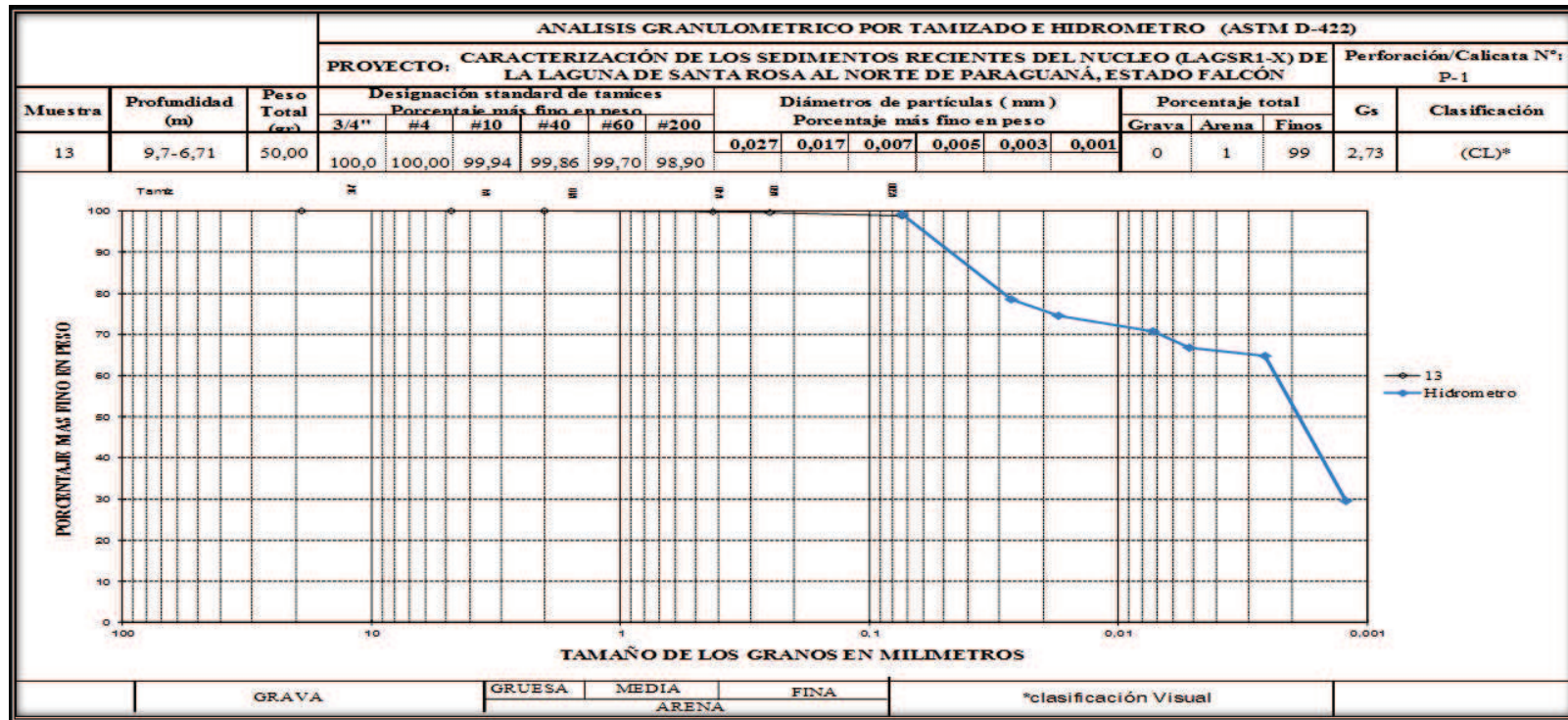


Figura 4.31. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (13) Arcilla de baja plasticidad, marrón amarillento, amarillo oliva, con óxido, micas, muy fracturada. (CL*)

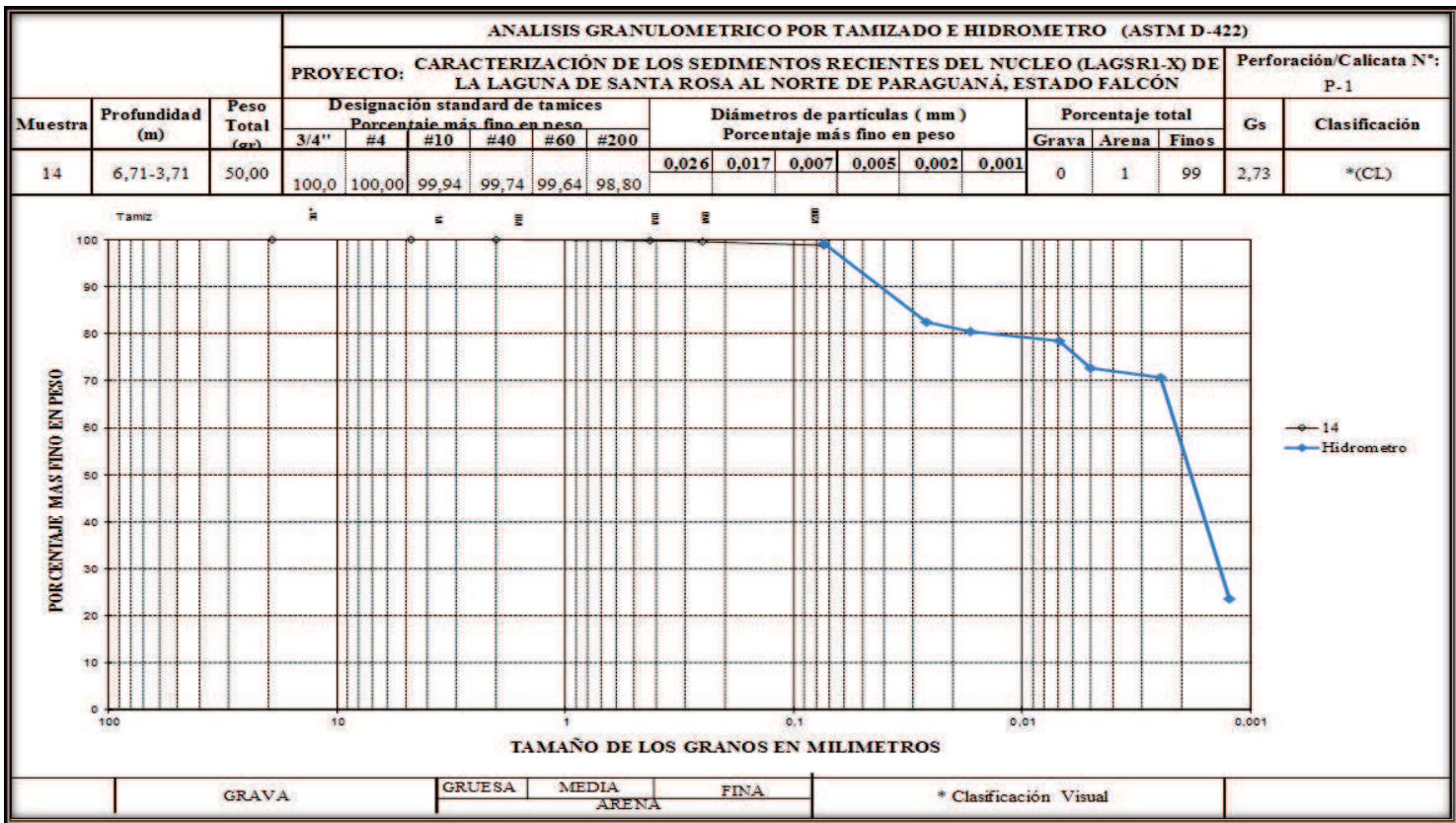


Figura 4.32. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (14) Arcilla de baja plasticidad, moteada, marrón amarillento, marrón, gris verdoso, con óxido, micas. (CL*)

