

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN
EL MORRO DE LECHERÍA Y LAS ISLAS AL NORTE DE
BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela para
Por el Ing. Caicedo D, Giovani J.
Para optar al Título
Magister Scientiarum en Ciencias Geológicas

Caracas, 2018

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN EL MORRO DE LECHERÍA Y LAS ISLAS AL NORTE DE BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA

Tutor académico: Msc. Prof. Ricardo Alezones Urbani

Co-tutor académico: Msc. Prof. Lenin González Pérez

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela para
Por el Ing. Caicedo D, Giovanni J.
Para optar al Título
Magister Scientiarum en Ciencias Geológicas

Caracas, 2018



VEREDICTO

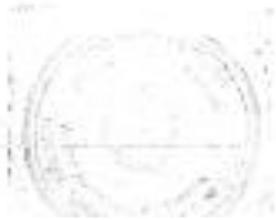
Quiénes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo Especial de Grado presentado por el **ING. GIOVANI CAICEDO**, portador de la Cédula de Identidad No 13.852.233, bajo el título "**ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN EL MORRO DE LECHERÍAS Y LAS ISLAS AL NORTE DE BARCELONA, ESTADO AZOATEGUI**", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de Magister en Ciencias Geológicas; dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 15 de enero de 2018, a las 11:00 a.m., para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo en el salón Zuloaga de la Escuela de Geología, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió aprobarlo, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

Para este veredicto, el Jurado, los profesores M.Sc. Ricardo Alezones, Dr. José Baena y M.Sc. Lenin estimaron que la obra examinada representa en su conjunto un aporte importante. Esta investigación presenta un enfoque novedoso y el jurado por unanimidad le asigna la calificación de "APROBADO".

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los QUINCE (15) días del mes de ENERO del año 2018, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinador del Jurado el M.Sc. Ricardo Alezones.

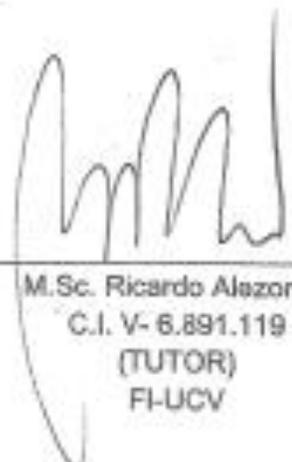




Dr. José Beena
C.I. 6.792.679
(JURADO)
(USB)



M.Sc. Lenin Gonzalez
C.I. 12.259.380
(JURADO)
(FI-UCV)



M.Sc. Ricardo Alazones
C.I. V- 6.891.119
(TUTOR)
FI-UCV

...Dedicado a Dios...

*En el principio ya existía el Verbo,
y el Verbo estaba con Dios, y el Verbo era Dios...*

Juan 1:1

...Dedicado a mi hijo, Abraham Misael Caicedo Nava...

*Por hacerme creer cada día en mí a través de ti,
Mi fuerza y amor...*

...Dedicado a mis padres...

Por el amor puro que cada día me dan...

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que pasan por mi mente en este hermoso camino que es la vida profesional, que en parte es influencia por la vida cotidiana.

Primero y siempre sobre cualquier cosa, a mi excelentísimo y siempre dispuesto mi amigo Dios, eres lo más importante que he tenido en mi vida, me has dado y quitado, pero siempre en el momento oportuno, ese abrazo que se necesita en los momentos más difíciles y esa sonrisa al comenzar cada día, ese refugio ha estado y estará, eternamente agradecido, esto es tuyo mi Dios, todo es para ti, y esto es tuyo, *lo logramos nuevamente mi Dios.*

A la Universidad Central de Venezuela, por ser parte importante en el desarrollo de mis conocimientos y actitudes, la estructura interna y su gente, han hecho de mí una mejor persona, en lo profesional y sobre todo en lo personal, muchas gracias UCV.

Gracias al cuerpo técnico que labora en INGEOMIN, gracias por el apoyo a Lucia Barboza, Leyla Angulo, Gelvis Díaz, Rafael Rodríguez, Siboney Ponce, Luis Lujan, Franklin Alarcón, Nesin Benaim, Nelly Pimentel, Víctor Vivas, Armando Díaz Quinteros, Yamelis Hernández, Gustavo Bravo, Josefina, Señor Víctor Ponce, Emanuel García, y Luz Marina, Gabriela Cantos y Yoana Torres, todos estas personas valiosas y de excelente personalidad. A mis compañeros, Jefferson Colmenares y Roger Sierra, gracias por haberme apoyado, por la paciencia que tuvieron realizando las etapas de campo, procesando los datos, enseñándome técnicas de supervivencia y de procesamientos de datos de campo, muchas gracias por su apoyo invaluable.

A mis profesores, Ricardo Alezones y Lenin González, gracias por haber contribuido a la culminación de esta investigación, sus aportes precisos y de excelente enfoque, espero seguir contando con ustedes. A Morella Mikati, gracias por ser esa persona tan especial.

A Mi hijo, sencillamente Abraham Misael, tu eres el uno-dos que me espera y que lleno ese espacio vacío. Abraham, ocupas gran parte de mi espacio, tu eres esa fuerza que necesito para acabar esos grandes retos que dispongo para mí, porque sencillamente, y como dijo mi padre o tu abuelo... “para ayudar a Abraham, primero ayúdate a ti” ...y esa frase cada día resuena en mi vida, y es por esa razón que estando contigo, jamás me cansare. Te amo mi pequeño gigante, mi viejito, mi Abraham Misael Caicedo Nava.

A mis padres, han sido un ejemplo, su perseverancia, el ánimo, la pulcritud, la humildad, el apoyo continuo, y el amor, son algunos de los pocos aspectos que los definen. Ustedes siempre serán mi ejemplo, y los recordare... “quieres aprender algo, dedícale tiempo, y persevera en hacerlo, nada es fácil, yo te apoyo pero estará en ti lograr lo que te propongas” ...

A mi hermana, tu nombre define *Fuerza y Perseverancia*, gracias hermana por siempre apoyar y ayudarme en mis proyectos, uno que otro consejo que siempre han sido muy oportunos. A mi Sobrina e Ahijada, Aranzazu García Caicedo desde que compartí el verte nacer, desde ahí me dejaste marcado, siempre quiero lo mejor para ti, gracias mi pequeñita por tocarme todos los días mi puerta, y pedir que jugara contigo y cantara la canción de la familia.

A Karelys del Carmen Nava, gracias por el apoyo que has brindado y ser mi compañera en estos últimos años, por formar parte de la madurez y la lucha continua, me definiste perfectamente que es ser una persona independencia, por ser la madre de mí hijo, y por aconsejarme “*hazlo tú, tu puedes*”.

A la familia Caicedo y Durán, *mi familia* que a pesar de la distancia siempre están presentes, familias de apoyo y amor. A la familia Caicedo López, gracias a mi tíos, Elio Caicedo y Edelmira López, ha sido oportuno su apoyo, sus consejos, sus aportes

a mi vida privada, y siempre estar dispuestos a escuchar. A mis primos Jeffrey y Charly, siempre los he tenido presentes, sigan formándose y siendo luchadores de sueños. A mi tía Birmania, que confío en mí desde un inicio, apoyándome y eligiendo las herramientas que use en este proyecto.

A La familia Nuñez, por su valiosa colaboración en esta investigación, haciendo posible llegar a los sitios que eran imposible alcanzar al inicio de este proyecto, a la señora Ysabel Cordova y Señor Ramón Nuñez, Jesús Nuñez, José Nuñez, Ray Nuñez, Fidel Nuñez, a la Prima y a Víctor, a Cerrón. Pero un especial agradecimiento a Javier, “El Baba”. Maravillosas personas, muy especiales.

A las personas de IMPARQUES Benjamín Contreras, Lic. Marie Gil y Laura Batista, así como Andrés Camacho, en haber otorgado todos los permisos necesarios para la estadía en la zona de estudio, y sus contribuciones de forma desinteresada.

¡Muchachos, Lo Logre!!!...gracias mi Dios, gracias hijo Abraham, esos interminables días han pasado a mis recuerdos, días donde el sol abrazada de manera constante, ahí estaban ustedes dos Dios-Abraham, una inspiración; y cuando di el primer paso, allí empecé a cumplir mi promesa, y fue paso a paso que fui recorriendo cada rincón de las islas, desde el primer día, jamás deje de pensar en el final, jamás di vuelta atrás hasta llegar a lo que muchos denominamos: punto y final.

Caicedo D. Giovanni J.

ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN EL MORRO DE LECHERÍA Y LAS ISLAS AL NORTE DE BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA

Tutor académico: Msc. Ricardo Alezones Urbani. Co-Tutor: Msc. Lenín González.

Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Estudios de Postgrados-Maestría en Ciencias Geológicas, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2018. 319 pág.

Palabras Claves: Estratigrafía, Litoestratigrafía, Bioestratigrafía, Geocronología, Geología Estructural, Cartografía Geológica, Cretácico Superior, Anzoátegui, Morro de Barcelona, Islas Borrachas, Islas Chimanas.

RESUMEN

El proyecto tenía como objetivo principal *Estudiar la Estratigrafía de las Secciones del Cretácico Superior del Morro de Lechería y Las Islas al Norte de Barcelona, en el estado Anzoátegui, Venezuela*. La finalidad fue actualizar la nomenclatura estratigráfica de la región por medio de estudios de geología de superficie, cartografía geológica a escalas mayores a 1:25.000, determinación de las edades litoestratigráficas, estudios petrográficos, estudios bioestratigráficos, interpretación de los paleo-ambientes, estilo de deformación que describen las unidades, y la elaboración de perfiles geofísicos: perfiles eléctricos en dos dimensiones.

El Cretácico Superior comprende la Formación Querecual que es la base de dicho período, estando definida por limolitas internamente laminadas calcáreas de color marrón parduzco que meteoriza a terracota con tonalidades violáceas, intercaladas con calizas o marlitas negras que meteorizan a gris con tonalidades amarillo pálido, es frecuente la presencia de concreciones esferoidales, discoidales y elipsoidales de varios tamaños (pluricentimétricas), depositados en ambiente marino de plataforma externa a talud medio con condiciones reductoras, esta secuencia se desarrolló desde el Albiense Tardío hasta el Turoniense, donde han sido identificados especies foraminíferas: plantónicas y bentónicas, en contacto concordante se deposita la secuencias sedimentaria de la Formación Río Chávez, en donde se describe una secuencia homogénea de capas de marlitas silíceas o calizas silíceas (o chert) de color negro que meteoriza a gris oscuro con tonalidades rojizas y amarillentas, depositadas en un ambiente marino de plataforma externa a batial superior (aguas profundas), desarrollado desde finales del Turoniense (Cretácico) hasta el Selandiense (Paleoceno) de acuerdo al registro fósil. El estilo estructural para la región de estudio se define como la evolución estructural del frente tectónico estilo alpino de las Islas Las Chimanas y Las Borrachas, y el Morro de Barcelona, producto de los esfuerzos puntuales medianos generados por el desplazamiento oeste-este con componente aproximada de 25° al este entre la Placa Caribe con respecto a la Placa sudamericana.

Índice

Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Resumen	ix
Índice General	x
Índice de tablas	xix
Índice de figuras	xxi
Introducción	1
Capítulo I: Generalidades	2
Introducción	2
1.1.- Planteamiento del problema	2
Hipótesis General	3
1.2.- Justificación	3
1.3.- Objeto del estudio	4
1.4.- Campo	4
Extensión y accesos del área de estudio	5
1.5.- Objetivo general	5
1.6.- Objetivo específico	5
1.7.- Resultados esperados	7
1.8.- Antecedentes o trabajos previos.	7
Capítulo II: Metodología de trabajo	14
Introducción	14
2.1.- Método de trabajo	15
2.1.1.- Etapa de recopilación bibliográfica	17
2.1.1.1.- Definición del problema y objetivos	17
2.1.1.2.- Delimitación de la zona de estudio	18
2.1.1.3.- La digitalización de las hojas	18
2.1.1.4.- Interpretación de fotografías aéreas	18
2.1.1.5.- Cartografía Geológica	18

2.1.1.6.- Las simbologías o leyendas de los mapas	18
2.1.1.7.- Toma de datos	19
2.1.1.8.- Enumeración de las muestras	19
2.1.2.- Etapa de toma de datos geológicos	21
2.1.2.1.- Descripción visual de las rocas en superficie	23
2.1.2.2.- Muestreo	25
2.1.2.3.- Levantamiento de estructuras planares	27
2.1.2.4.- Levantamiento Geofísico: Método Eléctrico	28
2.1.2.5.- Registro fotográfico	31
2.1.3.- Etapa de laboratorio	32
2.1.3.1.- Petrografía Sedimentaria	32
2.1.3.2.- Identificación de fósiles	37
2.1.3.3.- Estudio estructural	38
2.1.3.4.- Elaboración de columnas y cortes	38
2.1.3.5.- Elaboración del mapa geológico-estructural	39
2.1.3.6.- Elaboración de los Perfiles Geo-eléctricos	39
2.1.3.7.- Correlación estratigráfica e interpretación de los paleo-ambientes de depositación	39
2.1.3.8.- Análisis, conclusiones y recomendaciones	40
Capítulo III: Geología regional	41
Introducción	41
3.1.- Geología estratigráfica regional	42
3.1.1.- Mesozoico	42
3.1.1.1.- Formación Chimana	42
3.1.1.2.- Formación Querecual	44
3.1.1.3.- Formación San Antonio	46
3.1.1.4.- Miembro Río Chávez	47
3.1.1.5.- Formación San Juan	49
3.1.1.6.- Formación Vidoño	50
3.1.2.- Sedimentos del Cuaternario sin Diferencia	51

3.2.-	Geología histórica	52
3.2.1.-	Paleozoico	53
3.2.2.-	Mesozoico - <i>Valanginiense a Campaniense</i> -	54
3.2.3.-	Mesozoico - <i>Maastrichtiense</i> - al Eoceno - <i>Bartoniense</i> -	56
3.3.-	Tectónica regional	57
Capítulo IV: Estratigrafía Local		68
	Introducción	68
4.1.-	Geología estratigráfica local	69
4.1.1.-	Cretáceo Inferior	69
4.1.1.1.-	Formación Chimana	69
	Sección litológica -Isla Chimana Grande-	69
	Sección litológica -Isla Borracha-	73
	Edad y paleontología	73
	Origen	74
	Consideraciones	74
4.1.2.-	Cretáceo Superior	74
4.1.2.1.-	Formación Querecual	74
	Sección litológica -Chimana Grande, sector Puinare-	74
	Litofacies Q1A	75
	Litofacies Q1B	76
	Litofacies Q1C	77
	Litofacies Q1D	78
	Litofacies Q1E	79
	Litofacies Q1F	80
	Litofacies Q1G	81
	Litofacies Q1H	82
	Litofacies Q1I	83
	Litofacies Q1J	85
	Sección Litológica -Borracha, Sector Centro este-	86
	Litofacies 2QA	86

Litofacies 2QB	88
Litofacies 2QC	89
Secuencia Litológica -Chimana del Sur-	90
Litofacies Q3A hasta Litofacies 3QU	90
Sección Litológica -Chimana Grande, Sector Norte de Puinare-	93
Litofacies Q4A	94
Litofacies Q4B	95
Litofacies Q4C	95
Litofacies Q4D	96
Litofacies Q4E	97
Litofacies Q4F	97
Litofacies Q4G	98
Litofacies Q4H	99
Litofacies Q4I	99
Litofacies Q4J	100
Litofacies Q4K	101
Litofacies Q4L	101
Sección Litológica -Chimana Grande, Sector Los Naranjos-	102
Litofacies Q5A	102
Litofacies Q5B	103
Litofacies Q5C	103
Litofacies Q5D	104
Edad y paleontología	105
Origen	105
Petrografía de la Formación Querecual	105
4.1.2.1.- Formación Río Chávez	106
Sección Litológica - Chimana Grande al Este de la Playa Puinare-	107

Litofacies RC1A	107
Litofacies RC1B	107
Litofacies RC1C	108
Litofacies RC1D	109
Sección Litológica – Isla Borracha-	109
Sección Litológica - Chimana Grande Sector Los Naranjos-	110
Litofacies RH3A	111
Litofacies RH3B	111
Litofacies RH3C	111
Sección Litológica - Chimana Grande Sector Los Naranjos-	112
Litofacies RC4A	112
Litofacies RH4B	113
Litofacies RH4C	114
Litofacies RH4D	114
Litofacies RH4E	114
Litofacies RC4F	115
Edad y paleontología	116
Origen	116
Petrografía de la Formación Río Chávez	116
Capítulo V: Bioestratigrafía	118
Introducción	118
5.1.- Paleontología sistemática	119
Descripción sistemática	120
a.- Formación Querecual	120
Foraminíferos	120
Plantónicos	120
Bentónicos	131
b.- Formación Río Chávez	133

Foraminíferos	133
Plantónicos	133
Bentónicos	144
Capítulo VI: Geología Estructural al norte de Barcelona-Puerto La Cruz	156
Introducción	156
6.1.- Configuración topográfica actual de las islas Chimanas y Borrachas, y el Morro de Barcelona, con fines tectónicos	157
6.1.1.- Archipiélago Las Borrachas	157
6.1.2.- Archipiélago Morro de Barcelona	158
6.1.3.- Archipiélago Las Chimanas	160
6.2.- Estructuras Geológicas de las Unidades del Cretáceo Tardío en las Islas Chimanas y Borrachas, y Morro de Barcelona	161
6.2.1.- Anticlinales simétricos	161
6.2.2.- Pliegue tumbado	163
6.2.3.- Sinclinales simétricos	163
6.2.4.- Pliegues isoclinales y apretados	164
6.2.5.- Falla por Corrimiento	164
6.2.6.- Deslizamiento capa sobre capa	168
6.3.- Descripción de la red de fracturas extendidas	169
6.3.1.-Análisis espacial al Sector la Isla Chimana Grande sector Sur-oeste/ Puinare	174
6.3.2.-Análisis espacial al Sector la Isla Chimana Grande sector Sur-Central	175
6.3.3.-Análisis espacial al Sector la Isla Chimana Grande sector Este -Los Naranjos-	175
6.3.4.-Análisis espacial al Sector la Isla Chimana del Sur - parte Septentrional	176
6.3.5.-Análisis espacial al Sector la Isla Chimana del Sur - parte Meridional	177

6.3.6.-	Análisis espacial al Sector la Isla Chimana del Oeste	178
6.3.7.-	Análisis espacial al Sector Isla Borracha – vertiente Sur-	179
6.3.8.-	Análisis espacial al Sector Morro de Barcelona	180
6.4.-	Perfiles Geofísicos con el Método Eléctrico Dipolo-Dipolo	180
6.4.1.-	Perfil Eléctrico “Chimana del Sur”	181
6.4.2.-	Perfil Eléctrico “Chimana Grande Sector Este – Los Naranjos”	182
6.4.3.-	Perfil Eléctrico “Chimana Grande Sector Oeste – Este de Playa Puinare”	183
6.4.4.-	Perfil Eléctrico “Borracha Sector Este – Centro”	183
6.4.5.-	Perfil Eléctrico “Morro de Barcelona Sector Este-central”	184
6.5.-	Otros factores indicativos de esfuerzos-deformación en las rocas de Cretáceo Tardío	185
6.5.1.-	Estilolitas (escala macro)	187
6.5.2.-	Estilolitas (Micro)	188
6.5.3.-	Zona de falla	189
6.6.-	Análisis de las envolventes de deformación para las Islas Las Chimanas, Las Borrachas y El Morro de Barcelona	190
6.6.1.-	Envolvente A	191
6.6.2.-	Envolvente B	191
6.6.3.-	Envolvente C	192
6.6.4.-	Envolvente D	193
6.7.-	Estilo estructural de la región que comprenden las islas Las Borrachas y Las Chimanas, y el Morro de Barcelona	193
6.7.1.-	Régimen cinemático y dinámico	193
6.7.2.-	Litología	193
6.7.3.-	Intensidad de los esfuerzos	194
6.7.4.-	El nivel estructural	194

Capítulo VII: Análisis de cuencas y ambientes sedimentarios	196
Introducción	196
7.1.- Estudio, análisis e interpretación del ambiente sedimentario	198
7.1.1.- Principio de superposición de los estratos	198
7.1.2.- Relación relativa presencial entre los organismos presentes en las rocas	199
7.1.3.- Principio de Sucesión o Superposición Faunística	200
7.1.4.- Tipo de estratificación para las secuencias (macro)	200
7.1.5.-Textura de las unidades litoestratigráficas y su relación con los cinturones de Wilson (1975)	201
7.1.6.- Estructuras orgánicas	207
7.1.7.- Estructuras sedimentarias diagenéticas	208
7.1.8.- Minerales traza de ambientes sedimentarios	209
7.1.9.- Distribución batimétrica de acuerdo al contenido fósil	210
7.2.- Aplicación de “Tipos de Plataforma Carbonáticas: Una aproximación Genética” de L. Pomar (2001)	210
7.3.- Ambiente Sedimentario y Análisis de Cuenca	226
Capítulo VIII: Conclusiones y recomendaciones	233
8.1.- Conclusiones	233
8.2.- Recomendaciones	239
Referencias Bibliográficas	241
Apéndices	250
APÉNDICE A: Geografía Física	250
APÉNDICE B: Tabla de muestras de campo con coordenadas	263
APÉNDICE C: Tabla de medidas de rumbo y buzamiento de estructuras planares (estratificaciones)	266
APÉNDICE D: Tabla de estaciones de trabajo para el análisis de los esfuerzos y su orientación	270
APÉNDICE E: Metodología del procesamiento de los datos geofísicos	277

APÉNDICE F: Tablas descriptivas de las secciones Petrográficas de las Formaciones Querecual y Río Chávez	295
APÉNDICE G: Correlación Estratigráfica Regional de la Formación Río Chávez y Querecual en la Serranía Interior Tramo Oriental	314
APÉNDICE H: Conceptos de estructuras geológicas	325
Listado de anexos	329

Índice de tablas

Tabla 2.1: Clasificación de Folk para las Rocas Carbonatadas	36
Tabla 2.2: Clasificación de Dunham, tomado de Dunham (1962)	37
Tabla 2.3: Clasificación de Rocas Carbonáticas de Dunham para 1962 con modificaciones de Embry & Klovan (1971)	37
Tabla 4.1: Propiedades físicas de las litofacies de la secuencia de la Formación Querecual en la Isla Chimana del Sur	92
Tabla 4.2: Resumen de las características petrográficas de las formaciones Querecual y Río Chávez	117
Tabla 7.1: Tabla resumen de los resultados petrográficos para este estudio	201
Tabla 7.2: Cinturones de Wilson (1975)	204
Tabla 7.3: Identificación de los foraminíferos planctónicos y bentónicos de acuerdo a la sección petrográfica	230
Tabla 10.1: Registro mensual de precipitaciones en la estación 80419-Barcelona, en el estado Anzoátegui. Medidas en milímetros	257
Tabla 10.2: Coordenadas de las muestras colectadas por región	263
Tabla 10.3: Estructuras planares, su medición, y ubicación geográfica para esta investigación	266
Tabla 10.4: Estaciones de trabajo (ej. PSV2) para las mediciones de los sistemas de diaclasa	270
Tabla 10.5: Datos Eléctricos de Chimana del Sur	280
Tabla 10.6: Datos Eléctricos de Chimana Grande Sector Los Naranjos	281
Tabla 10.7: Datos Eléctricos de Chimana Grande Sector Puinare	282
Tabla 10.8: Datos Eléctricos de Isla Borracha, Vertiente Sur	283
Tabla 10.9: Datos Eléctricos de El Morro de Barcelona	284
Tabla 10.10: Puntos de Georeferencia de los perfiles elaborados para las Islas Las Chimanas y Borrachas, y el Morro de Barcelona	292
Tabla 10.11: Sección petrográfica <i>MB-1 Perpendicular</i> y <i>MB-1 Paralela</i>	295

Tabla 10.12: Sección petrografica <i>M46 Paralela</i>	296
Tabla 10.13: Sección petrografica <i>M83 Perpendicular</i>	297
Tabla 10.14: Sección petrografica <i>M23 Perpendicular</i>	298
Tabla 10.15: Sección petrografica <i>M14 Paralela</i>	300
Tabla 10.16: Sección petrografica <i>M51 Perpendicular</i>	300
Tabla 10.17: Sección petrografica <i>MB13 Paralela y MB13 Perpendicular</i>	301
Tabla 10.18: Sección petrografica <i>MB10 Paralela y MB10 Perpendicular</i>	302
Tabla 10.19: Sección petrografica <i>MB2 Perpendicular y MB2 Paralela</i>	303
Tabla 10.20: Sección petrografica <i>MB-8 Paralela y MB-8 Paralela Perpendicular</i>	304
Tabla 10.21: Sección petrografica <i>M-1 Paralela y M-1 Perpendicular</i>	305
Tabla 10.22: Sección petrografica <i>MB-5 Paralela y MB-5 Perpendicular</i>	306
Tabla 10.23: Sección petrografica <i>MB-7 Paralela y MB-7 Perpendicular</i>	307
Tabla 10.24: Sección petrografica <i>MB-20 Perpendicular</i>	308
Tabla 10.25: Sección petrografica <i>MB-31 Perpendicular y MB-31 Paralela</i>	309
Tabla 10.26: Correlación de las formaciones del Cretáceo en el Nor-este de Venezuela, tomado y traducido de Emile Rod y Wolf Maync (1954).	315
Tabla 10.27: Unidades Litoestratigráficas del Cretáceo del Archipiélago Guaiquerí-Manare	324

Índice de figuras

Fig. 1.1: Mapa de Ubicación del Sector del Estudio para este trabajo, tomado de la Dirección General Sectorial de Desarrollo Urbanístico y la Dirección de Planeamiento Urbano (1980), y Dirección de Cartografía Nacional (SA)	5
Fig. 2.1: De Izquierda a derecha (a) Medición de estructuras planares, (b) Medición de un plano que define una determinada estructura planar o lineación, (c) Clasificación de la estructura geológica, (d) Definición de líneas y planos basados en mediciones de campo y en estructuras de deformación, (e) Definición de las envolventes de deformación, (f) Muestreo de estructuras micro y macro, (g) Análisis Estructural, y (h) Modelo de Deformación en la roca o Unidades Litoestratigráficas (escala local), basado en los fundamentos de Hobbs B. Means y Williams (1981)	28
Fig. 2.2: Disposición geométrica de los electrodos, tomado de Coaracy O., Gandolfo B. y Faraco J. (2007)	29
Fig. 2.3: Toma de datos geofísicos a partir de método eléctrico Dipolo-Dipolo para una primera puesta $n=1$, $n=2$ y $n=3$, Tomado de Kostadinoff J., Bjerg E., Mogessie A., Raniolo A., Alvarez G. y Santiago E. (2004)	30
Fig. 2.4: Elementos característicos conceptuales que pueden presentarse dentro de un análisis petrográfico, bien sea: micrita esparita, fragmentos fósiles, pellets, oolitos, esteliolitas, etc.	34
Fig. 3.1: Fallas al nor-oeste de Suramérica, tomado de North (1965)	59
Fig. 3.2: Reconstrucción de la Paleo-tectónica al final del Carbonífero, tomado de Emile Rod (1967)	60
Fig. 3.3: Cretáceo medio a superior, Tomado de Stainforth (1969)	61
Fig.3.4: Paleo-tectónica del proto Caribe, en la figura de la izquierda representa la configuración para el Aptiense temprano, mientras que en la figura derecha la representa para el Albiense tardío. Tomado de Ross y Scotese (1988) en Audemard (2004)	62

Fig.3.5: Paleo-tectónica del proto Caribe en el Campaniense medio, Tomado de Ross y Scotese (1988) en Audemard (2004)	63
Fig.3.6: Tectónica de la Placa Caribe en el Campaniense tardío, Tomado de Ross y Scotese (1988) en Audemard (2004)	63
Fig.3.7: Tectónica de la Placa Caribe en la actualidad, Tomado de Ross y Scotese (1988) en Audemard (2004)	64
Fig. 4.1: Fotografía (a) con azimut 270°, Contacto Infra-yacente contraste litológico de lutitas (Formación Chimana) y Calizas Arrécifales (Formación Borracha), y fotografías (b y d) con azimut 257°, véase el contacto Supra-adyacente discordante por la falla de corrimiento, izq. Formación Querecual y Der. Formación Chimana	71
Fig. 4.2: Ubicación de la Sección tipo de la Formación Chimana, en el extremo oriental de la Isla Chimana Grande. Las Fotografías inferior panorámica presentan azimut 270°	72
Fig. 4.3: Concreciones de la litofacies Q1A, Formación Querecual sección basal, A y B, fotografía de planta	75
Fig. 4.4: Concreciones de la litofacies Q1B: Formación Querecual, fotografía de planta	77
Fig. 4.5: Capa de marlita de la litofacies Q1E, azimut 87°	80
Fig. 4.6: Se muestra las diferentes formas de las concreciones de la litofacies Q1F, A.- Concreción esferoidal - azimut 5°-, B.- Concreción elipsoidal - azimut 265° -, y C.- Concreciones discoidales (extremo inferior izquierdo), y pseudo--concreciones (derecha de la fotografía), de planta	81
Fig. 4.7: (A) Vetillas de calcita que ocupan aberturas de 1 a 2 mm. y cortando concreciones esferoidales, (B) Concreción compuesta por dos concreciones esferoidales, (C). Concreciones de diferentes formas, y (D) Estiloltas; la fotografía A fue tomada con azimut 258° y B, C, y D son de planta	82
Fig. 4.8: (A) y (B) Concreciones presentes en la litofacies Q1I., azimut 85°, y (C) Fósil macro, azimut 265°	84
Fig. 4.9: Formas de presentación de las concreciones en afloramientos y sus	85

características externas e internas, azimut 75° en la (A), Azimut 35° (B) y Azimut (C) 70°

Fig. 4.10: (a) Concreciones con fósiles -ammonites- vista de planta, (b) 87
concreción de 40 cm de diámetro (longitud mayor de la concreción elipsoidal)
vista de planta, (c) Concreción de alrededor 1 m de longitud mayor, azimut
355°, (d) Concreción con un calco de fósil en la superficie, vista de planta, (e)
corrimiento regional en la cresta de la isla Borracha, azimut 184°, (f)
complejidad estructural en la cresta de la fila en la isla Borracha, , azimut 342°
,y (g) Composición litológica en la cresta de la isla Borracha, azimut 75°

Fig.4.11: (A) Secuencia de Marlitas y Limolitas Pelíticas, al foto la piqueta de 88
escala, azimut 104°, y (B) Concreciones dentro de la secuencia de la Litofacies
2QB, azimut 346°

Fig. 4.12: Característica de la Litofacies 2QC, (A) Secuencia Limolita Marlita 89
silícea, azimut 24°, (B) Concreción alargada de 10 cm, foto de planta, (C)
Contacto entre la Formación Querecual y Río Chávez, foto de planta (norte
arriba de la foto), y (D) Capas de marlita silícea hacia la parte superior de la
secuencia de la Formación Querecual, foto planta (norte arriba de la foto B, C
y D)

Fig. 4.13: Isla Chimana del Sur, la línea anaranjada en el interior de la isla 91
indica el recorrido realizado para la descripción de la Formación Querecual

Fig. 4.14: Características de las propiedades físicas de las rocas de la 93
Formación Querecual, (A) Concreción, foto de planta, y (B) Capa de caliza o
marlita en lajas, con características al encontrarse expuesta a la meteorización

Fig. 4.15: Limolitas calcáreas pelíticas laminares. Vista de planta 94

Fig.4.16: Secuencia de la sección basal, norte de Puinare. Azimut 285° 95

Fig. 4.17. Capa de Marlita o Caliza, azimut 277° 100

Fig.4.18: Las cuatro litofacies descritas en la sección este de la Isla Chimana 105
Grande, Los Naranjos. Azimut 87°

Fig. 4.19: Zona intermedia de la Formación Río Chávez al este de la Playa 108
Puinare, zona norte, azimut 105° (ambas fotografías). (A) Litofacies RC1A,

(B) Litofacies RC1B	
Fig. 4.20: Secuencia de la Litofacies RC1C, Azimut 105°	109
Fig. 4.21: Formación Río Chávez, (A) Secuencia de Río Chávez, fotografía tomada en una de las secciones dentro de los pliegues isoclinales, azimut 24°, y (B) Secuencia de la capas de calizas silíceas o marlitas silíceas, azimut 46°	110
Fig. 5.1: Lamina 1	148
Fig. 5.2: Lamina 2	150
Fig. 5.3: Lamina 3	152
Fig. 5.4: Lamina 4	154
Fig. 6.1: Mapa de archipiélagos	159
Fig. 6.2: La imagen izquierda muestra por medio de la herramienta google map el sistema de pliegues escalonados (el norte esta hacia el extremo superior izquierdo de la imagen), la imagen derecha representa un marco geológico de referencia (puede consultarse el anexo mapa geológico contenido en esta investigación para mayor detalle)	162
Fig. 6.3: Pliegue Anticlinal simétrico, zona central del sector de la Playa Puinare (parte norte), Azimut de la fotografía 235°, a y b muestran la descripción de la estructura	162
Fig. 6.4: Sinclinal simétrico presente en la zona norte de la Isla Chimana del Sur, azimut 87° de la fotografía y b muestran la descripción de la estructura	163
Fig. 6.5: Descripción del pliegue isoclinal, en (a) los flancos para esta estructura presenta similar buzamiento, aunque la parte del núcleo los ángulos pueden tener una variación entre los 5 a 10°, los cuales no cumplen la descripción propia de un pliegue isoclinal, asumiendo el concepto de pliegue apretado o cerrado, (b) pliegues isoclinales a escala regional, aunque las características en descriptivas para el núcleo sean la descritas al inicio del párrafo. Azimut de (a) 215° y (b) 50°	163
Fig. 6.6: Evidencia de la existencia del Corrimiento de Las Borrachas en la Isla Borracha, (a) sección frontal del corrimiento, (b) vista periférica del corrimiento, y (c) complejidad litoestratigráfica debido a la zona de	164

- corrimiento para este sector, observe las alineaciones. Azimut (a) 320°, (b) 20° y (c) 350°
- Fig. 6.7: Extremo sur de las coordenadas Norte 1139154 y Este 310521, 165
representación de un corrimiento en la zona central de los afloramientos de las formaciones Querecual y Río Chávez de la vertiente sur de la Isla Borracha. Azimut de la fotografía (a) y (b) 133°
- Fig. 6.8: Deformación de las unidades en superficie de la zona norte de la Isla 166
Borracha en su vertiente sur, coordenadas Norte 1139154 y Este 310521, azimut 321°. La línea verde muestra la alineación de las capas que describen las estructuras en superficie
- Fig. 6.9: Representación gráfica del complejo Nevado-Filábride, campos y 167
Simancas (1989) en http://www.granadanatural.com/blog.php?codigo_blog_categoria=7
- Fig. 6.10: Corrimiento Chimana Grande, obsérvese el contraste entre la 167
Formación Chimana (parte derecha de la foto) con la Formación Querecual (parte izquierda de la foto), línea roja indica la falla de corrimiento. Azimut de la foto 267°
- Fig. 6.11: Deslizamiento Capa sobre Capa, en (a) se observa las capas 168
verticales producto de la intensidad de los esfuerzos para la roca, y en (b) se observa la deformación interna de la capas
- Fig. 6.12: Representación esquemática del proceso de deformación de las 170
capas. Obsérvese en (a) la formación de diaclasa, y en (b) la herencia de esas estructuras durante la evolución del plegamiento, destacando que dichas estructuras forman partes de los efectos de esfuerzos puntuales a la secuencia afectada o pueden que no formen parte. Tomado de Jamison (1997)
- Fig. 6.13: Corte teórico de una parte de la corteza mostrando la superposición 173
de los diferentes niveles estructurales y la forma de las estructuras correspondiente, figura de Mattauer (1976) en Audemard (2004)
- Fig. 6.14: Corte geológico A-A' y el análisis estructural de las deformaciones 174
- Fig. 6.15: Corte geológico C-C' y el análisis estructural de las deformaciones 175

Fig. 6.16: Corte geológico I-I' y el análisis estructural de las deformaciones	176
Fig. 6.17: Corte geológico F-F' y el análisis estructural de las deformaciones	177
Fig. 6.18: Corte geológico G-G' y el análisis estructural de las deformaciones	178
Fig. 6.19: Corte geológico J-J' y el análisis estructural de las deformaciones	178
Fig. 6.20: Corte geológico H-H' y el análisis estructural de las deformaciones	179
Fig. 6.21: Corte geológico K-K' y el análisis estructural de las deformaciones	180
Fig. 6.22: Perfil Geofísico en la Isla Chimana del Sur, Método eléctrico Dipolo-Dipolo	181
Fig. 6.23: Perfil Geofísico en la Isla Chimana Grande –Los Naranjos-, Método eléctrico Dipolo-Dipolo	182
Fig. 6.24: Perfil Geofísico en la Isla Chimana Grande –Playa Puinare-, Método eléctrico Dipolo-Dipolo	183
Fig. 6.25: Perfil Geofísico en la Isla Borracha -vertiente sur-, Método eléctrico Dipolo-Dipolo	184
Fig. 6.26: Perfil Geofísico en el Morro de Barcelona o Morro de Lechería, Método eléctrico Dipolo-Dipolo	185
Fig. 6.27: Tipos más importantes de estilolitos y superficies estilolíticas, tomado de trurnit (1968) en Corrales (1977)	186
Fig. 6.28: Estilolitos al sur-este del sector Playa Puinare, azimuth 357	187
Fig. 6.29: Estilolitos al sur del sector Puinare, azimuth 320°	188
Fig. 6.30: Vetillas de calcita, (a) nicoles paralelos y (b) nicoles cruzados, objetivo 4x	188
Fig. 6.31: Sección petrográfica MB7 Paralela, estilolitos de la clase 3, (a) nicoles paralelos, y (b) nicoles cruzados, objetivos para ambas fotografías 4x	189
Fig. 6.32: Zona de Cizalla perpendicular a la estratificación, Ubicación N: 1137634 y E: 318136	190
Fig. 6.33: Superficie envolvente A, la cual define la relación entre el bloque A con el B	191
Fig. 6.34: Superficie envolvente B, la cual está definida por la superficies (3D) o líneas rojas (2D)	192

Fig. 6.35: Envoltente C definida por las líneas de charnela de los pliegues	192
Fig. 6.36: Variación de la forma del plegamiento en función de la intensidad tectónica, Mattauer (1976)	194
Fig. 6.37: Relación entre la presión y temperatura en la determinación del estado de formación de las estructuras geológicas, Mattauer (1976)	194
Fig. 6.38: Niveles estructurales de acuerdo a las características de las estructuras geológicas reportadas, Mattauer (1976)	195
Fig. 7.1: Se observa una representación de los cinturones de Wilson (1975), el espacio sombreado en amarillo ocre representa la paleo-geografía de formación de las formaciones Querecual y Río Chávez	205
Fig. 7.2: Representación conceptual de la teoría de Griggifs (1967), Figura tomada de Corrales <i>et al.</i> (1977) y modificada	206
Fig. 7.3: Tipos de estructuras sedimentarias orgánicas de acuerdo a las profundidades. Tomada de Corrales <i>et al.</i> (1977)	208
Fig. 7.4: Tipos de plataformas carbonáticas de acuerdo a L. Pomar (2001). Traducción, Homoclinal: Homoclinal, Distally Steepened: Distalcialmente con tope aplanados, Non Rimmed Shelf: Superficies sin bordes; Rimmed shelf: Superficies con bordes.	214
Fig. 7.5: Relación de la competencia hidráulica, los sedimentos entrantes y la acumulación de sedimentos con respecto del perfil de equilibrio, tomado y modificado de L. Pomar (2001).	221
Fig. 7.6: Relación entre la producción calcárea y las zonas bióticas, tomado y modificado de L. Pomar (2001).	223
Fig. 7.7: A) Producción de sedimentos carbonáticos hacia la parte interna de la plataforma y llevados a las zonas más profundas, B) sedimentos carbonáticos generados a profundidades mayores que las generadas hacia las partes someras –menos profundas). Tomado y modificado de L. Pomar (2001).	223
Fig. 10.1: Región Norte-Oeste de Anzoátegui, la zona sombreada azul representa la franja del Morro de Barcelona a la Bahía de Bergantín, mientras que la anaranjada son las Islas al Norte de la ya mencionada franja: Desde la	251

Isla Borracha hasta Chimana del Este, base cartográfica Oficina de Hidrografía de los Estados Unidos - Hydrographic Office United Stated (1940)	
Fig. 10.2: Representación de las unidades Topográficas en la zona de Barcelona y las Islas al Norte: Borracha, Los Borrachitos, El Borracho, Chimana del Oeste, Chimana Grande, Chimana del Este y Chimana del Sur. Sombreado Anaranjado: Unidad I, Filas Estrechas y Colinas Amesetados y Valles, Sombreado Azul, Unidad II: Morros Alargados y Colinas Amesetadas, Sombreado en Amarillo, Unidad III: Planicie Costera	256
Fig. 10.3: Comportamiento anual, 2014-2015 del registro de precipitación mensual de la estación Barcelona	257
Fig. 10.4: Registro de precipitación anual de la estación Barcelona desde 1993 a 2007	258
Fig. 10.5: Registro de temperaturas de la estación Corcovada del 2014 desde enero a julio, se toman como parámetros en grados Celsius: temperatura mínima, temperatura máxima, y las temperaturas promedios máximos y mínimos para los meses de enero a julio	258
Fig. 10.6: Registro de temperaturas anuales en grados Celsius registradas en la estación Corcovada desde el 1993 al 2007	259
Fig. 10.7: se observa las variaciones de la humedad relativa desde el 1993 al 2007, registradas en la estación Corcovada. (Datos del INAMEH)	260
Fig. 10.8: Gráfico que Representa los Registros Anuales tomados de la Estación Corcovada desde 1993 hasta el 2007, datos suministrados por INAMEH	260
Fig. 10.9: Radiación Anual Registrada en la Estación Carcovada desde 1993 al 2005, datos suministrados por INAMEH	261
Fig. 10.10: Geometría de adquisición para imagen 2D. Variante Dipolo-Dipolo. Tomado de www.geophysics.com/maging3	278
Fig. 10.11: Datos tomados para la Isla Chimana del Sur, evolución del archivo “Notepad” de izquierda a derecha	285
Fig. 10.12: Visualización de datos adquiridos de la línea <i>Chimana de Sur</i> .	286

Se identifica el comportamiento de un dato en relación a los demás (+) punto de comportamiento dudoso	
Fig. 10.13: Perfil eléctrico Chimana del Sur	287
Fig. 10.14: Perfil eléctrico Chimana Grande, Sector Los Naranjos	288
Fig. 10.15: Perfil eléctrico Chimana Grande, Sector Playa Puinare	289
Fig. 10.16: Perfil eléctrico Borracha, vertiente sur	290
Fig. 10.17: Perfil eléctrico Morro de Barcelona	291
Fig. 10.18: Representación Espacial del Perfil eléctrico Chimana del Sur, en la Isla Chimana del Sur	292
Fig. 10.19: Representación Espacial del Perfil eléctrico Chimana Grande, Sector Los Naranjos en la Isla Chimana Grande sector este	293
Fig. 10.20: Representación Espacial del Perfil eléctrico Chimana Grande, Sector Playa Puinare en la Isla Chimana Grande Sector oeste	293
Fig. 10.21: Representación Espacial del Perfil eléctrico Borracha, vertiente sur en la Isla Borracha	294
Fig. 10.22: Representación Espacial del Perfil eléctrico Morro de Barcelona, en el Sector Morro de Barcelona u Morro de Lecherías	294
Fig.10.23: Lamina 1	310
Fig. 10.24: Lamina 2	312
Fig. 10.25: Partes de un pliegue	325
Fig. 10.26: Pliegue tumbado	326
Fig. 10.27: Pliegue de acuerdo al ángulo entre los flancos	326
Fig. 10.28: Falla de corrimiento	327
Fig. 10.29: Deslizamiento capa a capa	327

INTRODUCCIÓN

El estudio Estratigráfico del Cretácico Superior al norte de Barcelona se fundamenta esencialmente en desarrollar el levantamiento detallado de las unidades litoestratigráficas, la recolección y clasificación de fósiles (bioestratigrafía) y la generación de perfiles eléctricos (geofísica), con el propósito de establecer correlaciones estratigráficas en la zona de estudio para que sean comparadas con unidades formales de estudios anteriores dentro y fuera de la zona, de esta forma se ampliara los estudios para estas rocas y se actualizará la nomenclatura litoestratigráfica y su cartografía (de ser necesario) al norte del estado Anzoátegui, abarcando El Morro de Lechería y las islas: La Borracha, El Borrachito, El Borracho, Chimana Grande, Chimana del Oeste, Chimana Segunda y Chimana del Sur.