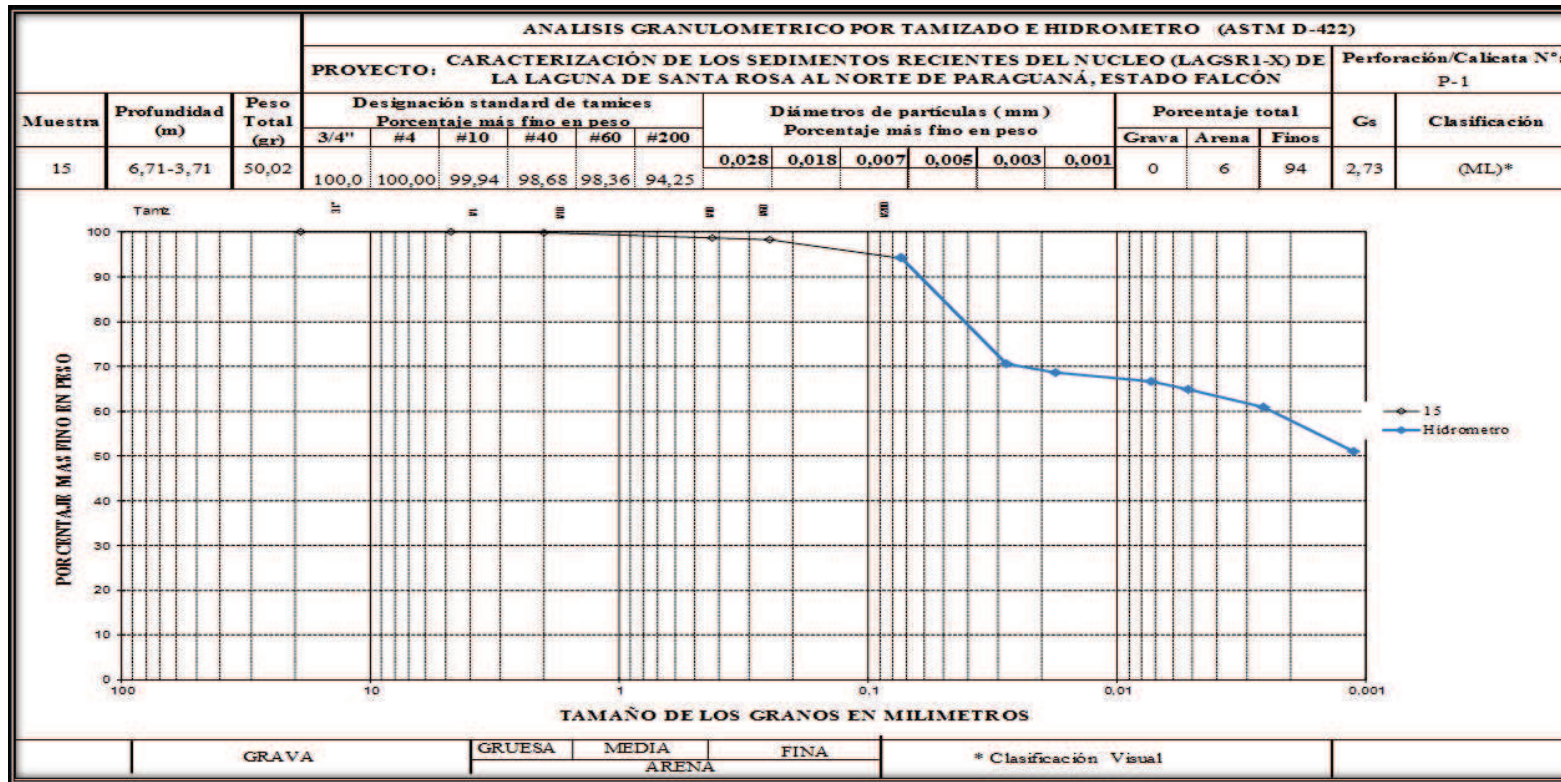


Figura 4.33. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (15) Limo de baja plasticidad, marrón amarillento, con óxido y micas. ML*

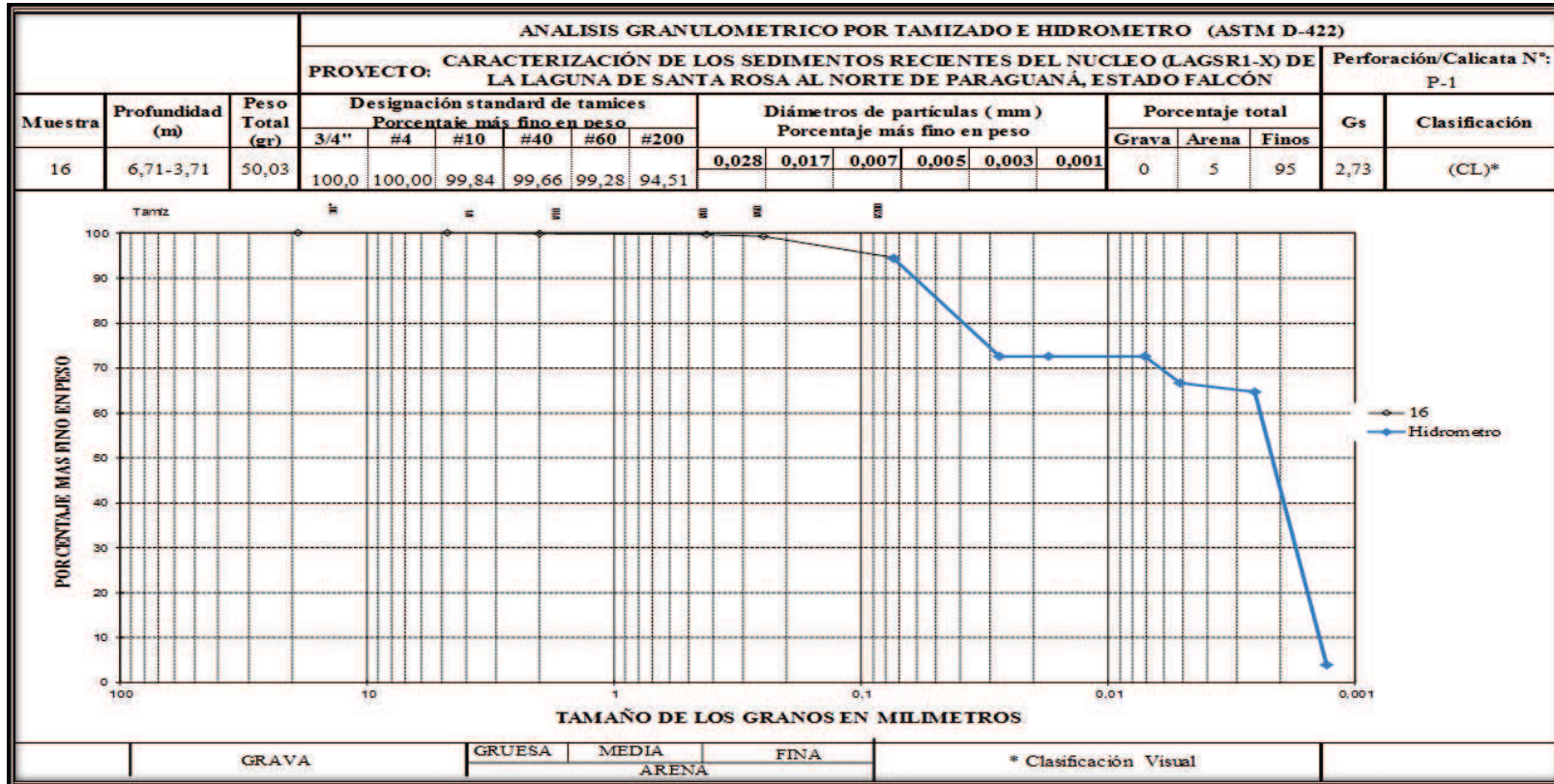


Figura 4.34. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (16) Limo de baja plasticidad, marrón amarillento, con óxido y micas. (CL*)

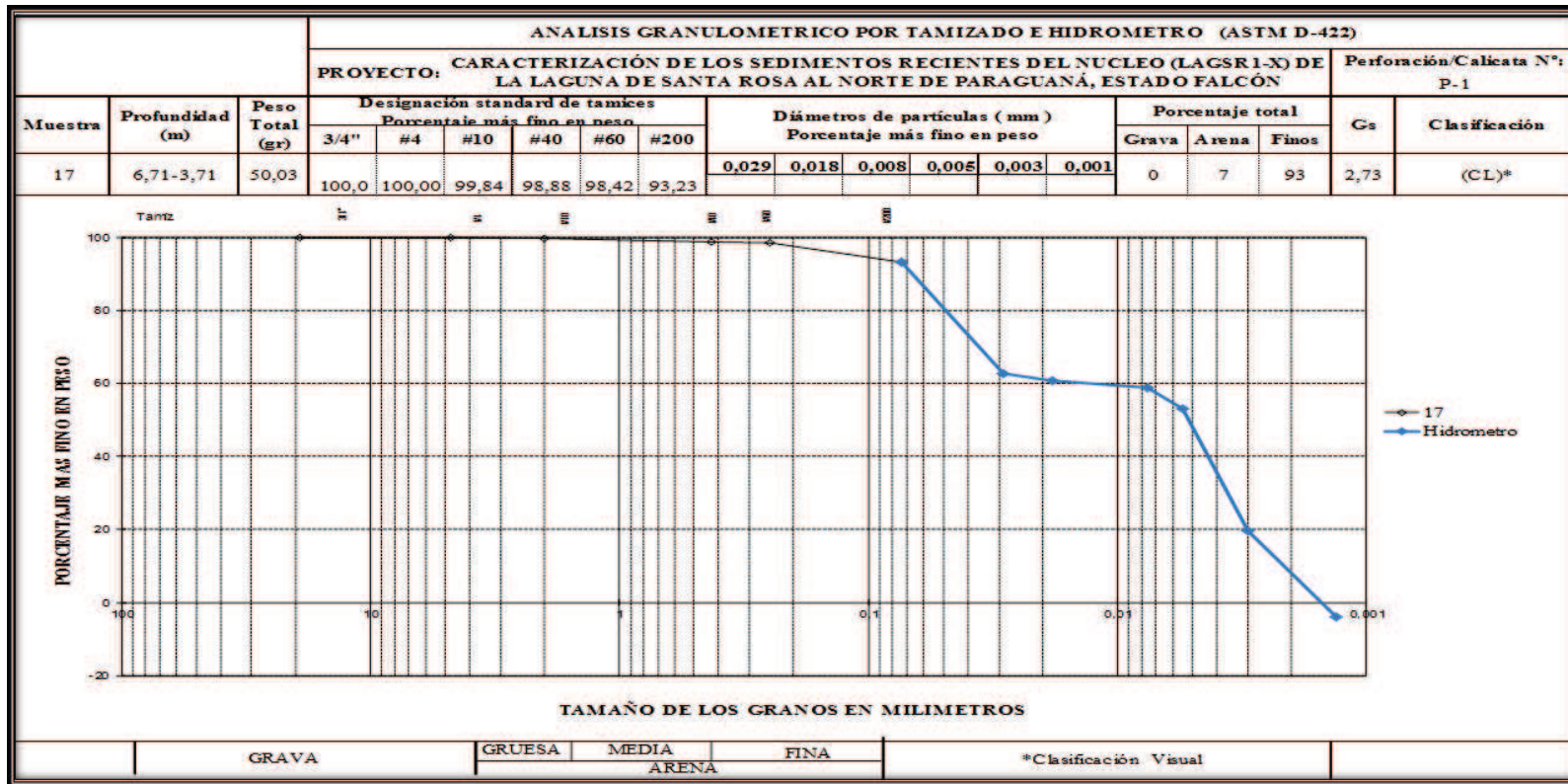


Figura 4.35. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (17) Arcilla de baja plasticidad, marrón amarillento, con yeso y óxido. (CL*)

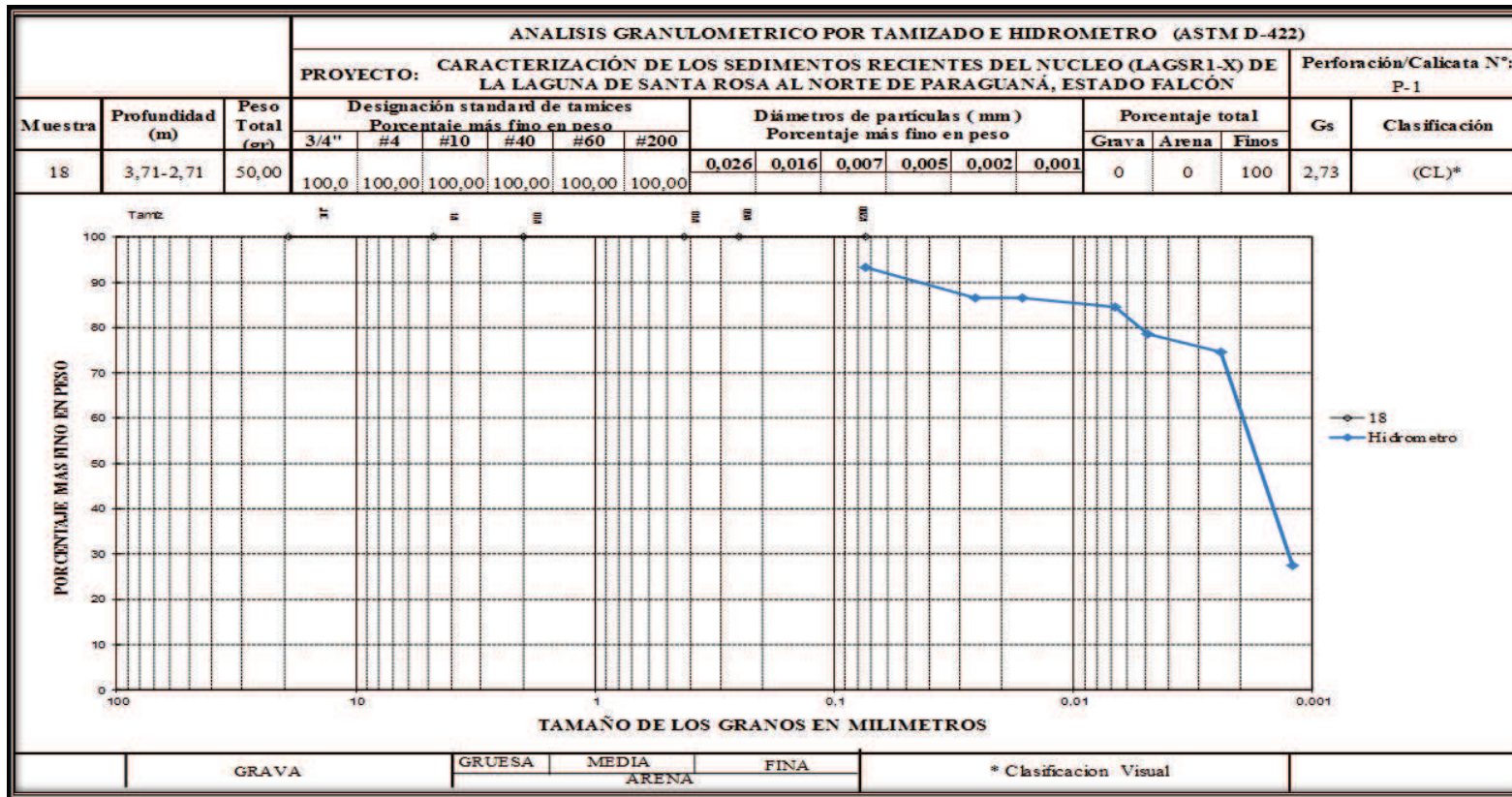


Figura 4.36. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (18) Arcilla de baja plasticidad, marrón amarillento, marrón blanco, con yeso. (CL*)

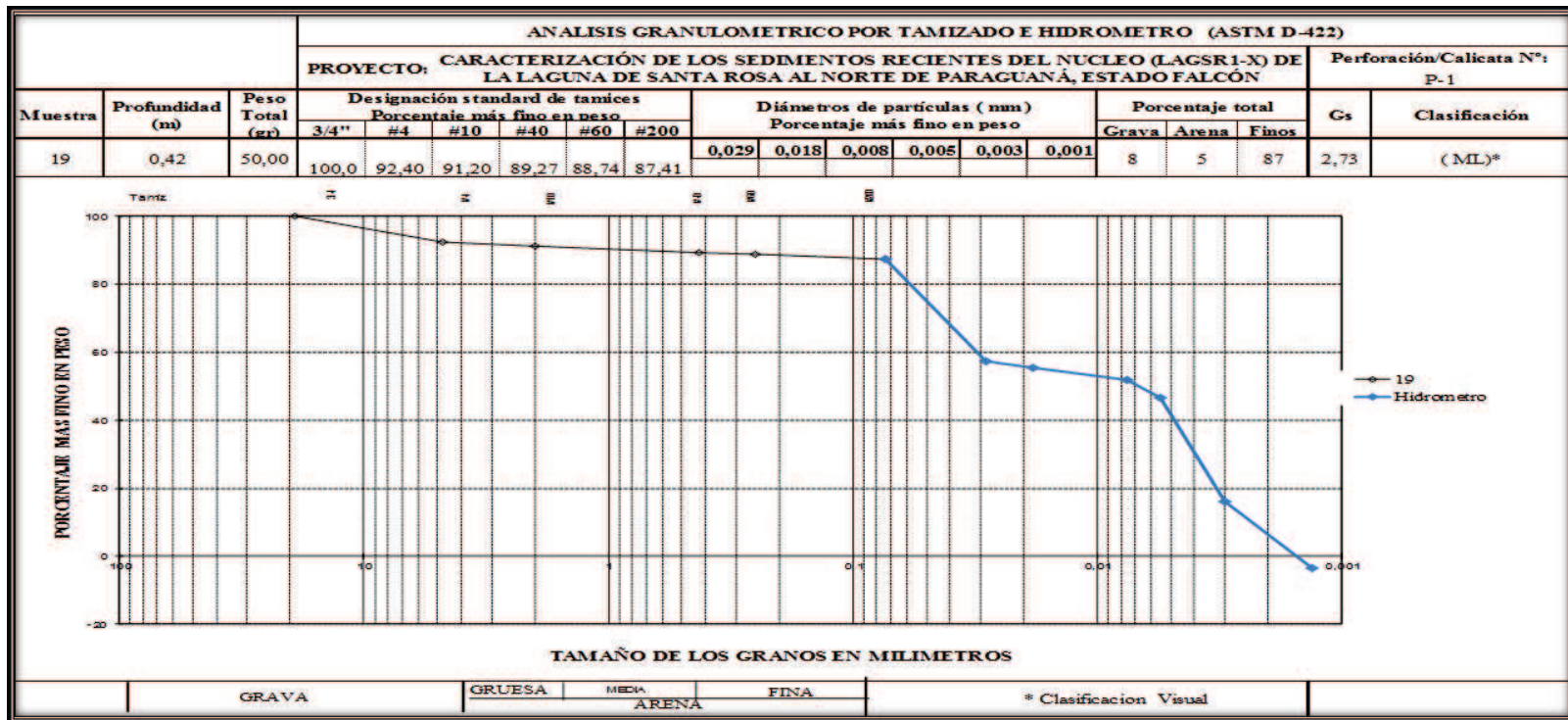


Figura 4.37. Análisis granulométrico por tamizado e hidrómetro según la norma (ASTM D-422) Muestra (19) Limo de baja plasticidad, moteada, marrón amarillento, marrón, gris claro con abundante yeso hasta de 3mm de espesor. (ML*)

4.4 ELABORACIÓN DE SECCIÓN FINA

Para la elaboración de sección delgada y análisis petrográfico se obtuvo los siguientes resultados a detalles de dos muestras identificadas con la siguiente nomenclatura: Muestra de roca 1 (MR1) y Muestra de roca MR2.

4.4.1 Descripción petrográfica de sección fina delgada Muestra De Roca1 (Mr1).

Tipo de roca: Sedimentaria

Localidad: Laguna de Santa Rosa

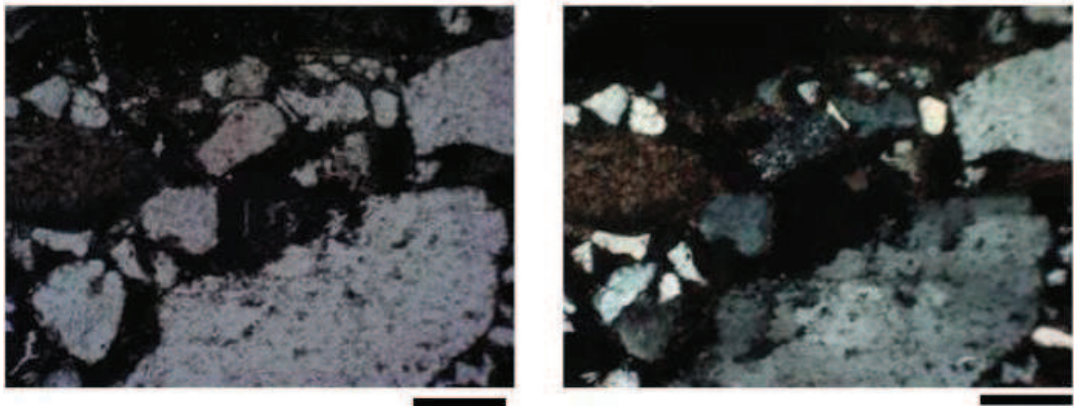
Nombre de la roca: Conglomerado heterolítico (polimíctico) con soporte calcáreo, figura, (4.38).

4.4.2 Descripción macroscópica de muestra de mano:

Roca marrón ocre, ilustrada en la figura (4.38), con fragmentos de granos mayores a 3 mm soportados en una matriz calcárea. Los granos muestran una incipiente imbricación y se observan de sub-angulosos a sub-redondeados, Fragmentos de extraclasto calcáreo (equinodermo). Existe una porosidad inter partícula, probablemente como consecuencia de la disolución de la matriz carbónica.



Figura 4.38 Descripción macroscópica de muestra de mano. (Conglomerado)



(a) 0.5mm (b) 0.5mm
Figura 4.39. Fotomicrografía muestra de roca (MR2) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Fragmentos de granos sub-redondeados a sub-angulosos.

4.4.3 Descripción microscópica de sección delgada:

Conglomerado con granos de clastos soportados en matriz calcárea (diamictita polimíctica, figura 4.39). Y en la tabla 4.20. Se puede observar análisis modal en base a los 1000 puntos de conteo.