Los resultados generados en esta investigación proporcionarán a la litoestratigrafía y bioestratigrafía nuevos aportes para la zona de estudio, igualmente las mediciones, descripciones y toma de datos a nivel geológico podrán ser usados en posteriores investigaciones, ya sea en la definición de la geología estructural de la zona a escala regional o apoyar a modelos tectónicos-estratigráficos existentes o en la generación de estos.

El Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN) a través de sus programas ha realizado estudios estratigráficos a diferentes escalas; en este sentido el estudio planteado en este anteproyecto podría ser usado por dicha institución, para de esta forma seguir una línea evolutiva en cuanto a investigación se refiere.

En la actualidad las universidades, organismos públicos, empresas privadas y demás instituciones han generado numerosos estudios en la región de estudio y en regiones aledañas, estos serán cuidadosamente revisados para ser usados junto con el levantamiento estratigráfico de campo y generar un conjunto de análisis, resultados y conclusiones que darían un aporte a la estratigrafía de la región.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

El estudio Tectono-Estratigráfico en el Morro de Barcelona y las Islas al Norte de Barcelona: Borracha, Chimana del Oeste, Chimana Grande y Chimana del Sur fue fundamentado en investigar las rocas a finales del Cretáceo de manera de actualizar la nomenclatura de las unidades litoestratigráficas por medio de la descripción de las rocas, la recolección e identificación de fósiles (bioestratigrafía), la datación de las unidades de acuerdo a su contenido fósil (cronoestratigrafía), la descripción petrográfica de las secciones finas realizada para cada unidad, los estudios de deformación de las estructuras mayores por medio de los datos -micro y macro-estructurales, la generación de 5 (cinco) perfiles eléctricos Dipolo-Dipolo (geofísica), y la interpretación de los ambientes sedimentarios.

1.1.- Planteamiento del Problema

De acuerdo a una revisión bibliográfica para los estudios geológicos realizados al sector que comprenden el Morro de Barcelona y las Islas al norte, se estableció organizar y plantear una propuesta científica, basada en el enriquecimiento de la literatura para este sector, por medio de las herramientas o especialidades de la geología. No obstante de la revisión bibliográfica no se pudo establecer la actualización de la nomenclatura estratigráfica y enriquecer su literatura científica-geológica, ya que para el sector antes mencionado carece de estudios geológicos que permitan ilustrarse el proceso evolutivo de los mismos, debido al vacío de información para los fines de la investigación.

Por tanto, la investigación parte de la siguiente premisa:

“No se presentan actualmente estudios estratigráficos del Cretácico Superior de las Islas Borrachas y Chimanas en las universidades de Venezuela o instituto de investigación científica, ya sea en tesis de pregrado, de pos-grado o en su defecto de proyectos de investigaciones públicas o privadas, que permitan actualizar la nomenclatura estratigráfica, para su implementación en la sustentación de los modelos tectono-estratigráficos hasta ahora publicados por diferentes medios científicos para la Serranía Interior Oriental en Venezuela”.

Hipótesis General

Los geólogos de las compañías petroleras han explorado las rocas del Cretácico y Terciario estableciendo para estas una nomenclatura litoestratigráfica inicial para la región de la Serranía Interior Tramo Oriental, estudios estratigráficos posteriores de los años setenta en las rocas del Cretácico Inferior han replanteado, actualizado y establecido nuevas nomenclaturas litoestratigráficas a partir de sus diferencia por composición litológica, ya que las condiciones se han distinguido distinciones por la variabilidad de las paleo-condiciones de la cuencas sedimentaria durante el proceso de depositación, y distribución de los sedimentos; de esta manera el estudio estratigráfico del Cretácico Superior permitirá actualizar y comprender los procesos sedimentarios y tectónicos para este sector de la cuenca oriental.

1.2.- Justificación

El estudio estratigráfico del Cretácico Superior en el Morro de Barcelona y las Islas al Norte de Barcelona: Borracha, Chimana Grande, Chimana del Oeste y Chimana del Sur, se planteó para actualizar la nomenclatura de las unidades estratigráficas, diferenciarlas y cartografiarlas en base a sus características litológicas, bioestratigráficas y cronoestratigráficas; conjuntamente ha sido presentado la configuración espacial de las estructuras geológicas producto de las deformaciones de

la región, basados en el análisis de las evidencias estructurales de los datos micro y macro.

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron enmarcar las unidades estratigráficas estudiadas dentro de los modelos estratigráficos propuestos (anteriores a este estudio), para que finalmente la comunidad geo-científica enriquezca la literatura en la evolución tectónico-estratigráfica para el sector Nor-Oeste de la Cuenca Oriental de Venezuela.

1.3.- Objeto del Estudio

El presente informe muestra el resultado de los estudios: a.- litoestratigráficos, b.- bioestratigráficos, c.- cronoestratigráficos, d.- perfilaje eléctricos -método geofísico- y e.-descripciones petrográficas, realizados a las rocas del Cretácico Superior en el Morro de Barcelona y las Islas al norte de Barcelona: Borracha, Chimana Grande, Chimana del Oeste y Chimana del Sur, para dar cumplimiento al programa de formación en la Maestría de Ciencias Geológicas en la Universidad Central de Venezuela.

1.4.- Campo

A partir de las consultas bibliográficas de los trabajos de investigación referentes a estudios estratigráficos y su estudio analítico fue posible por la preparación metódica de la logística campo. La zona de estudio que comprende el Morro de Barcelona y las Islas Chimanas y las Borrachas se encuentra entre las siguientes coordenadas UTM - Universal transversal Mercator-, véase fig. 1.1.:

Norte: 1128000 – 1142000

Este: 310000 - 324000

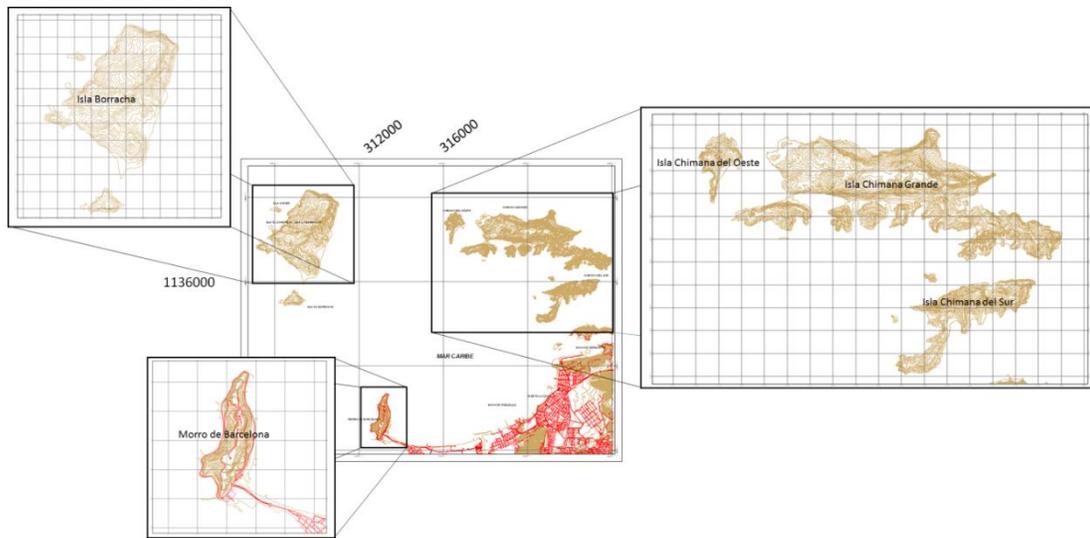


Fig. 1.1: Mapa de Ubicación del Sector del Estudio para este trabajo, tomado de la Dirección General Sectorial de Desarrollo Urbanístico y la Dirección de Planeamiento Urbano (1980), y Dirección de Cartografía Nacional (SA)

Extensión y accesos al área de estudio. El área estudiada es de 16 Km²; el acceso al sector fue realizado por diferentes medios, para el Morro de Barcelona el traslado fue por medio de un vehículo en vía pavimentada hasta el sector, seguidamente de caminatas a los afloramientos; por otro lado, para las islas se realizó por intermedio de una lancha, la cual se toma desde el extremo este del Paseo Colón, se destaca que para las descripción de los afloramientos en las islas fue indiferente realizarlo o en las quebradas intermitentes o en las laderas.

1.5.- Objetivo General

Estudiar la Estratigrafía de las Secciones del Cretácico Superior del Morro de Lechería y Las Islas al Norte de Barcelona, en el estado Anzoátegui, Venezuela.

1.6.- Objetivo Específico

Para cumplir con el objetivo general fue diseñado y aplicado un conjunto de objetivos específicos, las cuales son los siguientes:

- a. Realizar el levantamiento Estratigráfico de la rocas del Cretácico Superior (Formación: Chimana, Grupo Guayuta: Formación Querecual, Formación San Antonio y San Juan?, y Formación Río Chávez) al Norte de Barcelona, comprendiendo las Zonas de El Morro de Barcelona y Las Islas al Norte: La Borracha, Chimana Grande, Chimana del Oeste y Chimana del Sur.
- b. Cartografiar los rasgos Geológicos de la región de estudio a escala 1:25.000, y escalas a detalle si se ameritan para estudios estratigráficos determinados.
- c. Determinar la edad relativa para cada una de las unidades Litoestratigráficas en superficie mediante la identificación de evidencias fósiles, es decir, estudio bioestratigráfico –micro y macro- de las mismas.
- d. Realizar análisis petrográfico a las muestras recolectadas para la descripción micro de las unidades lito estudiadas, además de los aportes de estudio bioestratigráficos.
- e. Correlacionar las unidades Litoestratigráficas de un sector a otro, por medio de sus estudios cronoestratigráficos y bioestratigráficos (en edad) de las unidades del Cretácico Superior.
- f. Actualizar la nomenclatura bioestratigráfica a través de los estudios del contenido fósil.
- g. Interpretar los paleo-ambientes, por medio de fósiles índices y características Litoestratigráficas de las diferentes unidades estratigráficas.
- h. Describir de forma general el patrón estructural tomando como base mediciones de carácter micro y macro tectónicas.
- i. Elaborar los Perfiles Geofísicos: Perfiles Eléctricos de dos dimensiones- Dispositivo Dipolo-Dipolo a secciones estratigráficas que permitan definir la continuidad y disposición de los estratos de las rocas del Cretácico Superior en subsuelo, además de observar las propiedades eléctricas de las unidades y su variación de un sector a otro.

1.7.- Resultados Esperados.

De los estudios realizados en esta investigación se espera establecer una nueva nomenclatura estratigráfica para las unidades del Cretácico Superior en la zona de estudio; además de contribuir el contexto tectónico del sector, mediante el análisis de datos geológicos estructurales.

1.8.- Antecedentes o Trabajos Previos

A continuación se presenta una secuencia cronológica de las publicaciones con mayor reconocimiento en los estudios para el nor-orienté de Venezuela, con especial énfasis hacia el sector nor-oeste.

En 1926, Garner A. H. fue el primer geólogo en proponer una nomenclatura litoestratigráfica para las rocas en Venezuela con su publicación “Suggested nomenclature and correlation of geological formations in Venezuela”.

En 1928, Liddle con la publicación del libro “The Geology of Venezuela and Trinidad” contribuye en definir un conjunto de secuencias estratigráficas, muchas de estas se han mantenido como unidades formales, otras las han reclasificado o elevado de rango, tal es el caso de la Formación Guayuta a Grupo.

En 1937, H. D. Hedberg estudia las unidades estratigráficas que afloran en el río Querecual, y hace una particular distinción al elevar a la Formación Guayuta a Grupo Guayuta y dividirla en Formación Querecual y Formación San Antonio.

En 1944, Hedberg y Pyre aplican estudios estratigráficos a mayor detalle en el Río Querecual, considerando que las secuencias descritas en ella son de gran valor geológico para Venezuela nor-oriental.

En 1946, Liddle actualiza y reedita el libro “The Geology of Venezuela and Trinidad”.

En 1948, el Servicio Técnico de Minería y Geología del Ministerio de Fomento realiza una compilación de los datos geológicos de los alumnos de cuarto año de la carrera de Geología de la Universidad Central de Venezuela, trabajo aprobado por Clemente González de Juana.

En 1950, Hedberg en su artículo “Geology of eastern Venezuela basin” incorpora dentro de la interpretaciones de depositación del Grupo Sucre una transgresión continua hacia el sur con una posterior regresión hacia el norte causada por movimientos epirogenéticos.

En 1954, Emile Rod y Wolf Maync redactan un artículo titulado “Revision of Lower Cretaceous Stratigraphy of Venezuela”, en este realizan una revisión del Cretácico Inferior, sin embargo en sus estudios establecen parámetros estratigráficos en donde hacen referencia en varias oportunidades a la Formación Querecual y la zona de transición entre esta y la Formación Chimana en las Islas Chimana Grande, Chimana del Oeste y Borracha.

En 1954, Ericmar Von Der Osten realiza una publicación de su tesis doctoral titulado su artículo “Geología de la región de la bahía de Santa Fé”, tres años después realiza lo propio para la revista American Association of Petroleum Geologists con el título “Lower Cretaceous Barranquín Formation of northeastern Venezuela”, lo más resaltante para ambas publicaciones fue la descripción que se realizó en Bahía de Santa Fe de la Formación Barranquín, en donde es posible subdividirla en 4 miembros, lo cual se hace imposible en continente.

En 1956, la Dirección de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburo realiza la nomenclatura de las unidades litoestratigráficas de las formaciones que se han

formalizado en Venezuela, en donde se destaca que la Formación San Antonio y Querecual son tratadas como unidades formales.

En 1960, el geólogo Hugo Rosales escribe sobre “Estratigrafía del Cretáceo – Paleoceno – Eoceno, de la Serranía del Interior, oriente de Venezuela”, en donde hace referencia a la estratigrafía de los grupos Sucre, Guayuta y Santa Anita, tomando como principales puntos en su descripción: distribución de facies, relaciones estratigráficas, ambiente de sedimentación, edad y paleontología, y correlaciones.

En 1961, H. H. Renz realiza la correlación de las formaciones en Venezuela, donde titula su trabajo “correlation of Geologic Formations in Venezuela”, lo más resaltante dentro de esta actividad es resaltar que la región norte de Anzoátegui ha sido distintiva una única descripción formacional para el cretácico, las cuales de mayor a menor edad son: Barranquín, El Cantil, Chimana, Querecual, San Antonio, San Juan y Vidoño.

En 1962, Amos Salvador aporta una propuesta simplificada de la nomenclatura de la Cuenca oriental en Venezuela, su trabajo fue titulado “Proposed Simplification of the Stratigraphic Nomenclature in the Eastern Venezuela Basin”, sin embargo esta no presenta variación en cuanto a la nomenclatura en la región de Barcelona.

En 1964, Harold L. Metz realiza una investigación para su tesis doctoral “Geology of the El Pilar Fault Zone State of Sucre, Venezuela”, su zona de estudio comprendía el istmo existente entre los estados Monagas y Sucre, o en su defecto la parte norte-central de la Serranía Interior Oriental. Su trabajo se basó en datos de campo, incluyendo dentro de ellos importantes aportes bioestratigráficos para las formaciones del Cretácico.

En 1965, Dallmus K. F. trabaja y publica el artículo “Structural Evolution of the Eastern Venezuela Basin”, en este trabajo aporta datos a gran escala de la evolución

estructural de la cuenca oriental, partiendo de la geología estructural actual; su trabajo había sido con fines petroleros. Para este mismo año, Howard A. Meyerhoff publica su trabajo “Antillean Tectonics” en donde resume la mecánica de deformación por la acción de tipo prensa que resulta de comprimir las Grandes Antillas entre los elementos estructurales estables de la Cuenca del Caribe y el antepaís de la Bahamas, mientras que F. K. North lo hace con “The Curvature of the Antilles” en donde postula compresión contra el antepaís estable de las Bahamas, aunque establece la deformación para un radio mucho mayor que se extiende desde Alaska hasta Chile. Lawrence Peirson, realizó el estudio “Geology of the Guárico Mountain Front”, en donde realiza en el Río Chacual una descripción de las formaciones y mediante sus estudios relacionar la estratigrafía con la complejidad estructural de la región.

En 1967, se publica “Paleotectonic Reconstruction of the Antillean-Caribbean Area for the Close of the Carboniferous” por Emile Rod, este crea un paleo-escenario tectónico al norte de Venezuela, permitiendo observar las características más resaltantes en el Período Carbonífero.

En 1969, Guillaume, Bolli y Beckmann publican “Estratigrafía del Cretáceo Inferior en la Serranía Del Interior, Oriente de Venezuela”, en donde trabajan y cartografían la Islas Chimana Grande y Borracha, además de implantar una nueva nomenclatura para el cretácico inferior.

En 1970, Hermann Karsten publica dos artículos, el primero de ellos fue “Contribución al Conocimiento de las Rocas al Norte de Venezuela”, mientras que el segundo fue “Sobre las Relaciones Geognósticas en el Norte de Venezuela”, en ambos trabajos hace una descripción generalizada, aunque presenta en ocasiones detalles de las rocas presentes al norte del estado Anzoátegui. Para el mismo año, James Lamb realiza una investigación “Demonstration of Overturned Structure Beneath The Quiriquire Oil Field, Venezuela”, y plantea en ella las interpretaciones estructurales para este sector.

En 1972, fue publicado el 4to Congreso Geológico Venezolano, en este se hace referencia a cuatro investigaciones geológicas con énfasis en la tectónica de Venezuela y las áreas circunvecinas, la primera fue “Fallas de Crecimiento y su Marco Tectónico, Venezuela Oriental” escrita por Stanley Cebull, luego Gabriel Dengo escribe “problemas de las Relaciones Geológicas entre América Central y La Región del Caribe”, seguidamente Hugo Rosales trabaja sobre “La Falla de San Francisco en el Oriente de Venezuela”, y por último, Cecilia Martín Bellizzia realiza “Interpretación Tectónica de la Parte Norte de América del Sur”. Se destaca, que este mismo congreso en su tomo III se realiza la publicación del artículo de Guillaume, Bolli y Beckmann, pero este había sido escrito tres años antes en un informe interno de la Creole, por tal motivo la referencia fue realizada para 1969.

En 1976, se publica la edición del Segundo Congreso Latinoamericano de Geología, en donde Ettore Marcucci escribe sobre “Ftánitas del Cretáceo Superior de Venezuela Occidental y Oriental: Tipo, Origen, Ambiente de Formación y Cambios Diagenéticos”, las muestras estudiadas fueron tomadas en Cumanacoa de los afloramientos de la Formación San Antonio.

En 1977, John Hay y Richard Aymard publican “El Cretáceo en el Subsuelo de Anzoátegui y Parte de Monagas Cuenca de Venezuela Oriental”, en donde se realiza la descripción litológica e identificación de fósiles, por medio de los núcleos de subsuelo recuperados para la zona sur de la Serranía Interior Oriental de Venezuela.

En 1980, V. Campos, S. Osuna y V. Vivas realizan una investigación sobre “Geología del Borde Oriental del Frente de Montañas de la Serranía del Interior, Estados Miranda, Guárico y Anzoátegui”, en esta realiza una descripción estratigráfica tomando en cuenta la distribución espacial de los cuerpos de roca por el arreglo estructural del sector.

En 1985, la Universidad de Bretagne Occidentale de Francia contribuyo para la realización de una tesis doctoral titulada “La Serranía Del Interior Oriental (Venezuela) sur le Transect Cariaco-Maturín- Syntheses Paelogeographique et géodynamique” a cargo de Tristan Rossi, en esta se realiza el levantamiento geológico estructural de la zona y dedican un capítulo para la descripción de las unidades del Cretáceo Superior.

En 1987, Víctor Vivas desarrolla su tesis doctoral “Bioestratigrafía del Cretáceo de la Región de Bergantín Santa Inés, estado Anzoátegui, Venezuela nor-oriental”, realizando un trabajo estratigráfico detallado para cada de una de las regiones levantadas, en la cual incluía El Morro de Barcelona, sector sur-oeste de la Isla Borracha y sector este de la Isla Chimana Grande. Para este mismo año, Oliver Macsotay e Ivón Bladier publican su investigación titulada “La Zona de Fallas Neotectónicas de Cumana, en la Región del Golfo de Cariaco, Venezuela”, donde incorporan a la neo-tectónica actual y novedosos aportes en la zona de fallas de El Pilar.

En 1988, fue público el informe sobre “Inyectitas Clásticas Asociadas a Desplomes en Sedimentitas Batiales del Cretácico Superior de Venezuela Nor-oriental”, para el cual Vivas, Macsotay, Furrer y Alvarez incluyen una explicación de los procesos de formación de cuerpo tabulares, diagonales y verticales presentes como rasgo característico de la Formación San Antonio.