Tabla 4.20. Análisis Modal (base en 1000 puntos de conteo)

COMPONENTES IDENTIFICADOS	PORCENTAJE (conteo en base a 1000 puntos)
Fragmentos líticos sedimentarios (chert, lutitas, areniscas cuarzosas)	43,30%
Fragmentos líticos metamórficos (cuarzo policristalinos con extinción ondulatoria)	18,60%
Extraclastos carbónaticos	12,40%
Matriz micrítica	15,40%
Porosidad	8,30%

Los granos se encuentran constituidos por fragmentos de rocas sedimentarias (figura 4.40) y metamórfica figura (4.41).

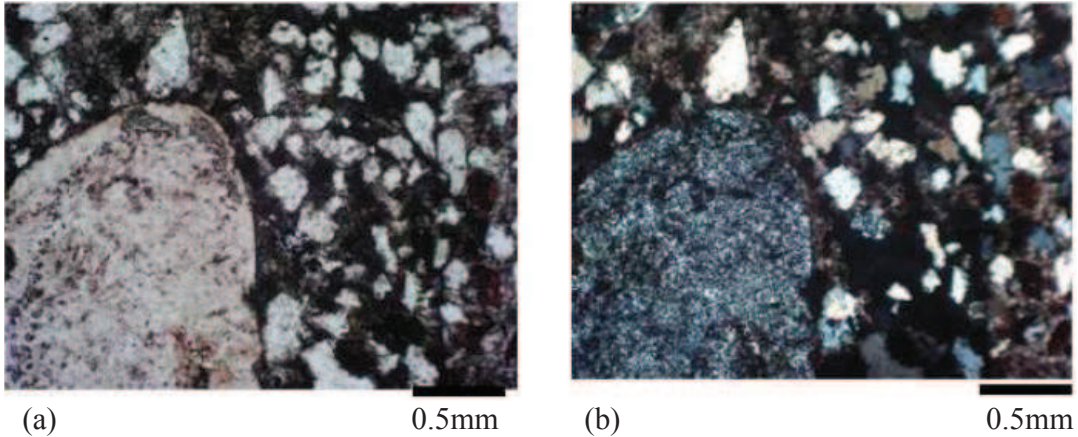


Figura 4.40. Fotomicrografía muestra de roca (M2) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Granos líticos sedimentarios embebidos en matriz carbonatico.

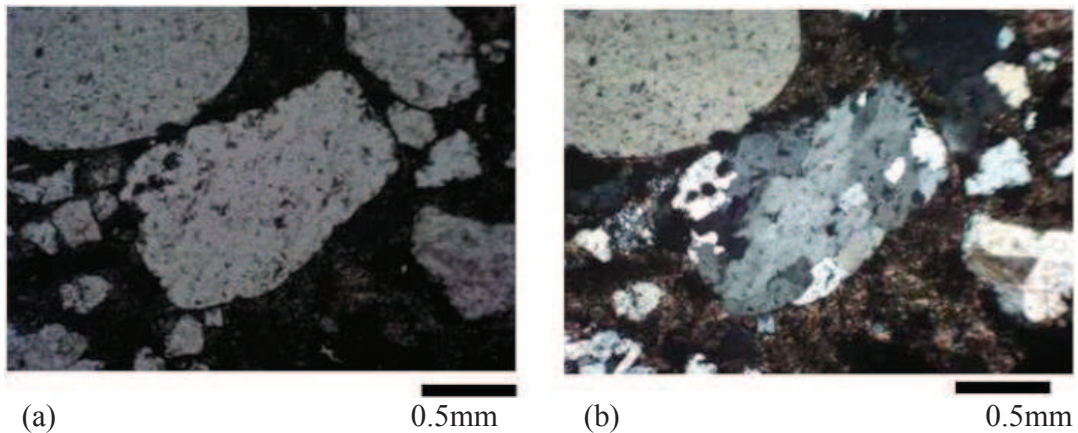


Figura 4.41. Fotomicrografía muestra de roca (MR2) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 10X. Granos de cuarzo mono y policristalino.

Principalmente y algunos restos de extraclastos calcáreos (equinodermos Figura 4.42). El tamaño de los granos se presenta en un intervalo de 2,5 mm a 5,0mm. En la matriz no se observan evidencias de desmicritización. La porosidad es de tipo interpartícula, producto de disolución de la matriz calcárea. Los granos se presentan subredondeados, con una incipiente imbricación.

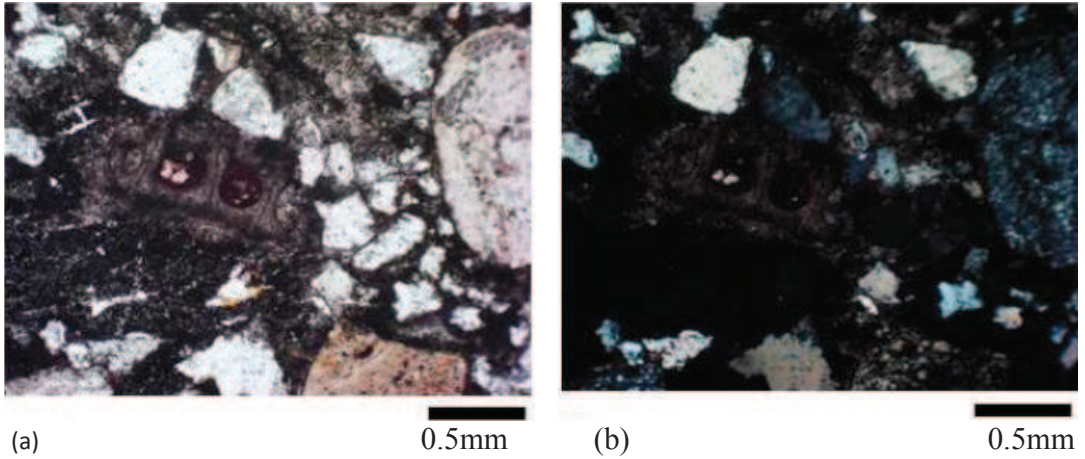


Figura 4.42. Fotomicrografía muestra de roca (MR2) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Fragmentos de extraclasto calcáreo (equinodermo).

4.4.4 Descripción petrográfica de sección fina delgada.

Muestra de roca2 (Mr2).

Tipo de roca: Sedimentaria (figura 4.43)

Localidad: Laguna de Santa Rosa

Nombre de la roca: Caliza tipo Mudstone (Biomicrita).

4.4.5 Descripción macroscópica de muestra de mano.

Núcleo de roca, de color crema (zona fresca) a ocre rojizo (en las zonas meteorizadas). Presenta porosidad, que a primera vista, pareciese de tipo fenestral. Reacción fuerte frente a HCl 10 %. No se observa ningún cristal desarrollado ni otro componente visible. Se presenta masiva, con una incipiente estratificación.



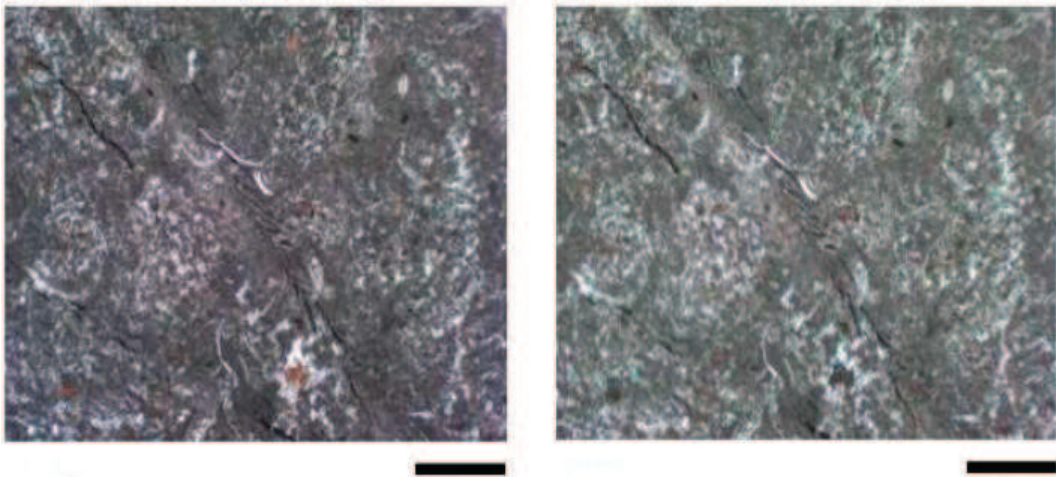
Figura 4.43. Descripción macroscópica de muestra de mano. (Caliza)

4.4.6 Descripción microscópica de sección delgada

Roca con textura masiva, constituida principalmente por lodo carbonático (micrita). La micrita aparece en algunos sitios con textura “grumosa” aunque el 75 % de la matriz se encuentra constituida de micrita homogénea figura (4.44). Y en la tabla (4.21) se pueden observar análisis modal en base a los 1000 puntos de conteo.