En 1995, en el IX Congreso Latinoamericano de Geología Víctor Vivas y Oliver Macsotay publican “Dominios Tectono-Estratigráficos del Cretácico-Neógeno en Venezuela Nor-oriental”, en donde con base a todas sus investigaciones (dentro de una franja que se extiende hasta Cumanacoa) clasifica a la zona norte de Barcelona dentro del Dominio Archipiélago Guaiquerí-Manare.

En 1997, Pablo Valera trabaja sobre la “Geotermia y pull-apart en Formación, Estado Sucre-Venezuela”, aplicando dentro de su modelo concepto de otras cuencas con similares características. Por otro lado, Macsotay, Vivas y Peraza hacen importantes aportes al publicar “Inyectites as Indicators of Syn-tectonic Activity in the Cretaceous-Paleogene Sediments of Venezuela”. Asimismo, Garbán, López, Mónaco y Lira realizan una evaluación sobre “Condiciones Paleoambientales de Sedimentación en la Formación Querecual, Edo. Anzoátegui, Venezuela”.

En 2008, el Servicio Geológico de Venezuela reedita los trabajos: *Sistema Montañoso del Caribe, Borde Sur de la Placa Caribe ¿Es una Cordillera Aloctona?*, de Alirio Bellizzia, y *El Sistema Montañosos del Caribe, Norte de Sur América*, de Alirio Bellizzia y Gabriel Dengo.

De 1990 a 2016 se han realizado innumerables trabajos (tesis doctorales, maestría y de grado en geología) para la región nor-oriental de Venezuela: Estratigráficos, Paleontológicos y Tectónicos, los cuales han contribuido en el entendimiento de las cuencas sedimentarias del cretácico y terciario para la serranía Interior Tramo Oriental, excluyendo el sector que se planteó para esta tesis, sin embargo son útiles para el entendimiento de la estratigrafía en los sectores aledaños a dicha zona de estudio.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE TRABAJO

INTRODUCCIÓN

Los programas de investigación de una determinada área de las ciencias geológicas, han demandado al profesional esquematizar las actividades propias del mismo, partiendo desde la identificación del problema, estableciendo sus causas y consecuencias. Con este desarrollo se fundamenta una estrategia general que estaría constituida por un conjunto de estrategias operacionales tácticas o en su defecto acciones operacionales; este conjunto de estrategias planteadas serán organizadas bajo un esquema secuencial, tomando en cuenta las políticas de investigación y los planes u actividades a ejecutar para su cumplimiento.

Una vez generada y formulado el conjunto de actividades, el investigador deberá preparar un programa o proyecto, que será supervisado para que finalmente sea desarrollado en el tiempo y lapsos establecidos. Se destaca que el programa contendrá las actividades y sub-actividades, las cuales cumplirán una serie de normativas y procedimientos dependiendo de la actividad científica a desarrollar y su existencia.

Finalmente, la ejecución de cada una de las etapas y fases dentro de un programa enriquecerá en conocimiento a la comunidad científica, por medio de sus resultados y nuevos aportes.

Este capítulo se basa en esquematizar y explicar la metodología diseñada por el autor con el propósito de cumplir con las siguientes actividades:

- a. Realizar el levantamiento Estratigráfico de la rocas del Cretácico Superior (Formación: Chimana, Grupo Guayuta: Formación Querecual, Formación San Antonio y San Juan?, y Formación Río Chávez) al Norte de Barcelona,

comprendiendo las Zonas de El Morro de Barcelona y Las Islas al Norte: La Borracha, Chimana Grande, Chimana del Oeste y Chimana del Sur.

- b. Cartografiar la Geología a Escala 1:25.000 de la Región de Estudio, y escalas a detalle si se ameritan para estudios estratigráficos determinados.
- c. Determinar las edades de las unidades Litoestratigráficas en superficie mediante la identificación de evidencias fósiles, es decir, estudio bioestratigráfico –micro y macro-.
- d. Elaborar la Petrografía de las muestras recolectadas para la descripción micro de las unidades lito estudiadas
- e. Realizar el muestreo de rocas con fines de estudios bioestratigráficos.
- f. Correlacionar de las unidades del Cretácico Superior del sector estudiado.
- g. Actualizar la nomenclatura estratigráfica a través de los estudios bioestratigráficos y litoestratigráficos
- h. Interpretar los paleo-ambientes de las diferentes unidades estratigráficas.
- i. Describir de forma general el patrón estructural tomando como base mediciones de carácter micro y macro tectónicas.
- j. Elaborar los Perfiles Geofísicos: Perfiles Eléctricos de dos dimensiones- Dispositivo Dipolo-Dipolo a secciones estratigráficas que permitan definir la disposición de los estratos de las rocas del Cretácico Superior.

2.1.- Método de Trabajo

La investigación Geológica de este trabajo partió en la identificación del problema, el cual es:

“De acuerdo a una revisión bibliográfica para los estudios geológicos realizados al sector que comprenden el Morro de Barcelona y las Islas al norte, se estableció organizar y plantear una propuesta científica, basada en el enriquecimiento de la literatura para este sector, por medio de las herramientas o especialidades de la geología. No obstante de la revisión bibliográfica no se pudo establecer la

actualización de la nomenclatura estratigráfica y enriquecer la literatura científica-geológica, ya que para el sector antes mencionado carece de estudios geológicos que permitan ilustrarse el proceso evolutivo de estos estudios, debido al vacío de información para los fines de la investigación”.

Para la identificación del problema será necesario comprender las causas generadas a partir del vacío de información para el sector de las Islas Chimanas e Islas Borrachas, los cuales se enumeran a continuación:

- a. Déficit de información geológica en la Islas Borracha e Islas Chimanas.
- b. En los trabajos de investigación hasta ahora publicados en la literatura venezolana y literatura internacional no se ha establecido una cartografía a detalle de las unidades del Cretácico superior para las Islas al norte de Barcelona.
- c. No se presentan en la literatura actual trabajos del Cretácico superior para las Islas al norte de Barcelona que permitan sustentar los modelos tectono-estratigráficos hasta ahora realizados.
- d. No se presentan la diferencia de las unidades que definen el Grupo Guayuta en la Isla Borracha.
- e. No se han identificado a detalle las unidades litoestratigráficas del Cretácico superior, partiendo de la posibilidad de un cambio de nomenclaturas estratigráficas basados en estudios más recientes a áreas contiguas.
- f. No se ha realizado la identificación de especies fósiles, o registro de vida antigua que permita definir un estudio bioestratigráfico propio para cada unidad litoestratigráfica del Cretácico Superior en la Islas Chimanas o Islas Borrachas.
- g. No se puede establecer una correlación litoestratigráfica regional y local por falta de columnas estratigráficas en las Islas al Norte de Barcelona para el Cretácico Superior.

- h. No se presentan medición de estructuras planares a detalle que permitan establecer o fundamentar la interpretaciones actuales o puntualizar nuevas estructuras, ya sea plegamientos o fallas en cualquiera de sus clasificaciones.
- i. Ausencia de estudios geofísicos a detalle, que permitan diferenciar las unidades y su configuración espacial.

A partir de las causas del problema se derivan las consecuencia y un conjunto de descriptores que permitieron diseñar un esquema lógico de acciones y orientaciones que deben implementarse en la investigación, abordadas estas por medio de estrategias específicas y sub-específicas, dando cumplimiento a los objetivos planteados para la investigación.

A tal efecto, el estudio estratigráfico planteado se fundamentará en cuatro (4) etapas:

2.1.1- Etapa para la consulta de informes pre-existentes, elaboración del programa de investigación y los métodos de recolección y procesamiento de los datos geológicos (Etapa Pre-Campo): consiste en la compilación del material bibliográfico: informes públicos y privados, artículos geológicos – revistas de investigación, libros, tesis de pre y post-grado, entre otra referencia que mantenga una estrecha relación referente a los estudios estratigráficos de la zona o a los métodos de campo a implementar. Una vez compilado se procederá a su lectura y procesamiento, para su análisis y comprensión.

2.1.1.1.-Definición del problema, objetivo general y específicos: Al implementar un correcto orden de los datos geológicos de las anteriores investigaciones se plantea el anteproyecto de tesis, en donde se va a esquematizar el proceso de investigación para la zona de estudio, a través del planteamiento del problema y las circunstancias que involucrarán su resolución, permitiendo optimizar los recursos profesionales y económicos, léase “Capítulo I: Generalidades”.

2.1.1.2.- *Delimitación de la zona de estudio:* la zona de estudio comprende la zona sur de la Isla Chimana Grande (cercano a una franja entre los 800 a 1000 metros), la Isla Chimana del Sur, Chimana del Oeste, el extremo este de la Isla Borracha (desde su fila hacia el este, ubicada esta fila en la parte media de la isla con orientación NE a SW), y el Morro de Barcelona, sumando un área total de 16 km².

2.1.1.3.- *La digitalización de las hojas:* para esta actividad se consulta y digitalizan las bases cartográficas considerando las escalas; el proceso de digitalización se realizó con el programa ArcGis a las hojas H14, I14, J12, J13 y J14 de la Dirección General Sectorial de Desarrollo Urbanístico y la Dirección de Planeamiento Urbano (1980), la hoja preliminar 7246-I-NO de la Dirección de Cartografía Nacional (SA) y El Mapa Topográfico y Geológico de la Zona Puerto La Cruz – Pertigalete - Hoja A del Servicio Técnico de Minería y Geología (1948).

2.1.1.4.- *Interpretación de fotografías aéreas:* se consultan la Misión 0401188 de la Dirección de Cartografía Nacional (1998) y la Misión 0401174 de la Dirección de Cartografía Nacional (1992), en donde se realizan las interpretaciones de las estructuras geológicas, derivando de está los transeptos o rutas para su estudio, la logística de levantamiento de los datos geológicos y los accesos para tal fin.

2.1.1.5.- *Cartografía Geológica:* El área de estudio se basó en la consulta de los trabajos geológicos realizados por los alumnos del 4to año de la carrera de Geología de la Universidad Central de Venezuela (revisado por Clemente González de Juana en 1942), los mapas de Guillaume et al (1969) y de Sandra Cabrera.

2.1.1.6.- *Las simbologías o leyendas de los mapas:* La nomenclatura para los símbolos estratigráficos fueron establecidas basándose en la publicación Cartografía Digital Estándar para la Simbología de los Mapas Geológicos del Servicio Geológico de los Estados Unidos -USGS- para el 2006, en El código de

Color acordado por el USGS para el 2004, y en los colores establecidos por el Instituto Nacional de Geología y Minería para las unidades litoestratigráficas en los mapas de Barcelona, Santa Inés y Santa Fe de Caicedo y Benaim (2009); para establecer las unidades estratigráficas se revisó el Código Estratigráfico Norteamericano del 2010, y la Guía Estratigráfica Internacional de Hollis Herdberg (1980).

2.1.1.7.- Toma de datos: para la recolección de datos no será necesario diseñar fichas o minutas, sin embargo, los datos de campo geológico fueron tomados cumpliendo un patrón, los cuales serán las anotaciones realizadas en la libreta de campo.

El patrón consistía en tomar datos geológicos de las secciones estratigráficas en superficie de una determinada región, estos datos son:

- a. Espesor capa a capa en centímetro o metro, dependiendo de la facilidad al apuntar el dato en la libreta,
- b. descripción litológicas de las principales propiedades de las rocas, las cuales son: composición, textura, fábrica, estructura y color,
- c. Medir el rumbo y buzamiento de las estratificaciones,
- d. Muestreo de la roca,
- e. Toma o registro de fósiles o marcas de vida antigua, de presentarse.
- f. Toma de fotografía, orientadas y a escala.
- g. Establecer la geo-referenciación de todos los puntos anteriores.
- h. Descripción de la geología estructural del sector, de manera de establecer una guía en el momento de elaborar el mapa geológico, la columna estratigráfica o los cortes geológicos.

2.1.1.8.- Enumeración de las muestras: Las muestras recolectadas deben estar geo-referenciadas, subrayando además de forma descriptiva (con un

marcador) el plano de estratificación, enumerarla de acuerdo a la salida de campo, y establecer una anotación en la libreta de campo (número de la muestra y coordenadas).

Para las muestras tomadas en el Morro de Barcelona se estableció identificarlas con una letra inicialmente “M” -muestra- y el número de la muestra siguientemente, incrementando el número de acuerdo a la siguiente muestra tomada de forma continua, independientemente del sector levantado.

Ejemplo: M1, Muestra 1 del Morro de Barcelona.

Para las muestras tomadas en la parte sur de la isla Chimana Grande sector Puinare y zona sur central de la Isla Chimana Grande se estableció identificar las muestras con una letra inicialmente “M” -muestra-, seguido de un punto y finalmente del número de la muestra, incrementando el número de acuerdo a la siguiente muestra tomada de forma continua; en la libreta se establecerá su ubicación, ya sea si es en la zona oeste de Chimana Grande “Puinare” o en los Morros de la zona central de Chimana Grande.

Ejemplo: M.1, Muestra 1 de Chimana Grande Puinare o Morros del Sector Central de la Isla.

Para las muestras tomadas de Chimana Grande sector este y Chimana del Sur se estableció identificarlas con una letra inicialmente “M” -muestra-, seguido de un guión y finalmente del número de la muestra, incrementando el número de acuerdo a la siguiente muestra tomada de forma continua; en la libreta se establecerá su ubicación, ya sea si es en la zona este de Chimana Grande o en Chimana del Sur.

Ejemplo: M-1, Muestra 1 de Chimana Grande sector este o Chimana del Sur.

Para las muestras tomadas de Chimana del Oeste se estableció identificarlas con una letra inicialmente “M” -muestra-, seguido de un punto y finalmente del número de la muestra, incrementando el número de acuerdo a la siguiente muestra tomada de forma continua; en la libreta se establecerá su ubicación. Se destaca que las muestras de Chimana del Oeste están georeferenciadas y este aspecto que las distinguen de las muestras de Puinare y los Morros del sur-central del sector de Chimana Grande.

Ejemplo: M.1, Muestra 1 de Chimana del Oeste.

Por último, para aquellas muestras tomadas en la Isla Borracha se estableció identificar las muestras con una letra inicialmente “MB” -muestra-, seguido del número de la muestra, incrementando el número de acuerdo a la siguiente muestra tomada de forma continua, en la libreta se establecerá su ubicación.

Ejemplo: MB1, Muestra 1 de las Isla Borracha.

Para la tercera salida de campo, se estableció un número secuencial a medida que se tomaba las muestras, independientemente del sector.

Ejemplo: 1, Muestra 1 de la tercera salida de campo.

2.1.2.- Etapa de toma de datos geológicos (Etapa de Campo): Para esta etapa fue necesario realizar inicialmente una logística consensuada en el comportamiento meteorológico del sector, basándose en un gráfico estadístico de precipitación elaborado por los datos tomados en la estación meteorológica 80419 desde 1993 hasta 2007 en la Ciudad de Barcelona.

Una vez analizado y concretado los tiempos para la ejecución del campo se procedió a programar cuatro salidas a la región de estudio, estableciendo para esta actividad

entre 329 a 420 puntos para la toma de datos de estructuras planares y 177 para la toma de muestras. Las salidas o fases de campo son las siguientes:

- a. La primera salida se estimó para 5 días, en esta salida se permitió establecer acuerdos institucionales entre el Instituto Nacional de Geología y Minería e IMPARQUES, la logística de transporte terrestre y marino -costos- y el levantamiento estratigráfico (características líticas, datos espaciales de estructuras planares, tomas de registro de vida -fósiles- y medición de la dimensiones de la roca y sus componentes -P. ej. Dimensiones de las concreciones-) del flanco este del Morro de Barcelona con su respectiva toma de muestras.
- b. La segunda salida de campo se preparó para 10 días, esta consistió en levantar los datos geológicos (características líticas, datos espaciales de estructuras planares, tomas de registro de vida -fósiles- y medición de la dimensiones de la roca y sus componentes -P. ej. Dimensiones de las concreciones-) para los transeptos de la Isla Chimana Grande - Playa Puinare, y sus adyacencias, y la continuación del estudio al Morro de Barcelona, acompañado del muestreo respectivo para cada sector.
- c. La tercera salida de campo constó de 7 días, para lo cual se habían planteado realizar el levantamiento geológico (características líticas, datos espaciales de estructuras planares, tomas de registro de vida -fósiles- y medición de la dimensiones de la roca y sus componentes -P. ej. Dimensiones de las concreciones-) a los transeptos de la Isla Chimana Grande - tramo Central y Este -, la Isla Chimana del Sur, La Isla Chimana del Oeste y, por último la Isla Borracha, simultáneamente se realizó la fase de muestreo para esta salida.
- d. La cuarta salida de campo se estima para 5 días de campo, para los cuales se implementó realizar estudios geológicos indirectos por medio del método

geofísico - perfilaje eléctrico Dipolo-Dipolo -; los transeptos escogidos fueron: en la Isla Chimana Grande se ejecutaría el perfilaje eléctrico al sector este de la playa Puinare, y el perfilaje eléctrico en el sector Los Naranjos, para la Isla Chimana del Sur se ejecutaría el perfilaje eléctrico en la porción sur de la isla, para la Isla Borracha se ejecutaría el perfilaje eléctrico en la porción nor-este de la isla, y finalmente se ejecutaría el perfil eléctrico en el Morro de Barcelona en su parte central, sector este.

Las fases de obtención de datos para dar fiel cumplimiento a los objetivos de la investigación, se muestran a continuación:

2.1.2.1.- Descripción visual de las rocas en superficie: como es conocido por los geólogos, las unidad litoestratigráfica es un cuerpo definido de estratos sedimentarios, ígneos extrusivos, metasedimentarios o metavolcánicas, que se distingue y delimita por sus características líticas y su posición estratigráfica, USGS (2010), siempre y cuando la deformación no afecte espesores, y la identificación de la base y el tope. Las características para definir una unidad litoestratigráfica se basan en:

a.- Límites: los límites de las unidades litoestratigráficas se ubican en lugares de cambio lítico; estos se ubican en contactos definidos o pueden fijarse arbitrariamente dentro de las zonas de gradación. Los límites horizontal o vertical se basan, por lo tanto en los criterios líticos que proporcionaran mayor unidad y utilidad práctica. Es importante destacar que para la zona del norte de Barcelona, los límites se van a definir mediante los siguientes criterios: a.1.- límites en una secuencia gradacional vertical, a.2.- límites en cambios litológicos laterales, a.3.- uso de los estratos clave como límites, a.4.- discordancias como límites, y a.5.- correspondencia con las unidades genéticas.

b.- Rango de la unidad litoestratigráfica: Las unidades litoestratigráficas presentan rangos de acuerdo a las definiciones del USGS (2010), b.1.- La Formación es su unidad fundamental, y se define como un cuerpo de roca identificada por sus características líticas y por su posición estratigráfica, es tabular y se puede cartografiar en superficie, aunque no necesariamente presenta estas dos características, pero si es posible cartografiarlo en superficie y seguirse en el subsuelo. B.2.- Miembro, es la unidad de rango inmediatamente inferior a la formación y siempre es parte de una. B.3.- Grupo, es la unidad de rango inmediatamente superior al de formación.

Estos dos primeros puntos, a y b fueron cuidadosamente estudiadas en el desarrollo del punto 2.1.1., para que fueran aplicados durante la fase 2.1.2.

c.- Descripción de la unidad, dentro de los puntos a desarrollar para esta actividad es necesario caracterizar la composición, textura, estructuras primarias, posición estructural, restos biológicos, composición mineral aparente, geoquímica (petrografía sedimentaria), expresión geomorfológica, discordancias o relaciones de corte y edad.

d.- Dimensiones y relaciones regionales, el profesional debe darse idea acerca de la magnitud de una unidad a partir de la información disponible sobre su extensión geográfica; sus variaciones en espesor, composición y expresión geomórfica deben ser apuntados en la libreta.

Material: para realizar esta actividad serán necesarias las siguientes herramientas

- Libreta de campo
- Lápiz
- Cinta métrica,
- GPS navegador Garmin Etrex,
- Brújula Brunton azimutal, y

- Piqueta de Geólogo.

Procedimiento: el geólogo debe realizar una planificación previa a la salida de campo, debe ejecutar dicho itinerario de investigación y describir los afloramientos de acuerdo a las características descritas en este subcapítulo, apuntándolas en la libreta de campo.

2.1.2.2.- Muestreo: Durante las fases de campo y descripción de las unidades, será necesario recolectar muestras de rocas (con un volumen aproximado de 400 cm³), con numeración establecida en el subcapítulo 2.1.1.8 y con una frecuencia que dependerá del objeto de la recolección, el propósito está basado en:

a.- Muestreo para definir las características líticas: para este tipo de actividad es necesario tener presente las características visuales definidas en el subcapítulo 2.1.2.1., y además tener una muestra testigo en función de densificar la información en la descripción de las unidades litoestratigráficas, por lo que al describir una secuencia desde la Formación A, pasando por la Formación B hasta culminar la Formación C, se tomarán un número “n” de muestras a lo largo del recorrido, para este punto la recolección se toma entre 1 a 5 metros paralelo al espesor general de la(s) unidad(es) estratigráfica(s) descrita(s).

b.- Muestreo para elaborar las secciones finas o secciones petrográficas: Esta actividad es interdependiente de la actividad anterior, o en su defecto puede incluirse de acuerdo a ciertos parámetros dentro de la misma, estos parámetros son la elaboración de secciones finas para aquellas muestras representativas de las unidades descritas en las diferentes secciones estudiadas, y la toma de muestras basadas en una característica particular o distintiva durante la descripción de las unidades líticas.

c.- Muestreo para la identificación de fósiles (macro): este muestreo se fundamenta en la toma de muestras que presenten en su interior rasgos de vida antigua, ya sea formas de vida, calcos de las partes duras o incluso partes duras de la especie fósil.

d.- Muestreo para la identificación de fósiles (micro): este muestreo se basa en recolectar muestras de caliza, caliza silíceas, marlitas e incluso limolitas (o lutitas) con el propósito de:

- Elaboración secciones finas *paralelas y perpendicular* a la estratificación, para de esta forma identificar al microscopio especies de fauna. El requisito principal es la toma de muestras cercanas (en centímetros o a lo sumo pocos metros) a los límites de las unidades litoestratigráficas, y en secciones intermedias de las unidades litoestratigraficas.
- Lavado de lutitas que permitan la recolección de sedimentos propios de la roca, y que presenten muestras microfósiles (no realizado para este estudio por los lapsos de tiempo requeridos para tal procedimiento, aunque si hubo la recolección de limolitas y lutitas).

e.- Muestreo para realizar las actividades Cronoestratigráficas: esta actividad se fundamenta en el muestreo 2.1.2.2 b, c y d, las edades que se establecerán para estas unidades serán basadas de acuerdo a su contenido fósil, definiéndose una edad relativa.

f.- Muestreo para definir micro o macro-estructuras: los criterios para tomar una muestra que permita generar una actividad de análisis estructural, se basa en orientar la muestra con la misma la configuración espacial con fue tomada en el afloramiento geológico.