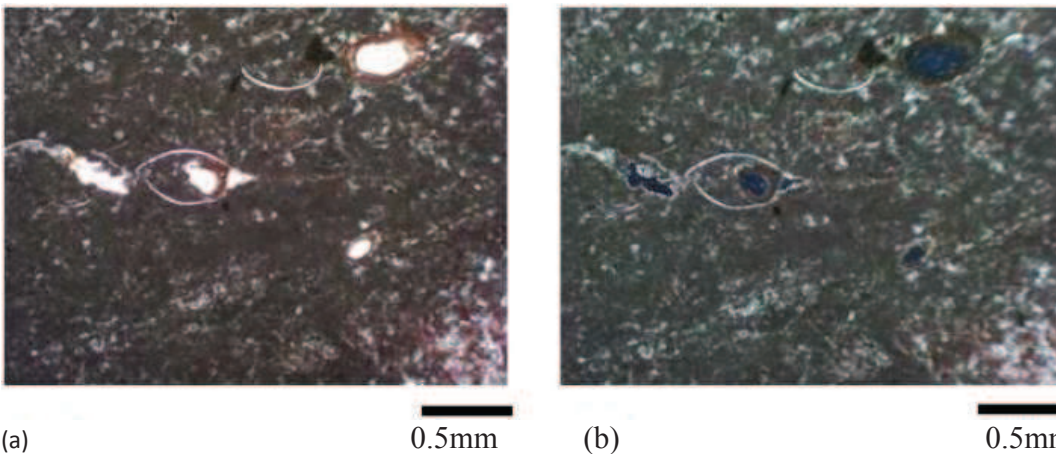
Tabla 4.21. Análisis Modal (base en 1000 puntos de conteo)

COMPONENTES IDENTIFICADOS	PORCENTAJE (conteo en base a 1000 puntos)
Matriz (micrítica)	82,25%
Aloquemos (bivalvos)	6,50%
Porosidad	11,10%
Material colofánico	< 1 %



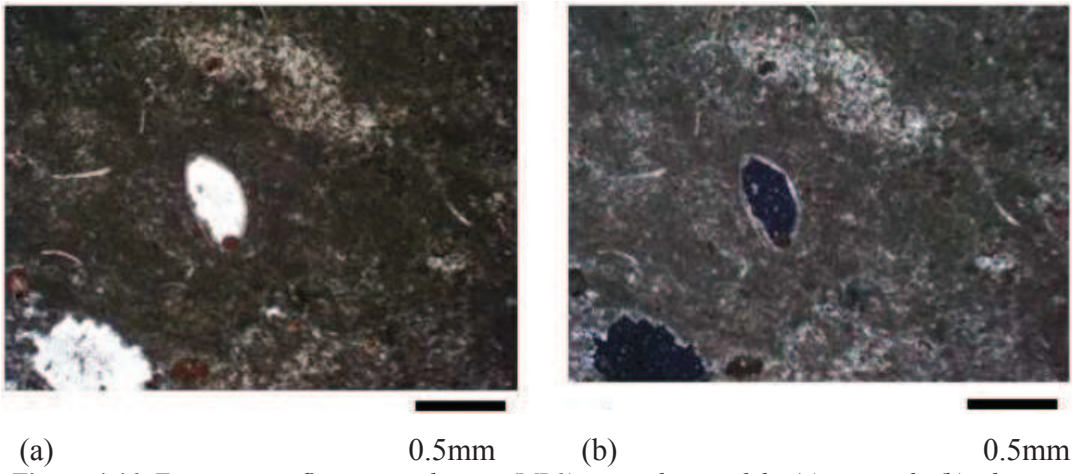
(a) 0.5mm (b) 0.5mm
Figura 4.44. Fotomicrografía muestra de roca (MRI) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Caliza con micrita, con algunas zonas de textura grumosa y restos de aloquemos (conchas de Bivalvos).

Presenta menos de 7% de aloquemos constituidos principalmente por restos de conchas de bivalvos (pelecípodos figura 4.45) con tamaños que varían entre 0,5 mm a 0,1mm.



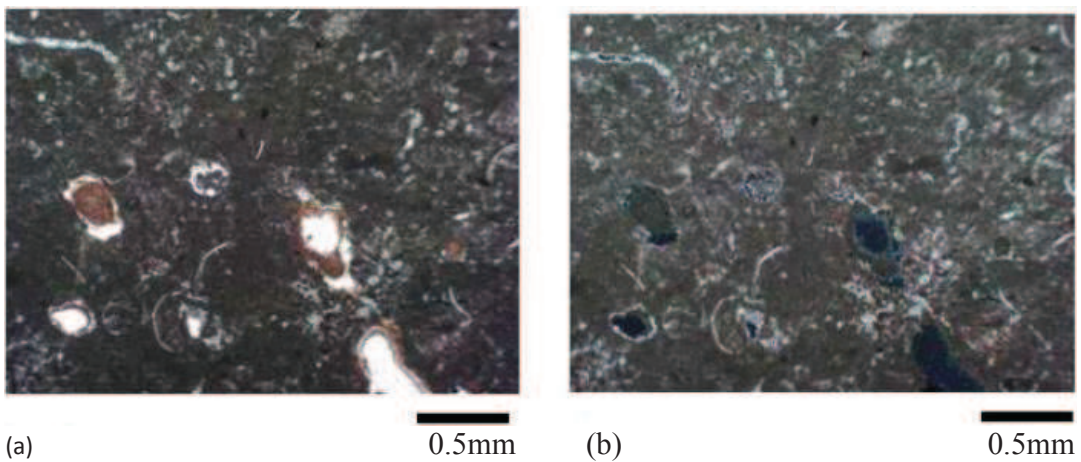
(a) 0.5mm (b) 0.5mm
Figura 4.45. Fotomicrografía muestra de roca (MRI) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Restos de bivalvos (pelecípodos) embebidos en una matriz.

En el microscopio petrográfico se pudo determinar que la porosidad presente es de tipo móldica (por disolución figura 4.46) sin que exista evidencia de porosidad fenestral.



(a) 0.5mm (b) 0.5mm
Figura 4.46. Fotomicrografía muestra de roca (MRI) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Se observa la presencia de porosidad secundaria por disolución (móldica).

Algunos de los granos de aloquemos se encuentran reemplazados por material colofánico (figura 4.47).



(a) 0.5mm (b) 0.5mm
Figura 4.47. Fotomicrografía muestra de roca (MRI) en nicoles paralelos(a) y cruzado (b), objetivo 4x. Material cacofónico (rojizo), relleno los moldes de disolución de los alóquemos.

4.5 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL Y CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE DE LA LAGUNA DE SANTA ROSA

Las Figuras 4.48 y 4.49 ilustran el resultado de los análisis del drenaje de la Península de Paraguaná y de la Laguna de Santa Rosa, se puede observar en estas figuras que a lo largo de toda la Península hay 3 controles estructurales importantes, hacia el sur, donde todos los drenajes van siguiendo la dirección de buzamiento de las capas, es decir son consecuentes. De éstos drenajes con orientación hacia el sur, llama la atención el comportamiento de la Quebrada Cayude, denotada por la elipse de color rojo en la Figura 4.49, esta quebrada nace en el Cerro Santa Ana y desemboca en el Golfete de Coro, como es una quebrada que captura otros drenajes menores que vienen del mismo cerro, tiene un mayor poder de incisión sobre las capas que buzando hacia el sur. En la parte media de la Península donde se encuentra el Cerro Santa Ana, la mayor topografía de la zona, se observa que está dividida en dos áreas, la parte norte que drena en forma radial, y la parte sur que drenaría también hacia el sur de la Península. Hacia la parte nor-oeste de este sector existe un control estructural sobre el drenaje. Por último hacia el norte, estaría la Laguna de Santa Rosa, la cual recibe quebradas del Cerro Santa Ana, se observa en esta zona que los drenajes de este a oeste parecieran estar escalonados, lo que corrobora un posible control estructural por fallas en los bordes de la laguna.

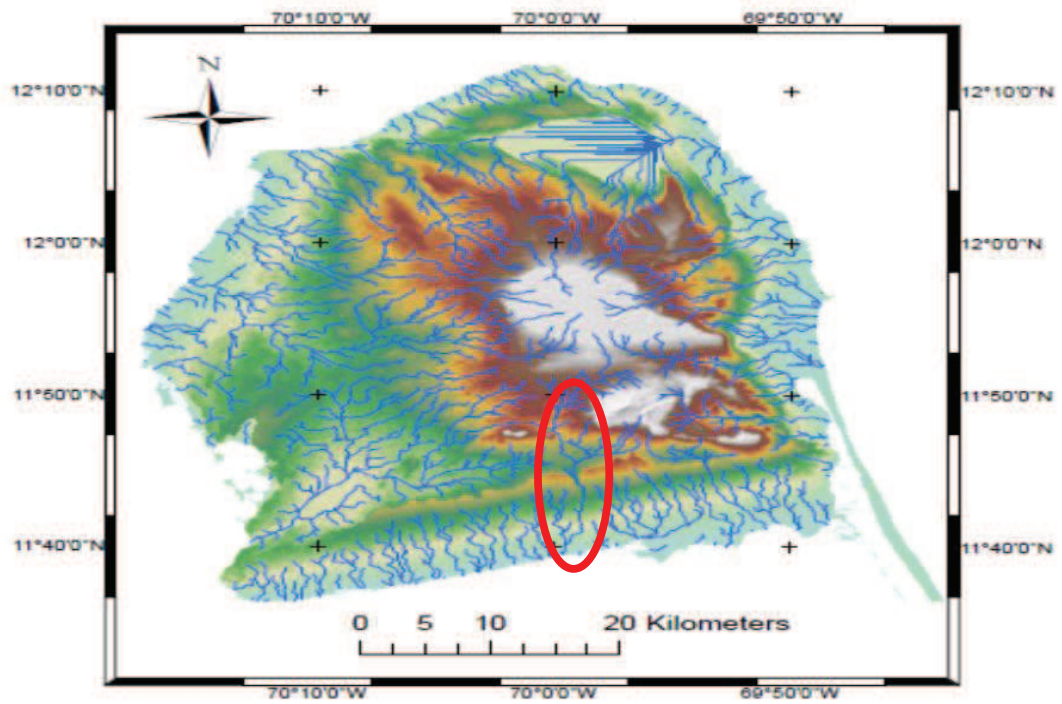


Figura 4.48 Modelo de elevación digital y red de drenajes calculada con ArcGIS 10.0. Resultado de los análisis del drenaje de la Península de Paraguaná y de la Laguna de Santa Rosa.