El material: para esta actividad será necesario los siguientes instrumentos de trabajo

- Piqueta de geólogo (sin rasgos de oxidación).
- GPS navegador, Garmin Etrex.
- Bolsas plásticas de dimensiones 80 cm por 30 cm., (el plástico debe ser resistente),
- Un marcador negro o azul punta gruesa,
- Fichas con dimensiones de área de 5 por 4 cm.,
- Libreta de campo y lápiz mongol, y
- Mecate de poco grosor.

Procedimiento: Para extraer una potencial muestra se debe apuntar en la libreta de campo el registro de muestreo (2.1.1.8), estableciendo las coordenadas con el GPS y la descripción correspondiente, la muestra debe ser de alrededor 400 cm³, se debe orientar de acuerdo al plano de estratificación con un marcador, en la ficha se coloca el número de la muestra - el sector de recolección- coordenadas, la muestra se almacena dentro de la bolsa junto con la ficha y se cierra con el mecate.

2.1.2.3.- Levantamiento de estructuras planares: esta actividad se basa en establecer dentro del campo geológico punto de recolección de datos para la medición de estructuras planares de los planos de fallas y la orientación del movimiento, las diaclasas, las estratificaciones -flancos del pliegue-, la superficie axial de los pliegues, la línea de inmersión de los pliegues, la envolvente de las microestructuras, y demás características planares descriptivas de deformaciones. Esta recolección debe realizarse sistemáticamente como se muestra en la figura 2.1., es decir, establecer un orden lógico de la toma de datos y la función al tomar el dato, considerando la escala de levantamiento y la densidad de la información.



Fig. 2.1: De Izquierda a derecha (a) Medición de estructuras planares, (b) Medición de un plano que define una determinada estructura planar o lineación, (c) Clasificación de la estructura geológica, (d) Definición de líneas y planos basados en mediciones de campo y en estructuras de deformación, (e) Definición de las envolventes de deformación, (f) Muestreo de estructuras micro y macro, (g) Análisis Estructural, y (h) Modelo de Deformación en la roca o Unidades Litoestratigráficas (escala local), basado en los fundamentos de Hobbs B. Means y Williams (1981).

Material: para la realización de esta actividad el geólogo debe contar con las siguientes herramientas:

- Brújula Brunton, y
- Lápiz y libreta de Campo.

Procedimiento: Al realizar una medición se debe establecer el buzamiento del plano, siendo el ángulo de mínima pendiente, además de su rumbo, que representa la orientación con respecto al norte, P ej. N45°E (N: norte; S: sur, E:este y W:oeste y 45 el ángulo desde N hasta E); se anota esta medición en la libreta de campo junto con las coordenadas y que tipo de plano se mide: fallas, estratificación, diaclasas, etc., y de ameritarse agregar alguna observación se apunta después de la toma del dato en la libreta de campo.

2.1.2.4.- Levantamiento Geofísico, Método Eléctrico Dipolo-Dipolo:

los métodos eléctricos son aplicados para prospección somera (500 metros), por medio del contraste de las propiedades eléctricas de los materiales en el subsuelo.

Método y materiales: El Método Eléctrico que se aplicará para la prospección es el Dipolo-Dipolo, y los materiales a usar para este serán:

- Transmisor y Receptor de corriente *Saris de la SINTREX*.
- Cables ristra para medición de voltaje.

- 10 Electrodo de acero inoxidable de aproximadamente 1 metro de largo por 1,5 cm. de diámetro, y
- Un GPS navegador.

Procedimiento: Se debe en primer lugar escoger la calicata, línea o perfilaje eléctrico, el cual consiste en hacer mediciones a lo largo de una línea con una configuración geométrica de longitudes constantes que dependen de la profundidad de sondeo y el tipo de distribución que se haya elegido. La técnica permite determinar las variaciones de la resistividad aparente en diferentes puntos, para una profundidad teórica de investigación.

Se colocan 10 electrodos con separación “a” metros entre cada uno, los dos primeros electrodos funcionan como inyectores de corriente con pulso de duración 4 segundos, los 8 electrodos restantes se mide la respuesta del suelo como diferencia de potencial, como se muestra en la figura 2.2. La emisión y recepción de corriente será realizada con el equipo Saris de la SCINTREX, y los electrodos respectivamente.

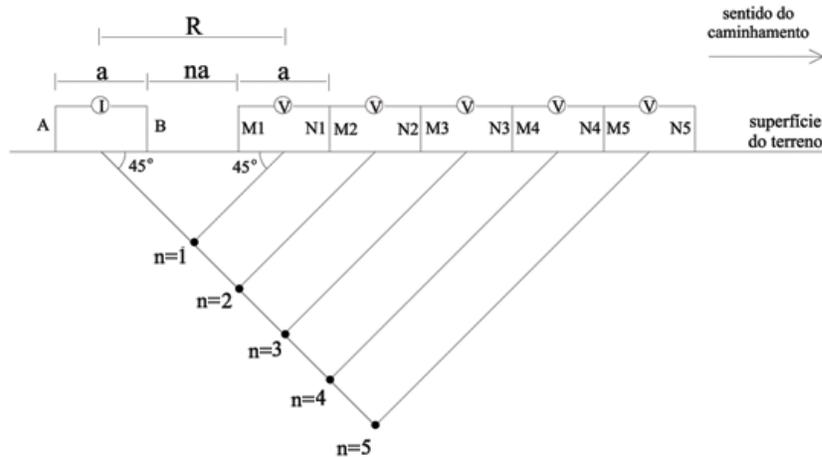


Fig. 2.2: Disposición geométrica de los electrodos, tomado de Coaracy O., Gandolfo B. y Faraco J. (2007).

Se puede operar moviendo los electrodos de corriente en cada posición de medida, simultáneamente con los electrodos de potencial o bien manteniendo fija la posición

de los electrodos de corriente y moviendo los electrodos de potencial, como se muestra en la figura 2.3.

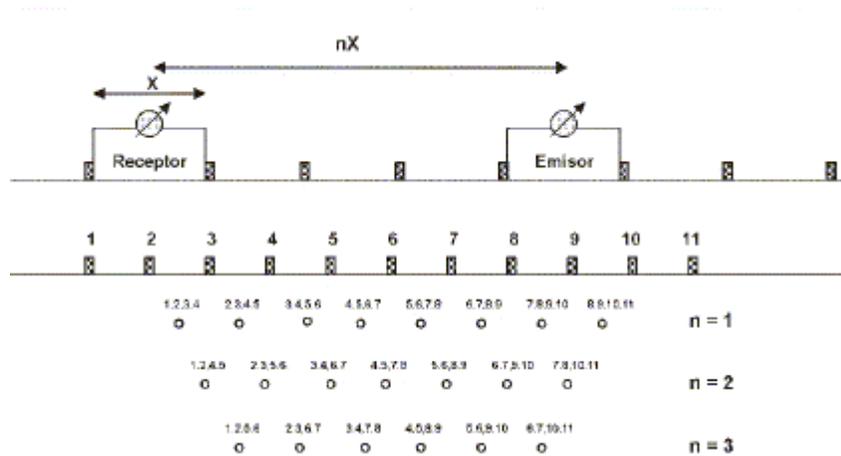


Fig. 2.3: Toma de datos geofísicos a partir de método eléctrico Dipolo-Dipolo para una primera puesta $n=1$, $n=2$ y $n=3$, Tomado de Kostadinoff J., Bjerg E., Mogessie A., Raniolo A., Alvarez G. y Santiago E. (2004).

La distancia entre los electrodos de potencial debe mantenerse fija en todos los puntos de medición, y depende del espesor y resistividad de los terrenos en estudio.

Cuando se hacen las mediciones de resistividad aparente en varios puntos es necesario ubicarlos topográficamente, para establecer sus relaciones sobre todo cuando además de secciones geo-eléctricas se van a preparar mapas con curvas de iso-resistividad.

Aplicación: Se aplicaron cinco perfiles eléctricos con las siguientes características

- a. Perfil Eléctrico “Chimana del Sur”, abertura entre los electrodos 20 metros (a), con siete (7) puestas de $n=1$ hasta $n=7$, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.
- b. Perfil Eléctrico “Chimana Grande Sector Este – Los Naranjos”, abertura de 10 metros (a), con seis (6) puestas de $n=1$ a $n=6$, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.

- c. Perfil Eléctrico “Chimana Grande Sector Oeste – Este de Playa Puinare”, abertura de 3 metros (a), con seis (10) puestas de n=1 a n=10, y cada puesta fue realizada con 10 electrodo.
- d. Perfil Eléctrico “Borracha Sector Este – Centro”, abertura de 10 metros (a), con nueve (9) puestas de n=1 a n=9, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.
- e. Perfil Eléctrico “Morro de Barcelona Sector Este-central”, abertura de 4 metros (a), con once (11) puestas de n=1 a n=11, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.

2.1.2.5.- *Registro fotográfico*: Esta actividad se basa en fotografiar a una determinada escala gráfica, la cual dependerá del detalle para describir un determinado imagen de interés.

Material: Para realizar esta actividad “El registro fotográfico” se implementarán las siguientes herramientas:

- Una cámara CANON de 12 megapixels,
- Una memoria interna de 1 gigabytes, y
- Una libreta de campo para el control del registro de las fotografías.

Procedimientos: Durante el levantamiento de las secciones geológicas, la interpretación de estructuras geológicas, los componentes líticos de una capa o una secuencia de capas, o cualquier registro fotográfico que represente un interés al investigador se procedió a capturar un conjunto de imágenes mediante un cámara “CANON” de 12 megapixels.

Al registrarse una fotografía el investigador debería apuntar en la libreta de campo su ubicación en coordenadas, orientar la fotografía azimutalmente, el

objeto de la fotografía, escalar mediante un objeto de una determinada dimensión “conocida” y establecer una breve descripción del objeto a fotografiar en la libreta de campo.

El registro de la fotografía es lineal, es decir desde el 1 y sucesivamente hasta “n”, siendo “n” un número entero.

2.1.3.- Etapa de laboratorio: en la etapa de laboratorio fue necesario establecer un conjunto de actividades y métodos, con el fin de sacar el mayor provecho de los datos tomados en campo. Los métodos de laboratorios empleados serán:

2.1.3.1.- Petrografía Sedimentaria: El método que se empleara para la descripción petrográfica de una muestra será establecido para dos clasificaciones, las cuales se nombran y describen a continuación, según el autor:

a.- Folk para 1962 publica quizás la clasificación de mayor uso para las calizas de origen marino, estableciendo su análisis por la textura y la composición. La textura la distingue por medio de los siguientes elementos:

- Terrígenos: son aquellas partículas cuya procedencia es fuera de la cuenca, que pueden ser partículas de carbonato (extraclastos), o no serlas (terrígenos).
- Aloquímicos: Son partículas carbonatadas propias de la cuenca, se subdividen en:
 - Intraclastos: Sedimentos carbonatados tamaño arena o rudita, y de forma variada.
 - Oolitos: Partículas esferoidales y ovoidales, con estructura radial concéntrica.
 - Fósiles: caparzones o restos de organismos sin romperse, es decir, que puedan ser identificables.

- Pelets: Partículas de forma esferoidal de tamaño limo u arena, sin estructura interna.
- Ortoquímicos: Son partículas provenientes de los precipitados de carbonato, se subdividen en:
 - Micrita: Lodo de calcita microcristalina, cristales de 1-4 micras, que son el producto de precipitación química o bioquímica, pueden constituir sedimentos o rocas, exclusivamente, o en su defecto formar parte de la matriz de las rocas carbonáticas con abundancia de aloquímicos.
 - Esparita: Es el cemento de calcita con cristales superiores a 10 micras del microscopio, su génesis fue, o relleno de poros posterior a la precipitación de los aloquímicos, o por recristalización de la micrita.

De acuerdo a la relación existente entre los elementos terrígenos, aloquímicos y ortoquímicos, se pueden distinguir varios tipos de rocas. Se consideran rocas carbonáticas cuando el contenido de carbonato es mayor o igual al 50%, de lo contrario el contenido de terrígenos sería mayor y deberá tratarse con otra clasificación. Para las rocas que tengan del 50 al 10% de presencia de terrígenos se les clasifica como rocas carbonatadas impuras, añadiéndole el nombre del material detrítico. Cabe destacar que la roca intermedia entre la caliza micrítica y la arcilla se le denomina marga.

Folk establece cinco (5) tipos de divisiones fundamentales:

- (I) Rocas aloquímicas esparíticas, se definen por presentar una relación mayor al 10% de aloquímicos y cemento esparítico,
- (II) Rocas aloquímicas micríticas, se definen cuando la relación de aloquímicos y matriz micrítica es mayor al 10%,
- (III) Rocas ortoquímicas, presentan menos del 10% de aloquímicos, y además presenta micrita que puede estar o no cristalizada,
- (IV) Rocas arrecifales autóctonas, y por ultimo

(V) Dolomías secundarias.

Para la clasificación es necesario visualizar los componentes dentro de la sección fina, en la figura 2.4 se señalan gráficamente algunos de ellos.

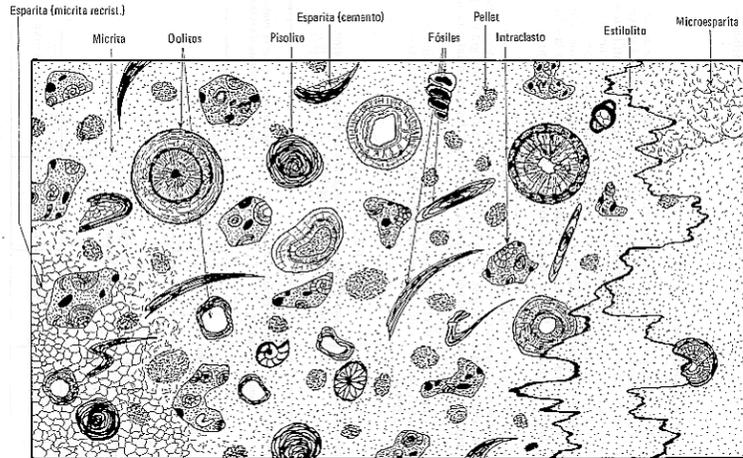


Fig. 2.4: Elementos característicos conceptuales que pueden presentarse dentro de un análisis petrográfico, bien sea: micrita esparita, fragmentos fósiles, pellets, oolitos, esteliolitas, etc.

Los dos primeros tipos, se basan por la presencia de aloquímicos, Folk toma en cuenta para la subdivisión la presencia de intraclastos, además de definir intraesparita o intramicrita a las rocas con más del 25% de intraclastos del total de aloquímicos, asimismo valora y se les denomina ooesparita y oomicrita a rocas con más del 25% de oolitos, para el resto de las rocas donde los intraclastos y oolitos no son más de 25%, la división se establece por su contenido fósil y de pellets. Cuando la relación entre fósiles y pellets es superior a tres, se les denomina bioesparita y biomicrita, al ser inferior son pelesparita y pelmicrita, si se establece la relación entre 3 a 1/3 son definidas como biopesparita y biopelmicrita, obsérvese la tabla 2.1.

Para el tercer grupo, se subdivide en uno que este entre el 1 al 10% de aloquímicos y el otro menor al 1%, y la palabra que segunda a micrita sería del aloquímico con mayor abundancia, P. Ej. Mícrita con intraclastos. Para el tipo IV, no se establecen subdivisiones y se le denomina biolitito (tabla 2.1).

Las rocas tipo V, se les denomina dolomía de sustitución y se subdividen en dos grupos, el primero cuando al describirse se observan restos o sombras de aloquímicos de rocas anteriores, mientras que el segundo no se ven (tabla 2.1).

b.- Dunham para 1962, representa una clasificación basada en la textura originaria del sedimento carbonatado, de donde se ha originado la roca. El autor distingue 6 clasificaciones o tipos de rocas carbonatadas, una de ellas que incluye todas en la que la textura original no puede ser reconocible, mientras que los cinco restantes se caracterizan por su textura, obsérvese los seis tipos de rocas para esta clasificación en tabla 2.2.

Dunham (1962) atribuye a las cinco categorías términos de habla inglesa, sin traducción al español, donde presta gran importancia al lodo, considerándolo depósitos de poca energía. Otro aspecto considerado por el autor fue el armazón de la roca, lo cual lo divide en armazón de la roca y armazón del lodo, para este primero los contactos de los granos que lo componen es el que soporta la roca, mientras que el segundo es el lodo el que soporta la roca y los granos están embebidos dentro de este.

Tabla 2.1: Clasificación de Folk para las Rocas Carbonatadas

		CALIZAS, CALIZAS PARCIALMENTE DOLOMITIZADAS Y DOLOMIAS PRIMARIAS				Dolomías de Sustitución					
		Más del 10% de aloquímicos Rocas Aloquímicas Tipos I y II		Menos del 10% de aloquímicos Rocas Microcristalinas Tipo III		Rocas de Biohermos Tipo IV	Con “sombras” o “fantasmas” de Aloquímicos	Sin “Sombras” de Aloquímicos			
		Cemento esparítico más abundante que la matriz micrítica	Matriz micrítica más abundante que el cemento esparítico	De i a 10% de Aloquímicos	Menos del 1% de Aloquímicos						
		Tipo I Rocas Aloquímicas Esparíticas	Tipo II Rocas Aloquímicas Microcristalinas								
COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DE ALOQUÍMICOS	Más del 25% de Intraclastos (i)	Intra-Esparrudita (Ii:Ir)	Intra-Microrrudita* (Ii:Lr)	Según Aloquímico más abundante	Mícríta con Intraclastos * (IIIi:Lr) (IIIi:La)	Mícríta (IIIm:L) Parcialmente recristalizada: Dismicríta (IIImx:L) Si es una dolomía primaria, Dolomícríta (IIIm:D)	Bioilitito (IV:L)	Según Aloquímico visible	Vg: Dolomía intracrística finamente cristalina (Vi:D3), etc.	Ejemplos	
		Intraesparita (Ii-La)	Intramícríta * (Ii:La)						Mícríta con Oolitos * (IIIo:Lr) (IIIo:La)	Vg: dolomía oolítica groseramente cristalina (Vo:D5), etc.	Dolomía medianamente cristalina (V:D4)
	Ooesparrudita (Io:Lr)	Oomícrúrrudita * (Io:Lr)	Mícríta con Fósiles (IIIb:Lr) (IIIb:La)						Vg: Dolomía biogénica afanocristalina (Vb:D1), etc.	Dolomía finamente cristalina (V:D3)	
	Ooesparita (Io-La)	Oomícríta * (Io:La)	Mícríta con Pelets (IIIp:La)						Vg: Dolomía peletífera muy finamente cristalina (Vp:D2), etc.	Et	
	Menos del 25% de Intraclastos	Más del 25% de Oolitos (o)	Bioesparrudita (Ib:Lr)	Biomicrorrudita (Ib:Lr)							
			Bioesparita (Ib:La)	Biomícríta (Ib:La)							
		Menos del 25% de Oolitos (Relación de volúmenes de Fósiles a Pelets)	>3/1 (b)	Biopelmicríta (Ibp:La)							Biopelmícríta (Ibpb:La)
			3/1-1/3 (bp)	Pelesparita (Ip:La)							Pelmícríta (Ipb:La)
		< 1/3 (p)									

Se marcan con asterisco las rocas poco frecuentes. En el texto se incluyen las formas de nomenclaturas, figura tomada de Corrales et al. (1977).

Tabla 2.2: Clasificación de Dunham, tomado de Dunham (1962).

TEXTURA ORIGINAL VISIBLE					TEXTURA ORIGINAL NO VISIBLE
CONTENIDO DE LODO MICRÍTICO		Armazón de granos	Falta el lodo. Armazón de granos	Formados por crecimientos	
Menos del 10% de los granos	Más del 10% de los granos				
MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNSTONE	CARBONATOS CRISTALINOS

El objetivo principal de esta clasificación fue el análisis de la energía del paleoambiente, por lo que el *mudstone* representa la menor energía en su proceso de formación, mientras que el *grainstone* y el *bounstone* fueron formados por mayor energía en su paleoambiente.

Posteriormente, Embry y Klovan para 1971 realizan una modificación de esta versión de Dunham y añadieron a la versión de Dunham subdivisiones de las existentes, véase la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Clasificación de Rocas Carbonáticas de Dunham para 1962 con modificaciones de Embry & Klovan (1971).

Depositional texture recognisable						Original components organically bound during deposition			Depositional texture not recognisable
Contains mud (clay and fine silt-size carbonate)				> 10% grains > 2mm		Boundstone			
Mud-supported		Grain-supported	Lacks mud and is grain-supported	Matrix-supported	Supported by > 2mm component	(may be divided into three types below)			
Less than 10% grains	More than 10% grains					By organisms which act as baffles	By organisms which encrust and bind	By organisms which build a rigid framework	
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone	Crystalline

2.1.3.2.- *Identificación de fósiles*: En la nomenclatura formal de cualquier especie, viviente o fósil, los taxonomistas siguen el sistema biológico de Linneo, donde cada especie está definida por dos nombres: el genérico y el específico. La definición de

una especie en paleontología, como en la mayoría de las especies vivientes, debe estar basada en criterios morfológicos.

Cuando se hace el intento de distinguir la especie en una fauna recientemente descubierta, el paleontólogo debe separar los individuos fósiles en grupos morfológicamente similares, por ejemplo braquiópodos. Esta actividad se realiza consultando las monografías paleontológicas o artículos que contienen la descripción técnica detallada e ilustraciones de los tipos de fauna similares, previamente descritos y de similar edad, comparando las especies punto a punto. Algunas de las especies podrían resultar idénticas a las especies descritas o presentar solo variaciones menores, que podrían deberse a variaciones locales de la misma especie.

La identificación de la especies fósiles, tanto micro como macro, se fundamentará en el reconocimiento y clasificación de la especie para enmarcar su geocronología y su paleoambiente como prioridad, una vez establecidos estos dos últimos parámetros se determinará la paleoecología, paleobiogeografía, geocronometría y bioestratigrafía, si es posible interpretarse a la especie en cuestión.

2.1.3.3.- Estudio Estructural: Se realizará un estudio estructural para la región de estudio a través del programa StereoNett, el cual es un *software* que permite la ejecución y proceso de proyecciones estereográficas, visualizando gráficamente la disposición espacial de las discontinuidades presentes en las estructuras geológicas y rocas.

2.1.3.4.- Elaboración de columnas y cortes: La elaboración de columnas de las unidades litoestratigráficas será realizada en el programa AutoCAD Versión 2016, el cual permitirá representar gráficamente de acuerdo al diseño de la columna el espesor de las capas y secuencias, su descripción, la litología y su dureza de las mismas, la ubicación relativa de las muestras recolectadas, la representación gráficas de los análisis de las secciones finas, las especies fósiles, la morfología de las capas, los paleo-procesos de la roca, las edades relativas, y el paleo-ambiente de depositación.

Los cortes o secciones estratigráficas permitirán representar las estructuras geológicas en dos dimensiones (2D), de acuerdo a la sección escogida por medio del programa AutoCAD versión 2016

2.1.3.5.- Elaboración del Mapa Geológico Estructural: Este mapa se diseñara en el programa ArcGis, el cual es un *software* que permite representar en planta las unidades estratigráficas en superficie y los elementos geológicos, a una determinada escala gráfica.

Para la cartografía geológica se usará la nomenclatura estándar digital para la cartografía de la USGS (2006), el código de colores de la USGS (2004), las normas para la cartografía geológica de los mapas 1:100.000 del INGEOMIN (2010), en concordancia de la terminología de la Guía Estratigráfica Internacional, subcomisión Internacional de clasificación Estratigráfica de la Comisión de Estratigrafía de la UICG, Hollis (1980) y el Código Estratigráfico Norteamericano (2010).

2.1.3.6.- Elaboración de los Perfiles Geo-eléctricos: Las secciones geofísicas mediante el método eléctrico Dipolo-Dipolo se diseñaran en el programa RES2DINV, el cual es un software que por medio de ingresar una serie de datos de resistividad permite la representación gráfica en 2D.

2.1.3.7.- Correlación estratigráfica e interpretación de los paleo-ambientes de depositación: La fase de correlación de las unidades litológicas se basa en establecer por medio de los mapas geológicos, de las columnas estratigráficas, de los cortes geológicos, de la información paleontológica, y de la descripción litológica, la correlación espacial de las unidades litoestratigráfica dentro de la región de estudio por medio de los puntos de comparación o reciprocidad entre los elementos estratigráficos

Por otro lado, la interpretación de los ambientes sedimentarios consiste en realizar un estudio de las características sedimentarias que componen a las rocas, ya sea el tipo de roca, las especies fósiles que las componen, el armazón sedimentario, los minerales presentes

dentro de la formación (primarios o secundarios), la relación de proporción entre los diferentes tipos de rocas, estructuras sedimentarias y la relación espacial “correlación estratigráfica de la región”

2.1.3.8.- Análisis, conclusiones y recomendaciones: Una vez consultado la bibliografía existente, recabado los resultados de campo y procesados mediante el software señalados, se procederá al análisis de dicha información, para que finalmente dar las conclusiones y recomendaciones de la investigación desarrollada.

CAPITULO III

GEOLOGÍA REGIONAL

INTRODUCCIÓN

La geología del extremo oeste de la Serranía Interior Oriental comprendida en las cercanías de las ciudades de Barcelona y Puerto La Cruz en continente, sumado a las islas al norte de Barcelona (La Borracha, El Borracha, Los Borrachitos, Chimana Grande, Chimana del Oeste y Chimana del Sur), han representado un gran atractivo científico para estudios geológicos en sus diferentes disciplinas, ya sean bioestratigrafía, geocronología, litoestratigrafía, petrografía sedimentaria y tectónica.

La configuración geológica actual de las rocas comprendidas del Cretácico Superior al Cuaternario han permitido disponer al científico de una ventana geológica que mediante su formación académica dan una comprensión equilibrada de los procesos evolutivos de la cuenca, creando reseñas para este aspecto desde 1928 a la fecha; consecuentemente los geólogos han creado modelos estratigráficos y tectónicos que den continuidad contextual y soporte a los nuevos hallazgos geológicos, dando en estos un espectro con mayor aproximación de las condiciones paleo-geográficas de las cuencas sedimentarias, incrementando a su vez el soporte de sus modelados.

Por consecuencia, la geología regional para el sector de la Cordillera Interior tramo Oriental, continental y en plataforma marina, ha tenido variaciones en la reasignación de la nomenclatura estratigráfica en la medida que los trabajos de investigación han evolucionan, enriqueciéndose por nuevas líneas investigación y en aplicación de herramientas de laboratorio de acuerdo al área a desarrollar. Por tal motivo, este capítulo describirá la geología regional con especial énfasis del área de estudio.

3.1.- Geología Estratigráfica Regional:

3.1.1.- Mesozoico:

3.1.1.1.- Formación Chimana (Albiense Inferior – Albiense Superior).

Liddle en 1928 no hace distinción de esta secuencia y la atribuye a parte de la Formación El Cantil, Hedberg (1937) presenta una aparente distinción y atribuye parcialmente a la secuencia como capas de Bergantín en el río Querecual, sin incluir esta secuencia dentro de una unidad formal, ni atribuirle límites dentro de la secuencia. Posteriormente, Hedberg y Pyre (1944) presentan un trabajo más detallado a la secuencia haciendo previo estudio del realizado por Hedberg para 1937, pero fue hasta que Rod y Maync en 1954 publican un trabajo sobre la estratigrafía del cretácico, dando atribuciones a Hedberg en 1937 y a Hedberg y Pyre en 1944 en ser los primeros en proponer la Formación Chimana para algunas de los afloramientos en la Serranía Interior Oriental.

En el Léxico Estratigráfico de Venezuela -L.E.V.- (1956) para la Formación Chimana ya se atribuía como unidad formal, sin embargo, no se presenta una descripción dentro del referido léxico, solo en la página 112 en donde hace reseña a la relación estratigráfica con uno de los miembros de Borracha, la cual no es unidad formal para la actualidad.

Para 1961, H. H. Renz hace especial distinción al ubicar la referida unidad dentro de las Formaciones Geológicas para Venezuela, destacando que solo es posible encontrarla en la parte norte y central de la Serranía Interior Oriental. En 1970, el L.E.V. la incluye como unidad formal y le atribuye un espacio para su descripción.

La sección tipo fue ubicada en el extremo oriental de la isla Chimana Grande, al norte de Puerto La Cruz estado Anzoátegui, en donde se describe una secuencia de 100 a

230 m de espesor de lutitas, areniscas glauconíticas y marlitas en alternancia irregular, ya que sus condiciones de depositación fueron muy variantes. Una de las características unificantes es su posición por encima de las calizas negras masivas de la Formación Borracha o El Cantil (dependiendo de la región de estudio), y por debajo de las calizas y lutitas negruzcas en capas delgadas de la Formación Querecual.

De acuerdo con Vivas y Macsotay (1995) el contacto inferior es concordante y contrastante con la Formación El Cantil hacia la parte continental, de igual forma con la Formación Borracha para la parte norte del Estado Anzoátegui, en la Bahía de Santa Fe y los alrededores de Cumaná. El contacto superior es contrastante y transicional con la Formación Querecual. Se encuentra en contacto transicional lateral con la Formación El Cantil en el extremo oeste de la Serranía Interior Oriental.

El ambiente de depositación ha sido considerado por Macsotay en 1980 de plataforma externa a batial; Yoris (1985) atribuye cambios de facies laterales y verticales, por lo tanto, los ambientes predominantes para esta secuencia varían entre plataforma externa, facies de talud superior, y facies de pie de talud con eventos turbidíticos.

Dentro de los aportes paleontológicos más resaltantes para esta unidad se encuentran las identificaciones realizadas por Rod y Maync (1954), en donde distinguen entre géneros de amonites y foraminíferos, otros autores han descrito belemnites, ostrácodos, peces, moluscos, equinoideos, y briozoarios. La edad de esta secuencia de acuerdo al L.E.V. (1997) ha sido puntualizada para el Albiense.

GRUPO GUAYUTA

EL Grupo Guayuta comprende las formaciones Querecual y San Antonio (en orden estratigráfico de más antiguo a menos antiguo), y tiene una gran homogeneidad litológica en todo el oriente de Venezuela, constituyendo una excelente base de

correlación. Su división en las formaciones Querecual y San Antonio en el Río Querecual se basa en la presencia de areniscas y ftanitas en la parte superior del intervalo (Formación, San Antonio).

3.1.1.2.- Formación Querecual (Albiense Superior – Coniaciense Inferior)

Fue descrita en un principio por Liddle (1928) para la secuencia inferior de la llamada Formación Guayuta, posteriormente Hedberg (1937) redefine la secuencia y asciende la formación de Hedberg a Grupo Guayuta, donde para la parte inferior emplea el término de Formación Querecual.

La sección tipo para esta secuencia se establece en el río Querecual al sureste de Bergantín, donde la base fue establecida a 250 m aguas arriba de Paso Hondo hasta alrededor de unos 600 metros de aguas abajo de Paso Hondo, en el estado Anzoátegui. En este sector Hedberg describe una secuencia homogénea y continua de 731,42 metros de calizas en capas delgadas, calizas carbonáceas, marlitas y arcillas calcáreas, su color es negro, aunque en subsuelo han sido reportados colores claros; internamente se presentan concreciones pluricentimétricas discoidales, esferoidales y elipsoidales de caliza, dentro de las calizas y las arcillas, es común observar que las arcillas envuelven las concreciones o simplemente se hacen parte de ellas, por otro lado el contenido de pirita es característico para la unidad, induciendo en ellas fuentes sulfurosas. Por último, se hace frecuente la presencia de caliza silíceas de color negro o capas de ftanitas hacia la parte superior.

El contacto por lo general de la Formación Querecual con la unidad inferior e superior es transicional con la Formación Chimana y San Antonio respectivamente; para la región de Santa Fe y Santa Inés el contacto inferior puede ser transicional con la Formación El Cantil y Formación Chimana. De acuerdo con la tabla de correlación publicada por Vivas y Macsotay (1995) muestran que el contacto inferior puede ser

transicional, interdigitado lateralmente e incluso discordante para la zona central y este de la Cordillera Interior Oriental con otras unidades estratigráficas. Por otro lado, estos últimos autores mencionan que para la zona noroeste de la Serranía e incluso las islas de la Bahía de Santa Fe y norte de Barcelona el contacto es transicional con la Formación Río Chávez; sin embargo González de Juana (1948) y el Servicio Técnico de Minería y Geología cartografían para el contacto superior entre las formaciones Querecual y San Antonio de transición para el sector este y oeste de la Isla Chimana Grande, y el inferior con la Formación Chimana como contacto de falla.

Para Guillaume *et al.* (1969,1971) en la isla Borracha estos establecieron para la Formación Querecual un contacto inferior con la Formación Chimana discordante, específicamente de falla de corrimiento, por otro lado, el contacto superior no fue establecido con la Formación San Antonio, ya que no diferencian el Grupo Guayuta. Estos mismos autores en la Isla Chimana Grande establecen el contacto inferior transicional con la Formación Chimana para el sector oeste, mientras que para el sector este es de contacto de falla con la misma unidad; el contacto superior no fue establecido ya que no se realiza la diferenciación del Grupo Guayuta.

Como punto importante, se destaca que la unidad litológica fue medida en su sección tipo con 750 m. de espesor, en donde 50 de ellos han sido descritos para una zona de falla hacia su base, y esto se ha presentado a menudo de sus afloramientos en la parte basal.

Para Liddle (1928) y Hedberg (1937) el ambiente de depositación para esta secuencia fue atribuido a marino oceánico euxínico y profundo, pero no ha sido certificado por datos geológicos para constatar este tipo de batimetría por numerosos autores; más adelante, geólogos han mencionado que el Grupo Guayuta le atribuyen a una provincia pelágica, González De Juana (1948), aunque otros autores destacan que la secuencia evoluciono en ambientes marinos de aguas poco profundas, por su parte Yoris (1988) destaca que la unidad se restringe al talud medio a inferior en un margen

pasivo para las secuencia que se describen al sur-este de la Serranía Interior Oriental, basándose en la identificación de bioturbaciones y algunos organismos.

La Formación Querecual es rica en foraminíferos pelágicos, siendo característicos los géneros globigerina, gumbelina y globotruncana, además de especies de ammonitas de Inoceramus. Hacia la base abundan radiolarios y ocasionalmente espinas de esponjas. En el Léxico Estratigráfico de Venezuela (L.E.V., 1997) se postuló una edad desde el Albiense Tardío al Santoniense, aunque Vivas y Macsotay (1995) mantienen el período de inicio, estos restringen el período superior a Coniaciense.

3.1.1.3.- Formación San Antonio (Post-Turonense a Maastrichtiense).

Liddle para 1928 atribuye la secuencia de esta unidad a la Formación Guayuta, posteriormente Herdberg (1937) propone elevar dicha formación a Grupo para de esta forma atribuirle a la secuencia superior el término de Formación San Antonio por el Cerro San Antonio ubicado justo al norte de la población de Bergantín, cuya nomenclatura para esta unidad se ha mantenido por trabajos subsecuentes.

Dentro de su investigación Herdberg establece la localidad tipo desde la base de la primera arenisca aguas debajo de Paso Hediondo (600 metros de El Paso) a la base de la gruesa areniscas que forma garganta unos 150 metros aguas arriba de El Paso Santa Anita, en el río Querecual. El autor describe para este sector cerca de 43 metros de espesor de una secuencia de caliza y arcillas, similar a la Formación Querecual, aunque se distingue de esta por la presencia de areniscas calcáreas, competentes y de color gris claro; para esta unidad es característica la presencia de diques de areniscas anastomósicos.

La relación de arenisca y ftanita es muy variable, y su ausencia dificultad la diferenciación con la formación infra-adyacente, por otro lado, el desarrollo de las

areniscas puede ser tan elevado que la distinción con la unidad supra-adyacente ha sido difícil de establecer, L.E.V (1997).

Su contacto estratigráfico inferior es concordante con la Formación Querecual en la Serranía Interior Oriental, por otro lado, su contacto superior con la Formación San Juan es transicional vertical o de transicional lateral, distinguiéndose para esta última que la Formación San Juan se acuña en el extremo noroeste de la referida Serranía por lo que la Formación San Antonio entra en contacto transicional con la Formación Vidoño, Vivas y Macsotay (1995).

Para la Formación San Antonio se le ha atribuido de acuerdo a las evidencias paleontológicas y estudios un ambiente de batial superior a batial inferior, Vivas y Macsotay (1995).

Las arcillas y calizas contienen numerosas especies de foraminíferos pelágicos que usualmente están asociados a formas béticas, foraminíferos planctónicos, y amonites. La edad establecida por Vivas (1987) es Coniaciense superior a Maastrichtiense inferior.

3.1.1.4.- Miembro Río Chávez (Senoniense a Paleoceno Tardío) -o Formación Río Chávez para este trabajo-

Este término fue tratado en primera instancia por Vivas y Campos (1977) y Campos y Osuna (1977) como Capas de Río Chávez, posteriormente Campos (1980) lo eleva a grado formacional aportando información paleontológica, más adelante Macsotay (1986) mantiene esa nomenclatura de Formación. Para 1995 los geólogos Macsotay y Vivas lo trabajan como la Formación Río Chávez en la franja norte de Anzoátegui y Monagas, partiendo del frente tectónico de las montañas de Guárico, pasando por el norte de Anzoátegui y culminando en los alrededores de Cariaco para la descripción de este intervalo.

La sección tipo fue propuesta por Campos *et al.* (1980) para el área de Río Chávez en la región de Boca de Uchire, describen 100 metros de una secuencia, la cual la divide en tres niveles de base a tope. El primer nivel consta de 15 m de lutitas negras, calcáreas, y calizas negras afaníticas, bitomiosas, piríticas; las lutitas envuelven concreciones de caliza negra, fétida, conglomerática, no fosilífera, y piríticas; el segundo nivel fue medido una secuencia de 50 m. de ftanita negra y limolitas síliceas de color gris claro y con manchas negras icnofósiles, con algunos intervalos de lutita limosa laminada, de color gris oscuro y con manchas negras, hacia la base de esta nivel se hace mayor la presencia de contenido de ftanita; Para el tercer intervalo fue medido un espesor de 35 m. donde se describe una secuencia de calizas, afaníticas y limolitas calcáreas, de color gris, con bandas negras (icnofósiles) y algunos niveles conglomeráticos con fragmentos de ftanitas hacia la base, tomado L.E.V. (1997). Posteriormente, Vivas y Macsotay (1995) extienden dicha formación describiendo para esta secuencia un espesor de 250 m. de limolitas hemipelagitas síliceas, chérticas y calcáreas, y calizas afaníticas, con bioturbaciones, y contenido de pirita.

Para la Serranía del Interior Oriental el contacto inferior es transicional con la Formación Querecual, aunque entre Casanay y El Pilar al norte del estado Monagas, el contacto es discordante con la Formación Chuparipal, por otro lado, el contacto superior es discordante con cualquier formación del terciario con excepción de la Formación Cangua el cual es transicional. Para el sector de Guárico, los contactos inferior y superior son concordantes con las formaciones Guárico y Guairita, respectivamente.

Vivas y Macsotay (1995) atribuyen a la secuencia anteriormente descrita a un ambiente batial medio, en donde han sido recolectados restos de dientes de peces, icnofósiles y foraminíferos, los cuales sugieren de acuerdo a la identificación de estos una edad que va desde el Campaniense al paleoceno para el sector de Barcelona.

3.1.1.5.- Formación San Juan (Maastrichtiense Inferior a Maastrichtiense superior).

En un principio fue establecido dentro de la Formación Santa Anita (Hedberg, 1937). Con base a estudios litológicos posteriores por parte de Hedberg y Pyre (1944), y Rosales (1960), establecieron diferenciarla en base a su descripción predominantemente de areniscas, y designarla como la Formación San Juan, unidad base del Grupo Santa Anita. El L.E.V. (1977) formaliza esta secuencia para el oriente de Venezuela.

La sección tipo se encuentra en la quebrada San Juan que se ubica al margen derecho del río Querecual, su holoestratotipo aflora en la parte media de referido río Querecual, a 150 m aguas arriba del paso de Santa Anita y la boca de la quebrada San Juan, ubicada a 53 m aguas arriba del mismo paso y al suroeste de la población de Bergantín, estado Anzoátegui; por su parte el hipoeestratotipo se ha descrito en las secciones aflorantes del río Orégano y quebrada La Pegua, del estado Anzoátegui.

La secuencia consta de 97 m de espesor de holoestratotipo, pudiendo alcanzar hasta 112 m, mientras que para la quebrada Orégano el espesor alcanza 350 m, aumentando al sureste en el estado Monagas. La secuencia disminuye notablemente al norte, en el sector del río Neverí en el estado Anzoátegui hasta pasar bien sea por su descripción litológica a las pelitas negras de la Formación San Antonio o de la Formación Vidoño.

Se describen una alternancia de capas de areniscas que pueden ser de 3 o 1 m de espesor, dependiendo del sector de la cuenca en cuanto a su paleo-comportamiento de la secuencia al depositarse; estas son muy duras, de color gris a gris claro, con sedimentos bien escogidos de grano fino, en algunos afloramientos pueden observarse areniscas glauconíticas y totalmente calcáreas. Las areniscas se intercalan con capas delgadas de lutitas negras, localmente arenáceas y calcáreas, y limiolitas

negras. Es posible describir en estas secuencias estructuras de carga, diques clásticos y estructura de desplome arenoso.

El contacto inferior es transicional con la Formación San Antonio, y el superior es transicional, y de interdigitación lateral con la Formación Vidoño. El ambiente de depositación de acuerdo a Rosales (1960), Renz (1962) y González de Juana (1980) establecieron que la secuencia descrita se desarrolló en un ambiente de origen fluvial a marino somero, regresivo con ambientes litorales-costeros, sin embargo Macsotay para 1986 en L.E.V. (1997, p. 596) establece que la secuencia fue desarrollada en un ambiente profundo, entre los 2500 a 200 m de paleo-profundidades, dentro del ambiente batial de las formación San Antonio y Vidoño, donde fue ausente de procesos turbidíticos al pie del talud epicontinental.

Los fósiles presentes para esta unidad fueron foraminíferos bentónicos e icnofósiles. La edad establecida en base a su contenido e identificación fósil fue del Maastrichtiense inferior a Maastrichtiense superior.