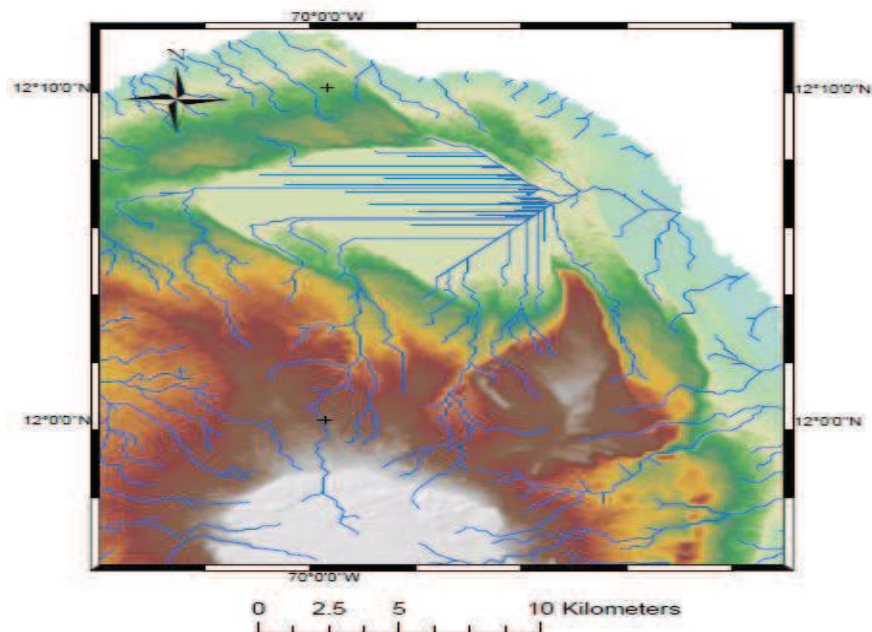


Figura 4.49 Modelo de elevación digital y red de drenajes calculada con ArcGIS 10.0. Resultados de los análisis del drenaje de la Laguna de Santa Rosa, estado Falcón.

4.6 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

En la columna estratigráfica (ver Anexo1) de base a tope se observa como basamento un conglomerado denotado como MR1 que posee características similares al Conglomerado El Alto, se observan que los clastos de cuarzo son diferentes, básicamente se distinguen dos tipos los monocristalinos y los policristalinos bien redondeados, lo cual indica dos posibles fuentes de sedimentos, una el Cerro de Santa Ana, y otro constituido por el material retrabajado de las formaciones sedimentarias circundantes al Cerro Santa Ana. Posteriormente, en contacto abrupto se encuentra una caliza denotada como MR2 con condiciones de porosidad diferentes entre la base y el tope de esta caliza. Posteriormente las muestras entre M1 a M9 son arcillas limosas con una mayor proporción de arenas de grano fino, poseen fragmentos de conchas y procesos de óxido reducción, lo cual indicaría que la laguna ha llegado a secarse completamente en diversos períodos, esto podría explicar la esterilidad de contenido palinológico en las muestras, ya que este tipo de material no resiste los cambios de sequía. En el intervalo constituido por las muestras M11 a M18 se observó que el núcleo es bastante homogéneo con menor presencia de ambientes óxido reductores, y un aumento en la presencia de vetas de calcita, yeso y fragmentos mínimos de roca. Estas vetas podrían indicar el incremento de los procesos geoquímicos en la laguna. Finalmente en el tope de la columna se observaron gravas de granos finos a medio que constituyen parte del material transportado por las quebradas modernas, y de material retrabajado de las formaciones sedimentarias y de las superficies de abrasión circundantes.

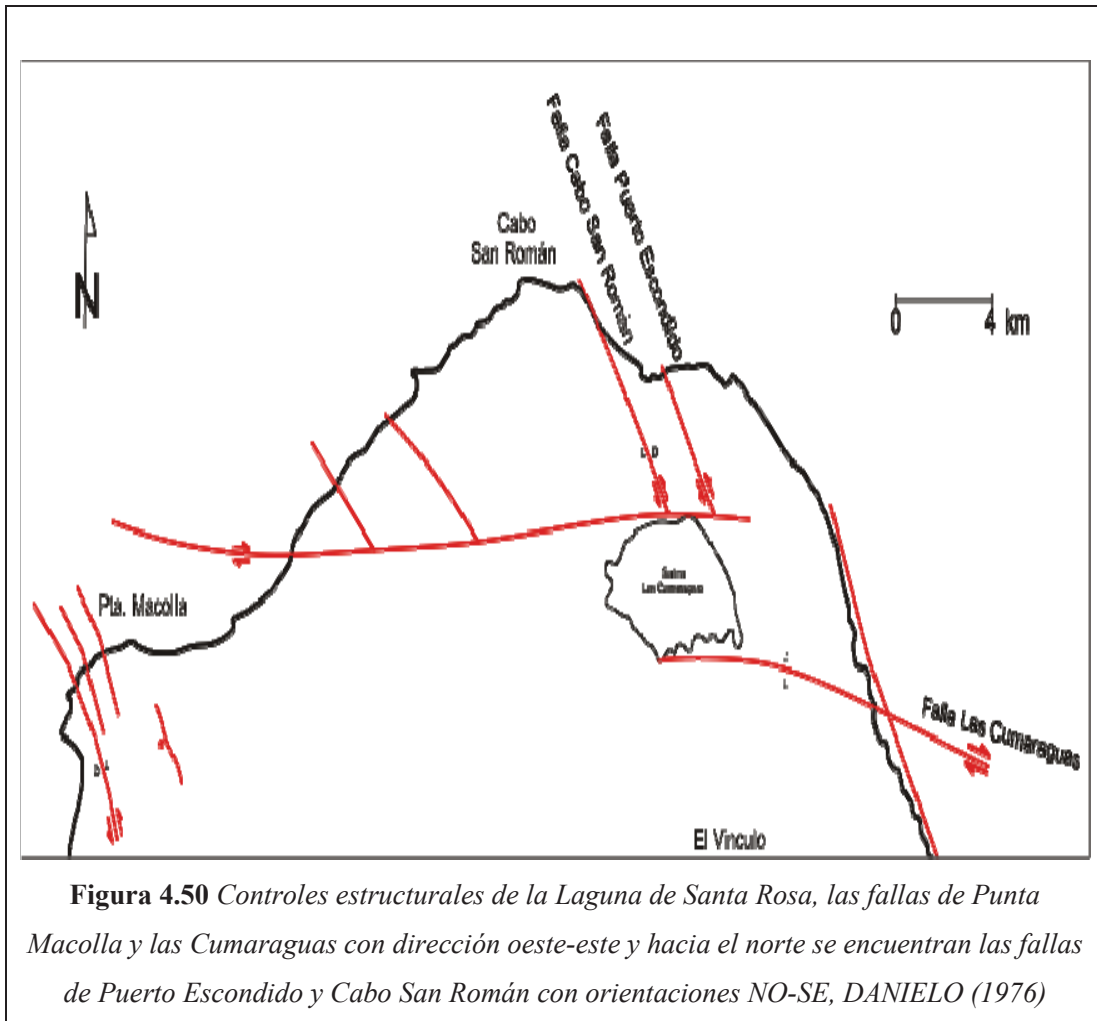


Figura 4.50 Controles estructurales de la Laguna de Santa Rosa, las fallas de Punta Macolla y las Cumaraguas con dirección oeste-este y hacia el norte se encuentran las fallas de Puerto Escondido y Cabo San Román con orientaciones NO-SE, DANIELO (1976)

Observando las Figuras 4.49 y 4.50 se discriminan controles estructurales de la Laguna de Santa Rosa, las fallas de Punta Macolla y las Cumaraguas con dirección oeste-este son fallas rumbo-deslizantes con componentes destrales que fueron reactivadas durante alguna época en el Plioceno, así la laguna podría comportarse como una cuenca pull-apart, que ha sufrido diferentes períodos de subsidencia desde el Plioceno al reciente. Hacia el norte se encuentran las fallas de Puerto Escondido y Cabo San Román con orientaciones NO-SE, lo cual pareciera no influir sobre los patrones de depositación de la laguna.

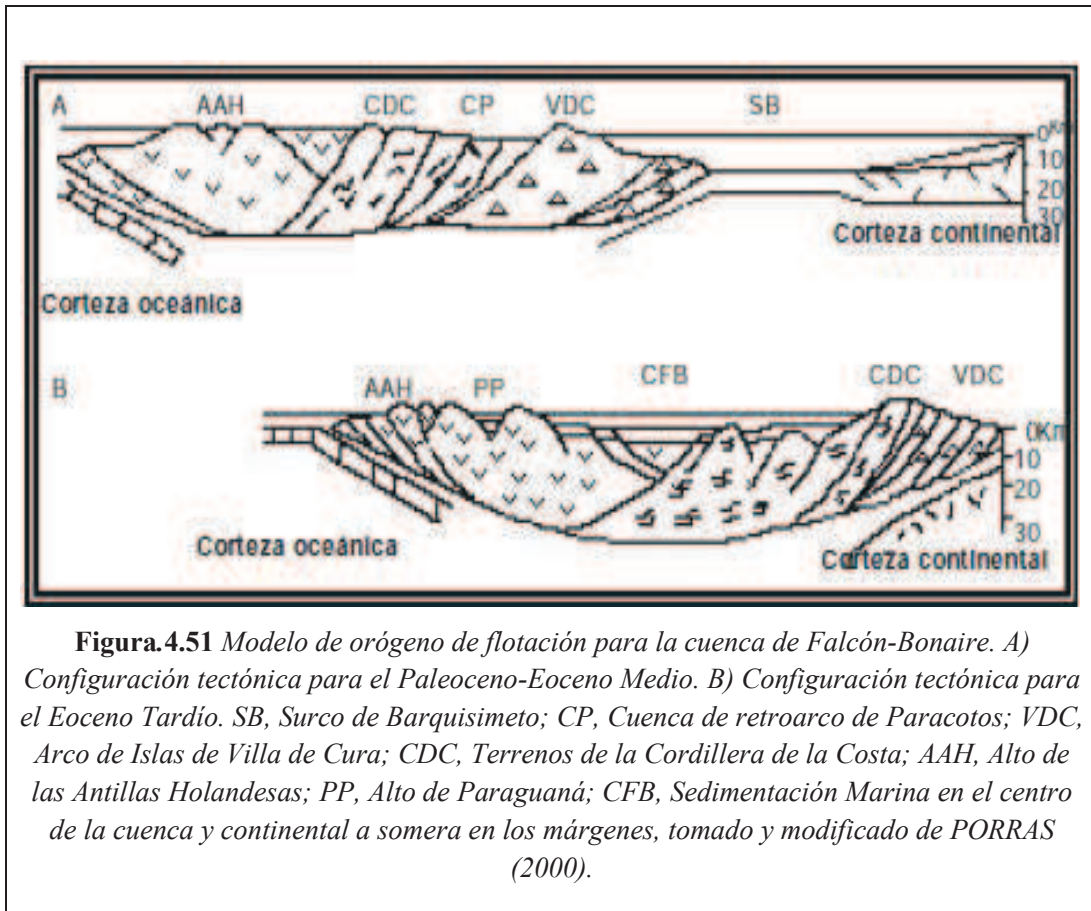


Figura.4.51 Modelo de orógeno de flotación para la cuenca de Falcón-Bonaire. A) Configuración tectónica para el Paleoceno-Eoceno Medio. B) Configuración tectónica para el Eoceno Tardío. SB, Surco de Barquisimeto; CP, Cuenca de retroarco de Paracotos; VDC, Arco de Islas de Villa de Cura; CDC, Terrenos de la Cordillera de la Costa; AAH, Alto de las Antillas Holandesas; PP, Alto de Paraguaná; CFB, Sedimentación Marina en el centro de la cuenca y continental a somera en los márgenes, tomado y modificado de PORRAS (2000).