3.1.1.6.- Formación Vidoño (Campaniense al Eoceno temprano).

Hedberg (1937) asigna a esta secuencia en un principio a la Formación Santa Anita, describiéndolo como el Miembro Caratas, luego de estudios litológicos restringen el miembro a las limolitas y areniscas, asignándole Miembro Vidoño al intervalo inferior, Hedberg y Pyre (1944). Para 1946, Liddle propone elevar la Formación Santa Anita a rango de Grupo, donde Herdberg (1954) y Rosales (1960) asume para este grupo de base a tope las formaciones, San Juan, Vidoño y Caratas. Para 1977 en L.E.V. fue incluida esta secuencia como unidad formal.

De acuerdo al L.E.V. (1997) el término para esta secuencia fue asignado por las cercanías del pueblo Vidoño a 6 km al este de Barcelona, pero su localidad tipo fue establecida en el paso de Santa Anita en el río Querecual, hasta unos 300 metros

aguas abajo del mismo río, a unos 40 km al este-sureste de Barcelona. El espesor para la secuencia varía de una localidad a otra, dependiendo de la paleo-cuenca, por lo que su espesor máximo está por encima de los 335 m. en dirección al eje de la cuenca, en donde consiste de lutitas oscuras con foraminíferos, intercalada por espesores menores de limolitas y areniscas, con frecuencia a la parte media glauconítica.

La Formación Vidoño es transicional y parcialmente equivalente a la Formación San Juan, dicho contacto de transición es corto, mostrando contraste litológico de sus lutitas con las areniscas de San Juan, no obstante, hacia la parte sur de la Serranía del Interior oriental la transición entre ambas unidades es progresiva, su inter-digitación es pronunciada y recorre casi todo el intervalo. El contacto superior con la Formación Caratas de sur a norte es transicional de lutitas a areniscas delgadas u areniscas cuarzosas, mientras que el contacto a la parte sur es lenticuloso con las Formación Caratas, Vivas y Macsotay (1995).

El ambiente es marino de aguas profundas, estando restringido al centro de la cuenca, y las secciones más delgadas con lutitas son de plataforma, mientras que las facies arenosas son marinas costeras de poca profundidad, L.E.V. (1997).

La secuencia es rica en microfósiles, foraminíferos bentónicos. En base a su contenido fósil se le asignó una edad a finales del Cretáceo –Maastrichtiense- a comienzos del Paleoceno -Ypresiense-, Vivas y Macsotay (1995).

3.1.2.- Sedimentos del Cuaternario sin Diferencia (Holoceno-Plioceno)

La región de Barcelona del estado Anzoátegui están constituido por llanuras costeras bien desarrolladas, conformadas por rocas sedimentarias del cuaternario (seguramente Plioceno a Reciente), limitadas al sur por la Cordillera del Interior.

Estas llanuras costeras fueron áreas de lagunas y pantanos que recibían agua y sedimentos de los diferentes ríos y en la ocasión de mareas altas agua y sedimentos del mar, colmatando paulatinamente las cuencas de estas hasta convertirlas en áreas pantanosas, lo que finalmente conduce a su desaparición, Benaim y Caicedo (2009).

Los sedimentos del cuaternario acumulados en estas llanuras costeras están constituidos por arenas, gravas y arcillas, con posibles acumulaciones de materiales orgánicos, en especial de origen vegetal, que conforman capas de turbas generalmente lenticulares, Benaim y Caicedo (2009).

Los sedimentos en la Islas al norte de Barcelona generalmente están presentes en llanuras, con formas de playas costeras, grano arena, fragmentos de fósiles del reciente y clastos no mayor a los 2 cm., en menor proporción (menos del 2%) está presentes bloques de calizas o marlitas, entre los 12 cm. a 40 cm. De igual manera, están presenten sedimentos de origen fluvial, en los cauces de los ríos intermitentes en el interior de las islas, son sedimentos de arena gruesa, en una presencia de poco más de dos tercios, el otro tercio está representado por cantos o bloques multicentimétricos, que pueden llegar a tener medidas métricas, Benaim y Caicedo (2009).

3.2.- Geología Histórica:

“Las rocas del Paleozoico y Mesozoico están separadas por una extensa discordancia regional. Capas rojas de origen continental y aguas llanas, en grandes espesores y con algunas rocas volcánicas intercaladas, probablemente de edad Jurásico tardío, afloran en la base de la secuencia Mesozoica, la cual es también muy extensa”, Bellizzia y Dengo (2008).

Las unidades sedimentarias del Cretáceo están representadas por una secuencia transgresiva de dimensiones geosinclinales, cubriendo una extensa área, que abarca

desde Colombia hasta Trinidad, describiendo una franja sedimentaria que puede alcanzar espesores de 10 km, de acuerdo a los estudios realizados. En general la secuencia son rocas clásticas de grano grueso hacia la base, seguidas de lutitas masivas para culminar finalmente con espesores de lutitas. Se destaca un ciclo regresivo a finales del Cretáceo que continua hasta el Paleoceno.

3.2.1.- Paleozoico:

Las rocas Pre-Cretácicas: La orogenia Post-Tithoniana, referida por González de Juana (1947), menciona la formación de un gran anticlinal estrecho que separa al geosinclinal de Venezuela oriental con los mares al norte de Venezuela, siendo evidenciado por las edades relativas de las intrusiones graníticas del conjunto de Matasiete-El Tirano en la Isla de Margarita.

Las fases pre-Cretáceas incluyen todo el grupo de rocas metamórficas de Araya-Paria, en subsuelo al norte de la serranía no se conoce el basamento donde yacen la secuencia de la Formación Barranquín.

González De Juana (1951) señala que la sedimentación Cretácea al norte de Venezuela corresponde al Ciclo Urginiano de Europa, la cual tiene un comienzo lento y gradual, con la característica peculiar en cuanto a las facies, como la repetición de las unidades estratigráficas, fundamentándose en el ambiente sedimentario, y siendo independiente de la edad.

Por su parte, Rod y Maync (1954) atribuyen para el occidente de Venezuela dos ciclos sedimentarios, el primero de estos representados por areniscas con o sin contenido de glauconita, el segundo por calizas, calizas finamente laminadas, o marlitas gradando dentro de limolitas. Partiendo de esto, las primeras señales de la secuencia cretácea al nor-oriental de Venezuela con sus complejidades varía rápidamente en sus características litológicas y muestran ciclos no repetitivos, sin

embargo, es posible observar al oriente condiciones estables para la evolución sedimentaria, suponiendo en estas pocas modificaciones que dependerán de ciclos de bajo rango.

Rod y Maync (1954) concluye que al oriente de Venezuela se muestra la evidencia de tres ciclos sedimentarios, el mayor ciclo incluiría a la Formación Barranquín y la Formación Borracha, mientras que el segundo comenzaría con la Formación Chimana y el Grupo Guayuta, el tercer y último deposita las areniscas de la Formación San Juan, hasta terminar con las secuencias del terciario.

3.2.2.- Mesozoico Valanginiense a Campaniense

Valanginiense a Aptiense inferior de la región oriental de Venezuela en la Serranía del Interior (Tramo Oriental) la secuencia geológica comienza con la Formación Barranquín del grupo Sucre, como consecuencia de la transgresión marina que cubrió extensas áreas del continente suramericano, esta representa la sección basal sedimentaria más antigua al norte y sur de la Serranía Interior Oriental, al sur se han descrito facies clásticas no marinas depositadas en ambientes deltaicos y pantanosos, mientras que al norte se depositaron facies carbonáticas de ambientes someros y paludales, L.E.V. (1956, 1970 y 1997)

La transgresión en el oriente de Venezuela durante el Cretácico Inferior se produjo como consecuencia de la subsidencia paulatina del borde continental, la cual continuó durante todo el Cretácico y parte del Terciario, las fuentes de los sedimentos provenían de la región sur donde se alzaban las tierras positivas del escudo de Guayana y del Paleozoico; Los sedimentos del Cretácico Inferior se depositaron sobre un basamento Paleozoico y Precámbrico, por otro lado el producto de la erosión de las rocas Triásicas-Jurásicas, que para esa oportunidad eran las formaciones de Carrizal y Hato Viejo, eran las generadoras de los grandes espesores sedimentarios de la Formación Barranquín; su levantamiento fue producto de la orogénesis a finales de

Jurásico, similar a la Nevadiana de Norte América como lo refiere Hedberg, H. (1942, pág. 205-206) en Von Der Osten, E. (1954).

Aptiense superior – Albiense inferior, al finalizar la sedimentación de la Formación Barranquín en el Aptiense, la transgresión continúa y genera los ambientes de arrecifes que son descritos en la actualidad como parte de la Formación El Cantil hasta el Albiense medio.

En el Albiense medio al profundizarse las aguas, las condiciones ambientales y de otros factores no se generaron arrecifes. La poca sedimentación en períodos estables, debido a que las regiones de origen fueron reducidas considerablemente, quedando alejadas del sur, originando la Formación Chimana, Erimar Von Der Osten (1954).

Las condiciones de depositación sedimentaria de las Formaciones Barranquín, El Cantil y Chimana y su evolución lateral en el tiempo han permitido interpretar la evolución de la transgresión y su dirección, aunque para la región de estudio son desconocidas, al norte de Barcelona, L.E.V. (1970).

El primer ciclo depositacional que se inició en el Hauteriviense término en el Cenomaniense en el oriente del país; La depresión paulatina del margen continental permitió el avance de los depositación transgresiva continuando la secuencia en la profundización de la cuenca, probablemente al comenzar a actuar esfuerzos compresionales. Las condiciones del fondo marino cambiaron, debido a la formación de una cadena de islas o tierras bajas en la zona norte, ocasionando un ambiente pobre en oxígeno, con un fondo de barros negros sulfuroso, no permitiendo la vida bentónica según reseña Von Der Osten, E. (1954). Por el contrario, la vida pelágica y planctónica se incrementaron, evidenciados por las acumulaciones carbonáticas y los fósiles recolectados en la región pertenientes a este período de tiempo. Con las condiciones ambientales planteadas se depositaron las calizas estratificadas delgadas, lutitas y limolitas la Formación Querecual.

Albiense Superior a Turoniense Superior, al iniciarse el segundo ciclo sedimentario con la depositación paulatina de la Formación Querecual, las condiciones de la cuenca eran más profundas que las del primer ciclo, aunque las condiciones de profundización se estabilizaron en un estado estacionario, provocando que la sedimentación fuera paulatinamente rellenando la cuenca sin generar más espacio volumétrico, Von Der Osten, E. (1954).

Post-Turoniense a Campaniense de acuerdo a Erimar Von Der Osten (1954, p. 158) menciona que en el Cenomaniense comienza el segundo ciclo sedimentario el cual estuvo afectado por los movimientos orogénicos, consecuencia de la “*Revolución de Laramide o Laramidiana*” originando un levantamiento de tierras al sur, y quizás al norte, creando directamente fuentes de material para aporte de sedimentos, formando de esta manera las acumulaciones representadas por la Formación San Antonio. Este marco estructural generó un estado tensional en ciertas regiones, ocasionando fracturas, que posteriormente eran rellenadas por sedimentos, esto explica los diques de areniscas presentes en la Fm. San Antonio. El mismo autor agrega además que, otras fracturas se accionaron de manera cizallante para la relajación del estado tensional producto de los esfuerzos.

3.2.3.- *Mesozoico -Maastrichtiense- al Eoceno -Bartoniense-*:

Maastrichtiense a Paleoceno, en el tercer y último ciclo sedimentario las rocas del Terciario-Paleógeno están ampliamente distribuidas en la región norte de Sur América, representadas inicialmente por las unidades estratigráficas de San Juan, Río Chávez y Vidoño.

Ypresiense a Bartoniense, las cuencas sedimentarias fueron separadas una de otras como resultado de la Orogénesis del Cretácico tardío-Eoceno. La secuencia del Terciario está constituida por rocas clásticas de grandes espesores, con calizas particularmente del Eoceno Tardío. El levantamiento de las tierras marginales se

repitió hacia el final del cretáceo y comienzos del terciario, y el producto de su desintegración fue depositada en aguas poco profundas para las rocas que constituyen el Grupo Santa Anita, L.E.V. (1956, 1970).

3.3.- Tectónica Regional

El borde septentrional de Venezuela presenta una configuración estructural que depende de la evolución entre el contacto de la placa del Caribe al sur con la parte norte de la placa de Suramérica. De acuerdo a Ostos para 1990, las líneas de investigación han relacionado este proceso a dos importantes tendencias o teorías de evolución, una de ellas es debida a la expansión del fondo oceánico, el proceso de formación y su proceso evolutivo desde el Jurásico hasta la fecha, mientras que el segundo se refiere el traslado de un bloque originado en el océano pacífico la cual emigro hacia el este, placa Caribe.

Dallmus (1965) trabaja sobre dos principales componentes estructurales dentro de la cuenca oriental, dividiéndola en cuenca de Barcelona y cuenca de Maturín; su estudio estuvo orientado en evaluar por medio de los datos estructurales, estudio paleogeográfico y evaluación de la cuenca por medio de su secuencia sedimentaria el proceso evolutivo. Se destaca para este estudio la división de la cuenca presenta un límite con dirección N20°W a S30°E que pasa por los alrededores de Barcelona, para finales del cretáceo, donde señala dos regiones positivas, una al norte de las referidas cuencas y otra al sur, escudo de Guayana.

Dalmuss menciona que las cuencas están directamente ligadas a un proceso evolutivo de estructuras grabens y semi-grabens en los ejes de las mega-estructuras, o ejes de mayores profundidades. Siendo el de la zona de Barcelona más amplio con mayores paleo-profundidades, y el de la zona de Maturín de mayor complejidad, por ser estrecho y asociados a estructuras contiguas con las mismas características en

orientación a nivel regional, refiriéndose además que su evolución fue desde Paleoceno inferior al mioceno medio.

En el desarrollo del modelo de Dallmus, se menciona el desarrollo de tres estructuras: el extinto Arco de Úrica para el Eoceno, el frente de corrimiento “Guárico Thrust” para el Oligoceno hasta la fecha, y finalmente la delineación evolutiva de un accidente estructural en el fondo de la cuenca (parte intermedia) para subdividir la cuenca oriental desde el oligoceno a la fecha, la falla de Úrica.

North (1965) realiza un análisis estructural de la “Curvatura de las Antillas”, investigación donde evalúa el arco de Islas actual, entre Cuba, Haití y República Dominicana, Puerto Rico y el arco que se describe desde las Islas de las Virgíneas al norte hasta Trinidad y Tobago al sur. Este destaca dos enfoques con respecto al proceso evolutivo, el primero de estos es la influencia de las Mega Estructura de falla de transurrencia dextral que definen las fallas de Guayaquil, Boconó, El Pilar, Oca, Santa Marta, y una posible zona de falla que pasa por Bogotá como se muestra en la figura 3.1, para la geodinámica actual del Caribe, la segunda es la evaluación que realiza el autor a las estructuras geológicas (plegamiento) con vergencia, donde destaca que para la Serranía Interior Oriental se presenta para las estructuras una vergencia al sur.



Fig. 3.1: Fallas al nor-oeste de Suramérica, tomado de North (1965).

Emile Rod (1967) realiza una reconstrucción paleo-tectónica de la región Caribe-Antillana al final del Carbonífero (véase la figura 3.2), de sus resultados más destacados en su trabajo destacan:

a.- El núcleo del sistema de montañas del paleozoico la cual debería indicar más o menos el eje del tethys -paleozoico-, extendiéndose desde la región de los Apalaches hasta la zona suroeste dentro de los bloques ancestrales (Sapper, Yucatán, Jamaica y Cuba), y vagando lentamente en sentido al sur, entre el bloque Antillano y el de la región de Caracas de Venezuela, para el cierre del Carbonífero.

b.- Al final del cretácico se desarrolló una contracorriente que fluía hacia el este cerca de la frontera norte de la corriente venezolana que, en sus primeras etapas, muy probablemente llegó a ser en el fondo de un valle de rift, ganó rápidamente en intensidad, aceleró la rotación de los bloques de la América Central y de las Antillas Mayores, arrastraron fuertemente los fragmentos más pequeños de la corteza en el extremo de la cola del bloque rotatorio de bloques y formaron el arco de las Antillas Menores en su frente. A lo largo de la costa norte de Colombia y Venezuela, el poderoso arrastrar de la corriente caribeña causó grandes tensiones en los pequeños

bloques de corteza que fueron todos cizallados y desplazados relativamente al este. Aunque el origen de las geo-tensiones en el sentido que mencionaba Hans Cloos (1948) que delimita el bloqueo oceánico del Caribe hacia el norte y el sur se remonta al final del Cretácico, los principales movimientos ocurrieron durante el Terciario.

c.- Las fallas de deslizamiento a lo largo de la Fosa de los Cayman, la Falla de la Oca y la Falla del Pilar del Norte de Venezuela son, por lo tanto, características estructurales bastante jóvenes y no deben proyectarse en el Paleozoico o incluso en el Mesozoico temprano.

d.- La obstrucción de la corteza continental al este de las Antillas Ancestrales, y entre Florida y Venezuela era muy probable que la plataforma de la corteza antigua que más tarde sub-duciera lentamente para formar la base de las Bahamas. El enorme espesor de calizas de aguas poco profundas y dolomitas bajo Las islas de Bahamas se acumula en esta plataforma desde el Jurásico tardío hasta hoy.

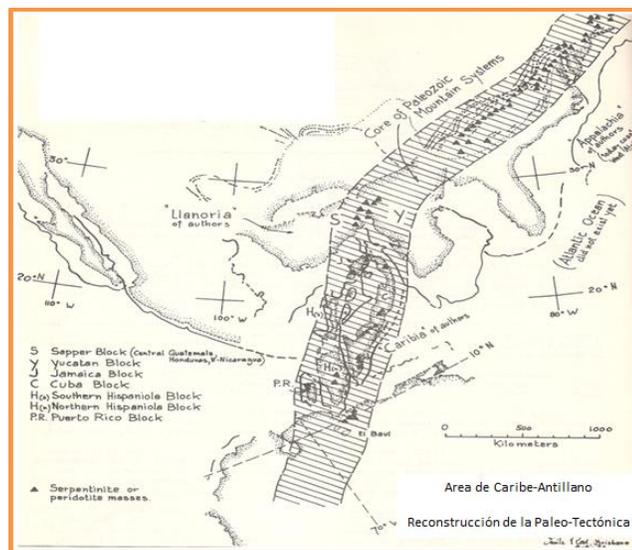


Fig. 3.2: Reconstrucción de la Paleo-tectónica al final del Carbonífero, tomado de Emile Rod (1967).

Stainforth (1969) aplica el concepto de dilatación del piso del mar aplicado a Venezuela, mencionando “En la mitad del cretácico, los bloques americanos que

hasta entonces no se habían desplazado sus bordes presentaban suturas en la corteza de la región del Pacífico. Los esfuerzos desde el bloque de occidente contra la corteza este establecerían las fuerzas de compresión inicial que resultó en el desarrollo de los arcos de la isla, al final eventualmente el sistema de cordilleras. Estos eventos fueron en su mayoría insípidos para Venezuela”, obsérvese la figura 3.3.

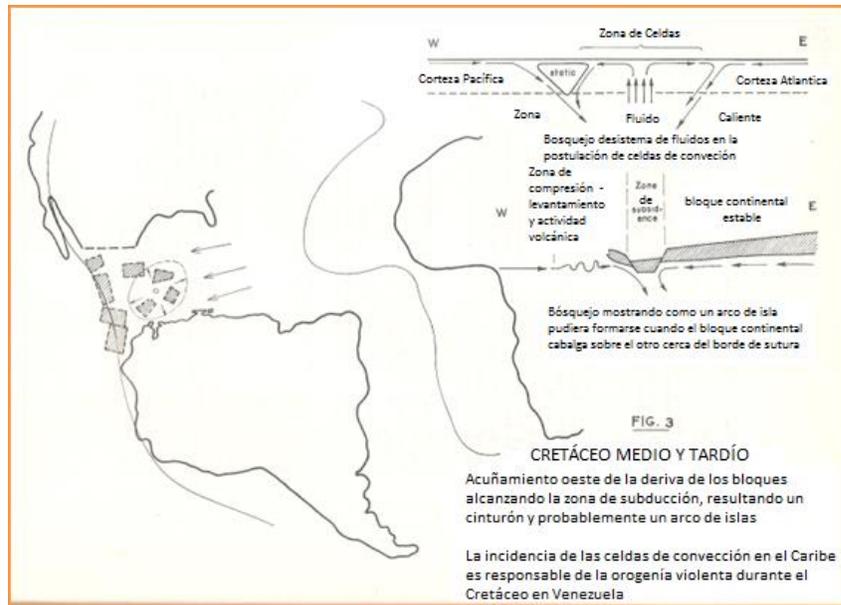


Fig. 3.3: Cretáceo medio a superior, Tomado de Stainforth (1969).

Sin embargo, éstos no explican cómo un cinturón orogénico aproximadamente alineado se desarrolló en las cercanías de la actual línea de costa venezolana durante el Cretácico Superior. Aparentemente hubo levantamiento hacia el norte (P. Ej., Granodioritas de Campania en Aruba, dioritas de la Formación de Garrapata) y un valle al sur que llenaba de lechos de turba y fluidos por gravedad -fish- (Grupo Bahía Honda de la Formación Guajira Washikemba de Aruba, Formación Garrapata de Norte central de Venezuela) El emplazamiento de la Villa de Cura –alóctono- fue un elemento notable de la orogenia.