El sistema “Pull-apart” (Figura 4.51), podría explicar perfectamente la razón por la cual el conglomerado que constituye el basamento de la laguna se encuentra por debajo de los niveles normales de otros conglomerados aflorantes en la zona (Conglomerado El Alto). No se pudo correlacionar la secuencia del núcleo extraído con otros sectores de cuenca de Falcón, por ejemplo como la columna estratigráfica del Conglomerado El Alto (figura 4.52), reportada por REY (1996), debido a la existencia de la caliza sobre el basamento, y por la pérdida de sedimentos del Holoceno al presente en otros sectores. Existen áreas a lo largo de la península donde la caliza se encuentra por debajo del conglomerado y en la laguna de Santa Rosa esta relación es inversa, deben emplearse métodos de datación para poder identificar el orden de las secuencias estratigráficas y realizar la correlación.

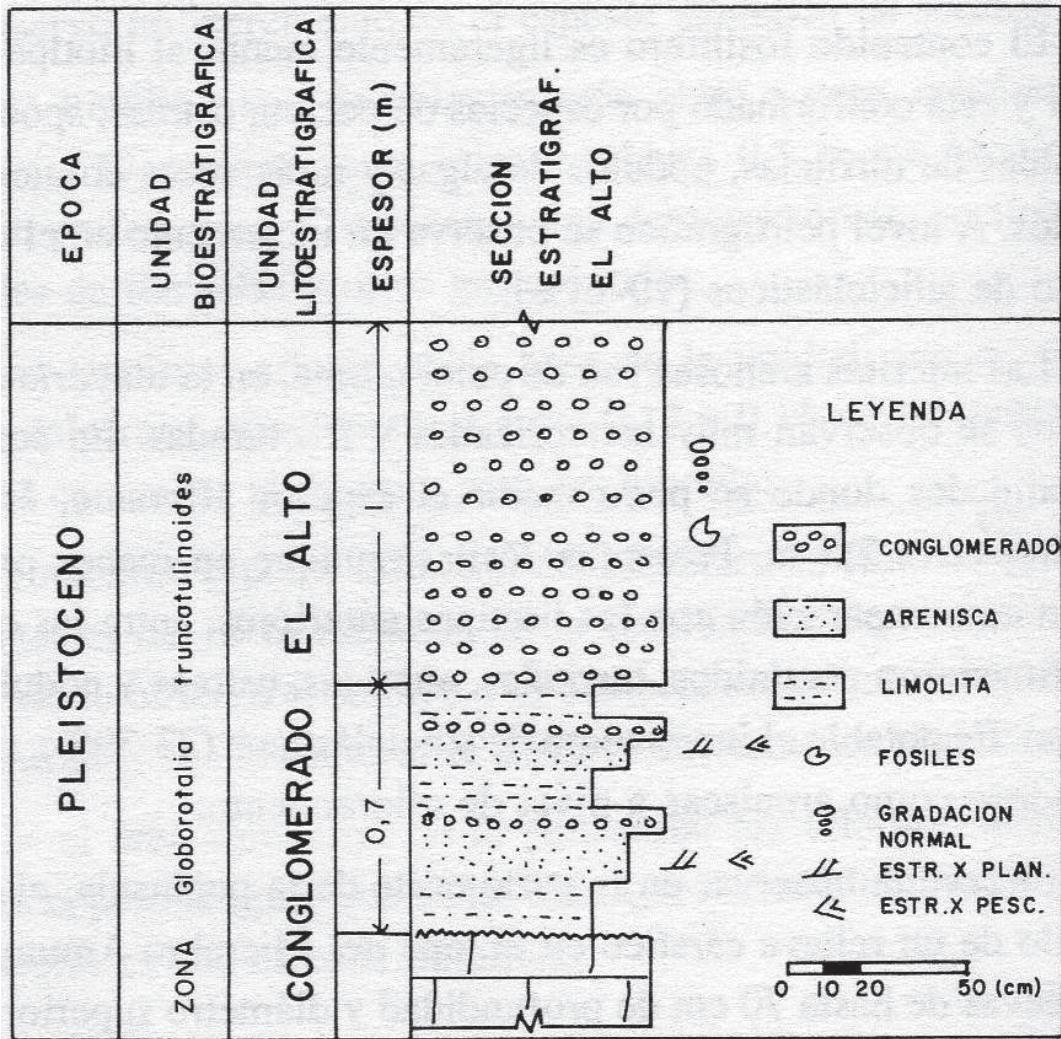


FIGURA. 4.52 Columna estratigráfica de la Formación Paraganá (Cerro Pelón) REY (1996).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Al culminar este trabajo se puede concluir que:

- 1) De base a tope el núcleo se caracteriza por un basamento constituido por una caliza, con intercalaciones de arenisca-limo lo cual sugiere que a lo largo del tiempo han existido cambios en el patrón de depositación de la laguna.
- 2) Los niveles más profundos (muestras M1 a M9) poseen un alto porcentaje de material carbonático, lo que indicaría que en esos sectores la depositación es afectada por procesos bioquímicos y ambientes óxido-reductores, respectivamente.
- 3) Niveles intermedios del núcleo poseen alto contenido de granos de cuarzo sub-angulosos lo que indicaría que el material posee poco retrabajo y que proviene del cerro de Santa Ana, Mesa de Cocodite y el cerro de Monte Cano.
- 4) En las muestras M11 a M18 se observan vetas de calcita y yeso, lo que indica un proceso geoquímico importante.
- 5) En cuanto a la clasificación del tipo de suelo la mayoría de los análisis sugieren una variación de limo a arcilla de baja plasticidad.
- 6) La laguna de Santa Rosa es una cuenca endorreica que aparentemente no posee ningún tipo de salida al mar, sin embargo, el análisis digital del terreno y el drenaje derivado del mismo indicaría que en ciertas ocasiones la laguna tiende a colapsarse por lo que ocurre una ruptura y una sedimentación hacia el sector noreste, sin

embargo, el modelo digital del terreno no tiene la suficiente resolución para discriminar colapso de la laguna. Adicionalmente, la laguna está controlada por importantes estructuras (fallas) que delinear su forma, esta laguna posiblemente controlada por sistemas rumbo deslizantes dextrales se comporta como una cuenca “pull-apart” a partir del Plioceno al reciente. El conglomerado que conforma el basamento de la laguna posiblemente sea correlacionable con el Conglomerado El Alto, la posterior subsidencia controlada por los esfuerzos transtensivos hace que el conglomerado descienda y sobre este se depositen sedimentos más recientes.

7) Los cambios e incrementos en los niveles de óxido-reducción indicarían que la laguna podría tener períodos de extensa sequía durante el Cuaternario, esto podría explicar porque la palinología resulto estéril a lo largo de todo el núcleo.

8) Contar con una descripción detallada desde el Pleistoceno al reciente en un núcleo de la laguna de Santa Rosa constituye un aporte del presente Trabajo Especial de Grado.

RECOMENDACIONES

Es importante para futuras investigaciones realizar más perforaciones, extracciones de núcleo y caracterización de los mismos, de forma tal que las diferentes unidades puedan ser extrapoladas a lo largo de la laguna. También sería importante emplear sondas para la adquisición de registros a lo largo de los diferentes núcleos de forma tal que las unidades puedan ser extrapoladas siguiendo algún tipo de control. La datación de la materia orgánica por vía de palinología es importante, por lo que debe hacerse un esfuerzo por recolectar muestras a lo largo de la laguna.

Resulta realmente importante, caracterizar el drenaje y ubicar los ciclos de rupturas de la laguna a lo largo del tiempo, durante esos ciclos pareciera incrementarse los procesos biogeoquímicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA S., O. A. (1993). Ictiofauna neogena del noroeste de Venezuela y su relación con el paleo-Orinoco y el paleo-Caribe, *Tesis de Doctorado, Universidad Central de Venezuela*, 136 p., Inédito.
- ALVAREZ. F. (1983). Atlas Climatológico de Venezuela 1951-1970. Caracas. 300 p.
- AUDEMARD F. (1996). Late quaternary marine deposit of the Paraguaná Península, state Falcón, northwestern Venezuela: Preliminary geological observations and neotectonic implication. *Quaternary International* 31: 5-11.
- AUDEMARD. F. (1997) Tectónica activa de la región septentrional de la cuenca invertida de Falcón, Venezuela Occidental. Memoria del VIII Congreso Geológico Venezolano, Soc. Venezolana de Geól. – Tomo I – pág. 93-100.
- BLASER, R. A. & N. DUSENBURY JR., 1960. Guidebook to the geology of Toas, San Carlos and Zapara island. *Soc. Geol. Ven. Occid.*, Maracaibo, Guidebook N° 2.
- BERROTERÁN, L. & ZIRITT. F. (2004). Interpretación estructural y restauración de secciones de un transecto ubicado entre los poblados Purureche, estado Falcón y Baragua, estado Lara. UCV - TEG.
- BEZADA, M. & SCHUBERT, C. (1987). Cronología Cuaternaria en Venezuela, algunos problemas metodológicos y pedológicos. *Acta Científica Venezolana*, 38. 1-
- BIRKELAND, P. (1999). *Soils and Geomorphology*, 3rd ed. Oxford University Press.
- BOESI. T. & GODDARD, D. (1991). A new geologic model related to the distribution of hydrocarbon source rocks in the Falcon Basin, Northwestern Venezuela, en K.T. BIDDLE (ed) *Active Margin Basins*. Am. Assoc. Petrol. Geol., *Mem.* 52: 303-319.
- BOLLI, H. M. Y P. J. BERMÚDEZ, (1965). Zonation based on planktonic foraminifera of Middle Miocene to Pliocene warm-water sediments, *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol.*, *Bol. Inf.*, 8(5): 119-149.

- BOLLI, H. M., (1966). Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic foraminifera. *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol.*, Bol. Inform. 9(1): 3-32.
- BLOW, W.H. (1969). *Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy. Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*. Geneva. (1967), I, 199 p.
- COMERMA, J. (1971). La Aproximación y los Suelos Venezolanos. *Agronomía Tropical* 21(5): 365-377.
- CORRALES, I. et al. (1977). *Estratigrafía*. Editorial Rueda, Madrid: 718 p.
- DANIELO A. (1976). Formes et depots littoraux de la cote septentrionale de Venezuela. *Annales de Geographie*. Armand Colin, Librairie, societe de geographie, Paris. 85(467):68-97.
- DEWEY, J. F & PINDELL, J. L. (1985). Neogene block tectonic of eastern South America Continental applications of the difference method. *Tectonics*, 4 (1): 71-83.
- DÍAZ, M. (2001). Ecología experimental, ecofisiología: bases para el uso sostenible de los recursos naturales de las zonas áridas neotropicales. *hitercienci*. 26(101): 472-478.
- DÍAZ DE GAMERO, M. L., (1974). Microfauna y edad de la Formación Cantaure, Península de Paraguaná, Venezuela, *Bol. Inf. A.V.G.M.P.*, 17: 41-47.
- DÍAZ DE GAMERO, M. L., (1985). Microfauna y edad de la Formación Cantaure, Península de Paraguaná, Estado Falcón. *Asoc. Ven. Geol. Min y Geofísica*. 22: 3-60.
- DÍAZ DE GAMERO, M. L. (1989). El Mioceno Temprano y Medio de Falcón Septentrional, Jornadas 50 Aniversario Escuela de Geología, Minas y Geofísica, *Geos* 29: 25-35.
- DÍAZ MOLINA, M. (1984). Ciclo de seminarios de sedimentología. I.G.M.E.
- ESTEVEZ, J. A. & PADRÓN, V. (1996). Nuevas especies de gasterópodos de la Formación Cantaure, Península de Paraguaná (Resumen), *Acta Cient. Venez.*, 47, supl. 1: 301.

- EWEL J., MADRÍZ A., & TOSI J. (1965). Mapa Ecológico de la República Bolivariana de Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas.
- FEO-CODECIDO, G., (1954). Notas petrológicas sobre formaciones que afloran en la región de El Baúl, Estado Cojedes. *Bol. Geol.*, Caracas, 3(8).
- FEO-CODECIDO, G., (1963). Notes to accompany the Venezuelan contribution to the edition of a world geological map, scale 1:5.000.000. *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol.*, Bol. Inform., 6(10).
- FEO-CODECIDO, G. (1971). Geología y Recursos Naturales de la Península de Paraguaná. Venezuela. Simposium on Investigations and Resources of the Caribbean
- FEO-CODECIDO, G. C. MARTÍN & P. BARTOK, (1974). Excursión geológica a la Península de Paraguaná, *A.V.G.M.P.*, Guía de excursión, 23 p.
- FOGHIN, P. (2002). Tiempo y clima en Venezuela. Caracas: Colección Magistral I.P.M. José Manuel Siso Martínez.
- FOLK & WARD. (1969). Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Pub. Co. Austin. Texas. 182 p.
- FRIEDMAN & SANDERS, (1978). Principles of Sedimentology. New York, John Wiley, 792 p.
- GIBSON-SMITH, J., GIBSON, W. & SMIT. (1974). The Genus *Strombina* in Venezuela, with description of a new Recent and some fossil species, *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol.*, Bol. Inform. 17(4-6): 49-85.
- GODDARD, D. & PICARD X. (1976). Roca de playa en la costa entre Cabo Codera y Cabo San Román (Paraguaná) y en algunas islas de Venezuela. *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol.*, *Bol. Inform.*, 9(1):14-20.
- GONZÁLEZ DE JUANA, C., J. ITURRALDE, & PICARD, (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*, 1a Ed., Caracas, Foninves 1: 415-1031.
- HEA, J. P. & A. B. WHITMAN, (1960). Estratigrafía y petrología de los sedimentos precretácicos de la parte norte-central de la Sierra de Perijá, Estado Zulia, Venezuela. *III Cong. Geol. Venez.*, Caracas (1959), Mem., I.

- HUECT, K. (1960). Mapa de la vegetación de la República de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Mérida.
- HUNTER, V. & BARTOK, P. (1974). The age and correlation of the Tertiary sediments of the Paraguaná Península, Venezuela. *Bol. Inf. A. V. G. M. P.*, 17: 143-154.
- INGRAM, W. M. (1947). New fossil Cypraeidae from Venezuela and Colombia, *Bull. Amer. Paleont.*, 31(121): 1-12.
- JUNG, P. (1965). Miocene mollusca from the Paraguaná Península, Venezuela. *Bull. Amer. Paleont.*, 49(223): 389-652. Resumen (1965) en: *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról.*, *Bol. Inform.* 8(11): 330.
- KARSTEN, H. (1859). Über die geognostischen Verhältnisse des Westlichen Columbien, der hentigen Republiken Neu-Granada und Equador. 32nd Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wien im September 1859, Antlicher Bericht. 1:80-117.
- KELLOG, J. (1984). Cenozoic Tectonic history of the Sierra de Perija, Venezuela-Colombia, and adjacent basins. *Geo. Soc. Am. Mem.* 162: 239-261.
- LASSER, T. & VARESCHI, W. (1957). La Vegetación de los Médanos de Coro. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*. Tomo XVII, N' 87: 221-27; 2. Caracas.
- LEMUS, JIMÉNEZ, L. & RAMÍREZ, N. (2002). Fenología reproductiva en tres tipos de vegetación de la planicie costera de la Península de Paraguaná, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*. 53: 266-278.
- MACDONALD, W. D. (1968). Estratigrafía, estructura y metamorfismo de las rocas del Jurásico Superior, Península de Paraguaná, Venezuela. *Bol. Geol.*, 9(18): 441-457.
- MARTÍN BELLIZZIA, C. (1961). Geología del macizo de El Baúl, Estado Cojedes. *III Cong. Geol. Venez.*, Caracas, 1959, Mem., IV.

- MATTEUCCI, S. COLMA, A. & PLAS, L, (1982). Análisis ecológico regional del estado Falcón. *Acta Científica Venezolana*. 33: 78-87.
- MAYER, L. (1990). *Introduction to Quantitative Geomorphology: an exercise manual*. Englewoold Cliffs NJ, Prentice Hall, 380p.
- MARTELO, T. (2004). Consecuencias ambientales generales del Cambio Climático en Venezuela. Primera comunicación nacional en Cambio Climático en Venezuela. Proyecto MARN-PNUD VEN/00/G31.
- MASCLE, A; P Tremolieres. & M.H. Wozniak. (1985) Neogene Comprisional events on the nort Venezuela margin. *Proceeidings IV latinoamerican Geological Congress*. Trinidad and Tobago. 1979, vol. II:883-890.
- MENDI & RODRIGUEZ (2005) Integración Geológica de la Península de Paraguaná Estado Falcón. U.C.V, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas Y Geofísica. Trabajo Especial de Grado Para Optar al Título de Ingeniero Geólogo, Inédito, 202 p.
- MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS, (1970). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, 2da. Edición, *Bol. Geol. Public. Espec.* (4): 756.
- MUESSIG, K. (1984). Structure and Cenozoico tectonic of the falcon Basin, Venezuela, and adjacent áreas. *Geol. Soc. am. Mem.* 162: 217-230.
- MORALES, P. (1975). *Manual de sedimentología (Métodos para estudios de los sedimentos no consolidados)*.
- MOORE, I. et, al. (1991). Modelo de terreno digital, una revisión de las aplicaciones hidrológicas, geomorfológicas y ecológicas. *Procesos* 5:3-30, p.
- OLDOW, J.; BALLY, A.; AVE LALLEMANT, H. (1990). Transpression, orogenic float, and lithospheric balance. *Geology*, Vol. 18, No. 11, p. 991-994
- PÉREZ, R. (1967). Recursos de Agua subterráneas, Península de Paraguaná, Estado Falcón. *Asoc. Venez. Geol., Min y Petrol. Bol. Inform.*, 2(1): 35-56.

- PORRAS, L. (2000). Evolución tectónica y estilos estructurales de la región costa afuera de las cuencas de Falcón y Bonaire. VII Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas. Caracas. Tomo I. 279-292 p.133
- REY, O, (1996). Estratigrafía de la Península de Paraguaná, Venezuela, *Rev. Fac. Ingeniería*, 11(1): 35-45.
- RODRÍGUEZ, S. E., (1968). Estratigrafía y Paleontología del Mioceno en la Península de Paraguaná, Estado Falcón, *Bol. Inf. A.V.G.M.P.*, 11(5): 127-152.
- TAMAYO, F. (1941). Exploraciones botánicas de la Península de Paraguaná estado Falcón, *Boletín de Sociedad Venezolana de Ciencia Naturales*. 47: 1-90.
- TAMAYO, F. (1981). Biogeografía de Paraguaná. *Acta Macarao- nueva Serie*. 2:17-31.
- THOMAS, D. & W, MACDONALD. (1970). The Cantaure Formation of the Paraguaná Península. *AVGMP. Bol. Inf.*, Caracas, 13(6): 177-179.
- WALTER, H.MEDINA, E. (1971). Caracterización climática de Venezuela sobre las estaciones particulares. *Boletín de la Sociedad venezolana de Ciencia Naturales*. XXXIX: 119, 120: 211-233. Caracas.
- WILSON, P & GALLANT, J. (2000). Chapter I. In Wilson, J.P, and Gallant, J.C. (Eds.). *Terrain Analysis: Principales and Applicatioons*. New York: Wiley. ISBN 0-47-32188-5. Retrieved 2007-02-16: 1-27 p.