Una vez analizado, parte de los estudios realizados por Dallmus, North, Emile Rod y Stainforth para la evolución de la zona norte de la placa suramericana hasta el

Cretáceo Medio, son abundante las teorías que refieren al escenario posterior. Autores como Stephan (1982), Pindell et al. (1988), Ross y Scotese (1988), Oston (1990), Audemard (1993), Pindell et al. (2000), Pindell y Kennan (2001), entre otros, han mostrado el proceso evolutivo en cuatro episodios mayores, la primera partiendo de la expansión del fondo oceánico y la separación de la ruptura de Pangea desde el Paleozoico, un segundo del Jurásico Tardío al Cretáceo, caracterizado por fosas, la creación de fondos oceánicos en el dominio Caribe y una discontinuidad en el rompimiento regional; el tercer episodio ocurre en un margen pasivo durante el cretáceo al Paleógeno, y un último episodios que es la colisión oblicua en el Neógeno y Cuaternario, como consecuencia se origina la Serranía Interior Oriental y transformación de la cuenca de margen pasivo a una cuenca antepaís.

Generalmente, los modelos de evolución regional de la cuenca del Oriente en Venezuela desde el Albiense a la fecha presentan similares explicaciones para los autores cuando se explica el margen este de la placa Caribe, la cual se resume a continuación.

En el Albiense Tardío, el proto-Caribe presenta un margen pasivo en su extremo sur, mientras que su parte central está evolucionando la expansión del fondo oceánico (márgenes divergentes), fosas particionadas en sus primeras fases de evolución. Véase la figura 3.4.a y b.

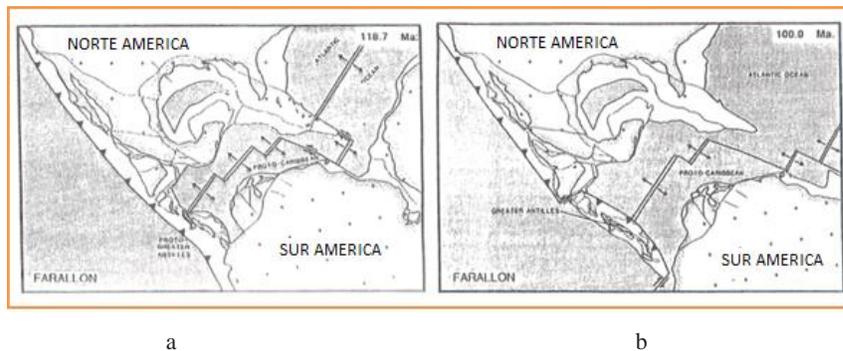


Fig.3.4: Paleo-tectónica del proto Caribe, en la figura de la izquierda representa la configuración para el Aptiense temprano, mientras que en la figura derecha la representa para el Albiense tardío. Tomado de Ross y Scotese (1988) en Audemard (2004).

En el Campaniense Temprano a Medio, el proto-caribe presenta una zona de distensión en su parte media, con la característica que las particiones de las fosas en su evolución se unen y se alinean entre sí, una zona de fosa alineada. Para la zona sureste del proto-Caribe los esfuerzos tienen influencia por su expansión hacia el margen norte de la Placa Suramericana, por lo que las condiciones estructurales y de depositación de sedimentos de la cuenca tienden a cambiar para los períodos posteriores. Véase la figura 3.5.

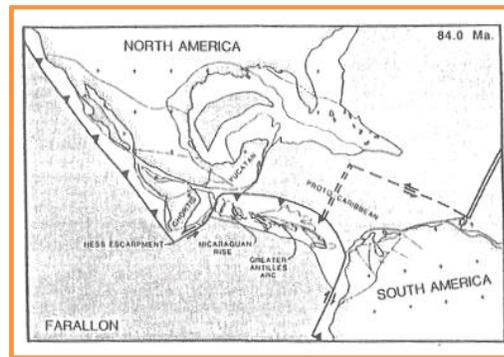


Fig.3.5: Paleo-tectónica del proto Caribe en el Campaniense medio, Tomado de Ross y Scotese (1988) en Audemard (2004).

En el Campaniense Tardío al Mioceno temprano, la inclusión de un bloque hacia la zona este de la placa Suramericana (ubicación relativa), proveniente de la Placa Pacifico ha generado las primeras zonas de fallas transcurrentes en la fracción noreste de Venezuela, en específico, al nor-oeste de Maracaibo o sus cercanías, como muestra la figura 3.6.

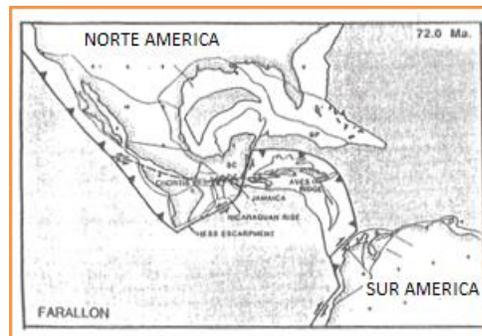


Fig.3.6: Tectónica de la Placa Caribe en el Campaniense tardío, Tomado de Ross y Scotese (1988) en Audemard (2004).

Desde el Mioceno medio a la Actualidad, el bloque que venía desplazándose desde el oeste al este, crea una de estructuras complejas hacia la parte norte, zona noreste y nor-central de Venezuela, en el sector oriental evolucionan cuatro tipos de estructuras mayores, la primera está representada por la Falla de El Pilar con un comportamiento general de transcurrancia dextral y una serie de estructuras asociadas a esta estructura mayor (Por ejemplo, la evolución del Graben de Humboldt, Macsotay (1977)), la segunda un conjunto de fallas o zonas de fallas paralelas o pseudo-paralelas, representadas por la falla de Úrica y la falla de San Francisco, con sentido noroeste a sureste, la terceras son las estructuras geológicas de pliegue sinclinales y anticlinales, con sentido general en sus ejes N75°E a S75°W, y ejes de inmersión de estas estructuras hacia uno de sus extremos, dependiente de su ubicación geográfica y régimen de esfuerzos (para la zona norte de Barcelona es hacia el este), y finalmente corrimientos en sentido este-oeste o N80-85°E a S80-85°W. En la figura 3.7 se observa las características antes descritas.

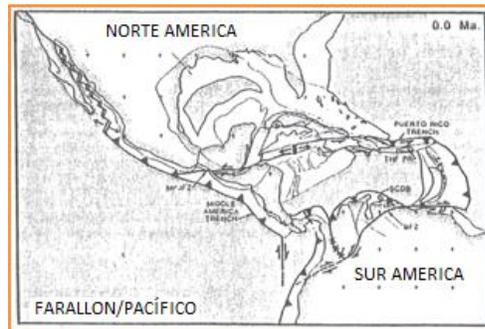


Fig.3.7: Tectónica de la Placa Caribe en la actualidad, Tomado de Ross y Scotese (1988) en Audemard (2004).

De acuerdo a Blanco y Giraldo (1992), la historia geológica de la cuenca se puede dividir en 4 fases desde finales del Cretáceo al Mioceno tardío:

- a) Fase Distensiva (Cretáceo superior-Paleoceno): para esta fase el norte de Venezuela fue parte de un margen pasivo septentrional, donde su fallamiento predominante fue normal.

b) Fase Compresiva (Paleoceno –Eoceno medio): Se resalta para este período que el hasta ahora conocido margen pasivo se transforma en un margen activo, al ser emplazadas las napas pertenecientes al alóctono del Caribe.

c) Fase Distensiva (Eoceno medio – Mioceno medio): al finalizar el emplazamiento el norte de Venezuela este fue afectada por una fase tectónica distensiva, para la cual vino acompañada de un predominio de estructuras de fallas normales, la cual fue acompañada sincrónicamente por la sedimentación neo-autóctona.

d) Fase Compresiva (Mioceno medio- Reciente): con la evolución estructural de la zona sur de la parte sur de la Placa Caribe se inició al norte de Venezuela una tectónica compresiva, vigente a la fecha, responsable en los rasgos topográficos característicos en Venezuela, como lo son: inversión de la Cuenca de Falcón, levantamiento de los Andes Venezolanos, La Cordillera de la Costa y la Serranía del Interior. Para esta fase se han venido desarrollando estructuras trantensivas, de orientación noroeste-sureste.

Parnaud, F., Gou, Y., Pacual, J. C., Truskowski, I., Gallango, O., Passalacqua, H., & Roure, F. (1995) *“para identificar los sistemas petrolíferos y definir las jugadas atractivas del petróleo en este complejo sistema de cinturón de plegado y empuje foreland, se ha construido un modelo geológico integrado del área utilizando datos estratigráficos, estructurales, de yacimientos y geoquímicos. Los resultados principales del estudio son los siguientes: (1) una síntesis estratigráfica fiable incluyendo edades actualizadas; (2) una interpretación estructural coherente en las zonas empujadas validadas por una sección transversal norte-sur equilibrada, con nuevas interpretaciones relevantes como el descubrimiento de empujes fuera de secuencia (empuje de Pirital) y la participación de la corteza superior en la deformación; (3) la descripción de modelos de yacimientos e hidrodinámicos que destacan la importancia de los principales embalses de Las Piedras, Oficina y*

Merecure; Y (4) caracterización de tres fuentes de origen marino y continental en el Grupo Guayuta (dos fuentes marinas) y Formación Carapita (una fuente continental)”.

Minster y Jordan (1978) realizaron estudios con relación al movimiento relativo de la Placa Caribe con respecto a las placas vecina, estos demostraron que el movimiento de dicha placa es E/W aunada con una componente menor N-S, soportes adicionales han sido soportados por los análisis de los focos sísmicos, que reflejan la relajación de esfuerzos ocasionados por el movimiento principal (E-W) a través de sistemas de fallas dextrales, mientras que los sistemas de fallas de compresión relajan los esfuerzos con dirección N-S, Pennington (1981), Sykes, McCann, Kafka (1982), Schubert (1988), Audemard, F. A., Romero, G., Rendon, H. & Cano, V. (2005) y Palma, M., Audemard, F. & Romero, G. (2010). Adicionalmente el desplazamiento promedio esta entre 1,5 a 2 cm/año, lo cual ha sido sustentado por: Treymueller, J. T., Kellogg, J. N. & Vega, V. (1993), Kellogg y Vega (1995), Pérez, O., Bilham, R., Bendick, R., Velandia, J., Hernández, N., Moncayo, C., Hoyer, M. & Kozuch, M. (2001), Weber, G., Dixon, T., DeMets, C., Ambeh, W., Jansma, P., Mattioli, G., Saleh, J., Sella, G., Bilham, R. & Pérez, O. (2001) y Trenkamp, R., Kellogg, J., Freymueller, J. & Mora, H. (2002).

Jacome, M. I., Kuszniir, N., Audemard, F., & Flint, S. (2003) habían creado modelos previos para la Cuenca Oriental de Venezuela que hacen suponer que la subsidencia observada en la cuenca es consecuencia de la aplicación de cargas supra corticales, representadas en la Serranía Interior Oriental y de la subducción del manto superior que causa la deflexión por debajo de la corteza continental de Suramérica, debido a que la carga supra-cortical por sí sola no se considera suficiente para reproducir la subsidencia de la cuenca,

Hung (2005) “*La Cordillera del este de Venezuela es un cinturón empujado hacia el sur de la época neogénica formado en la placa sudamericana y su serie de margen*

pasivo atlántico por transpresión derecha-lateral durante la migración relativa hacia el este de la placa caribeña. Junto con la topografía de la Serranía del Interior, la subcuenca de Maturín es el segmento costero más oriental de la Cordillera venezolana, sus estribaciones y su foreland. Los campos petrolíferos y la cobertura de datos de la subcuenca de Maturín documentan abundantemente la cuña del sedimento compuesto, su estructura y su evolución sedimentaria y tectónica...estas hipótesis implican cantidades variables de acortamiento a lo largo de la Serranía a la vertiente que van del 9% al 66% o 15-115 km de componente oblicuo de la falla de El Pilar”.

Por último, Higgs (2009) crea El "modelo de colisión oblicua del Caribe" invoca una evolución en tres etapas para Ecuador-Colombia-Venezuela-Trinidad: (1) rifting jurásico; (2) Subsidio de margen pasivo oxforddiano-neogénico junto al mar proto-caribeño (hasta Campaniano); (3) Colisión oblicua de Campaniano a Mioceno del Arco del Caribe desde el oeste, produciendo un cinturón de empuje cratón-vergencia y una cuenca foreland.

CAPÍTULO IV

ESTRATIGRAFÍA LOCAL

INTRODUCCIÓN

Las secuencias sedimentarias del Cretáceo Superior en las Islas al norte de Barcelona del estado Anzoátegui-Venezuela, dentro de la nomenclatura del Léxico Estratigráfico de Venezuela y de los estudios hasta la fecha realizados, están representadas por las unidades litoestratigráficas (de más antigua a más joven): las formaciones del Grupo Guayuta - Formación Querecual y Formación San Antonio -.

En el Morro de Barcelona ubicado este en el extremo oeste de la Bahía de Pozuelos, al norte de la ciudad de Barcelona y Puerto La Cruz, había sido cartografiado desde sus inicios como la Formación San Antonio; a finales del Siglo XX geólogos habían propuesto realizar estudios adicionales, con mayor detalle para estas secuencias, debido a la escasa información que se manejaba al respecto.

Estudios realizados por los geólogos del Ministerio de Energía y Minas, en conjunto con los profesionales de la Compañía Aguasuelos, enfocaron sus esfuerzos en redefinir la nomenclatura de las unidades del Cretácicas, basados en estudios de geología de superficie: bioestratigrafía, petrografía, litoestratigrafía entre otras disciplinas de la geología.

Para 1985, Max Furrer y Marianto Castro publicaron estudios detallados para el Morro de Barcelona, estos concluirían que la unidad litoestratigráfica debía ser redefinida, ya que sus características líticas no cumplían con la formación hasta ese momento cartografiada, Formación San Antonio. Conjuntamente, los estudios de otros sectores de la cuenca oriental habían arrojados importantes hallazgos líticos y paleontológicos, por lo que el equipo de Aguasuelos decide propone y eleva el Miembro Río Chávez a Formación, fue para ese entonces que los referidos autores

aplican, basados en sus hallazgos, las atribuciones de Río Chávez a la secuencia en superficie que se presenta en el Morro de Barcelona.

Los hallazgos geológicos continuaron desarrollándose para las Islas Borrachas y Chimanas, con la investigación planeada dentro de este proyecto, fundamentados en aplicar un conjunto de disciplinas de la geología que permitan evaluar las unidades litoestratigráficas, ya que estas muestran características líticas donde se aplica localmente la nueva nomenclatura litoestratigráfica.

4.1.- Geología Estratigráfica Local

4.1.1.- Cretáceo Inferior

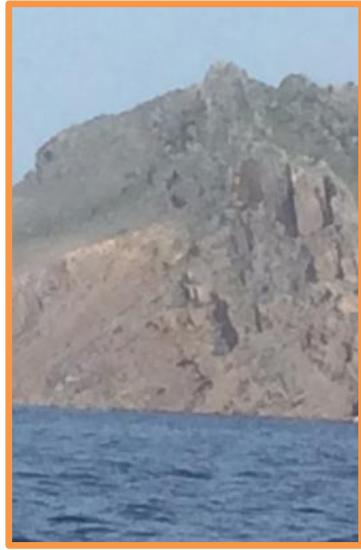
4.1.1.1.- Formación Chimana: inicialmente fue descrita por Hedberg (1937) para caracterizar la secuencia por debajo de la Formación Querecual, definiéndose en un principio como las capas de Bergantín; Hedberg y Pyre (1944) la elevó de rango, designándola a la secuencia como la Formación Chimana, estos establecieron la sección tipo en la parte oriental de la Isla Chimana Grande, al norte del estado Anzoátegui.

Sección Litológica -Isla Chimana Grande-

Litología: En su localidad tipo ha sido descrita como una secuencia predominante de lutitas (entre un 80 a 90% del total de la unidad), de color amarillo parduzco que meteoriza a rojo y limolitas amarillo parduzco que meteoriza a terracota, cuyos espesores van de unos pocos centímetros a valores plurimétricos (1 a 6,5 m), areniscas blanquecinas con tonos verdosos que meteoriza a amarillo y areniscas glauconíticas no mayores de los 2m, y marlitas (Vivas, 1987) de amarillo parduzco que meteoriza a rojo parduzco de 1 a 2,5 m.

Espesor: En la sección tipo Hedberg y Pyre (op. cit.) midieron 120 m. de espesor; Para este trabajo en esta sección misma región fueron medidos 127,5 m, su variación de espesor se debe al que el contacto superior con la Formación Querecual es de falla de corrimiento, por lo que la superficie que define dicho contacto varía de acuerdo a la desviación por donde ocurre el plano ruptura con las referidas formaciones, de aproximadamente 10 m. De la misma forma el contacto inferior transicional con la Formación Borracha suele generar un plano que varía el espesor general en unos 5 m, de acuerdo al desarrollo de la secuencia de la Formación Chimana.

Límites y relaciones estratigráficas: La Formación Chimana presenta un contacto concordante y contrastante con la última caliza arrecifal de la Formación Borracha en la Isla Chimana Grande. Por otra parte, el contacto superior en la isla Chimana Grande es discordante por falla de corrimiento entre las unidades Chimana y Querecual, sumado al marcado contraste litológico existente entre las lutitas rojizas y areniscas glauconíticas de la Formación Chimana contra las calizas piríticas negras con concreciones y limolitas parduzcas con concreciones de la Formación Querecual, véase la figura 4.1 el contacto abrupto y contrastante, aunque concordante con la unidad inferior, mientras que el contacto superior es discordante por falla de corrimiento.



a



b -foto superior-, c -foto media- y d /foto inferior-

Fig. 4.1: Fotografía (a) con azimut 270°, Contacto Infra-yacente contraste litológico de lutitas (Formación Chimana) y Calizas Arrécifales (Formación Borracha), y fotografías (b y d) con azimut 257°, véase el contacto Supra-adyacente discordante por la falla de corrimiento, izq. Formación Querecual y Der. Formación Chimana.

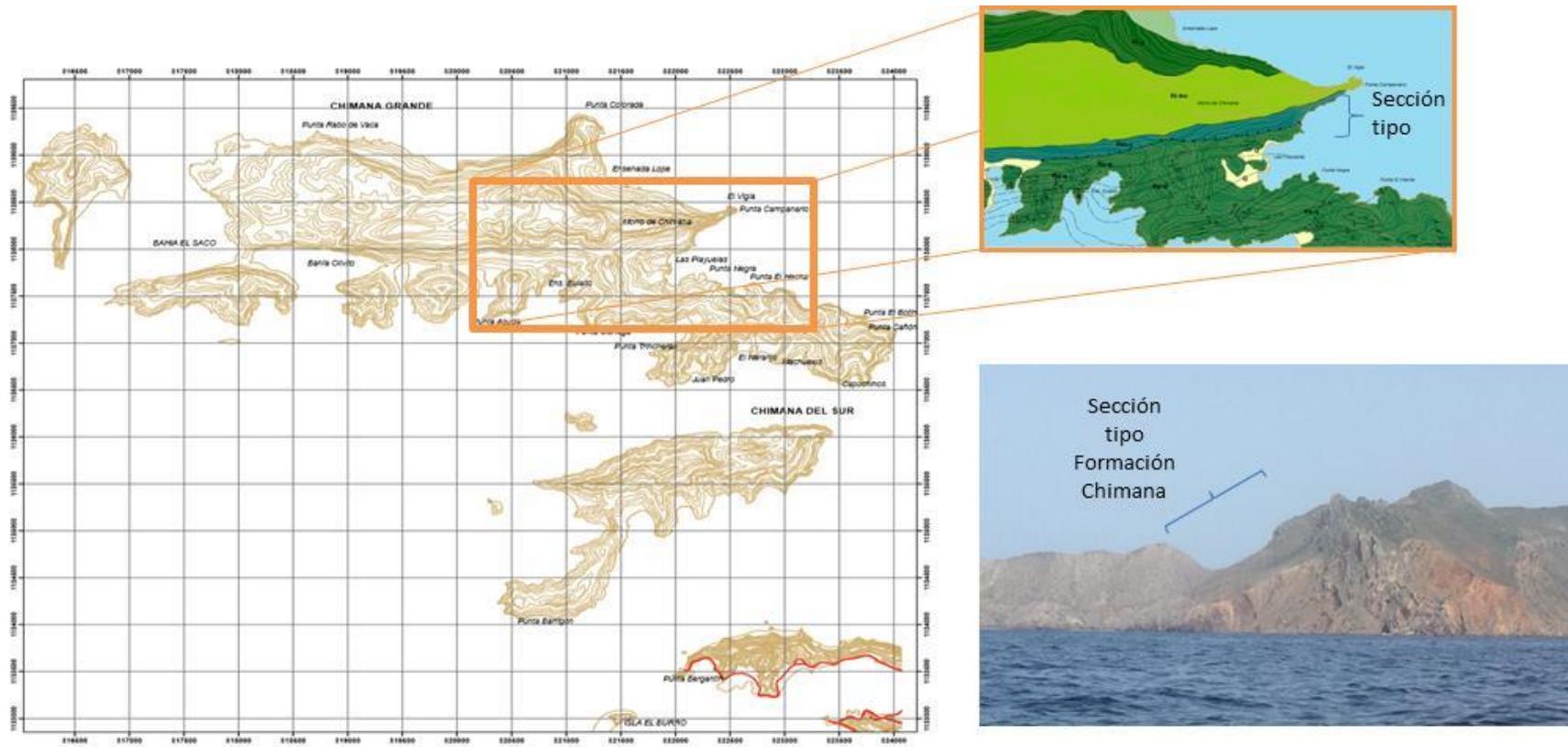


Fig. 4.2: Ubicación de la Sección tipo de la Formación Chimana, en el extremo oriental de la Isla Chimana Grande.

Las Fotografías inferior panorámica presentan azimut 270°.

Sección Litológica -Isla Borracha-

Litología: La secuencia en la Isla Borracha de la Formación Chimana está representada por abundante lutitas de 2 a 6,5 m de espesor, de color amarillo parduzco que meteoriza a rojo terracota a marrón parduzco, intercaladas por capas de marlitas de 2 a 2,5 m de espesor, de color gris oscuro que meteoriza a gris claro con abundante fósiles: bivalvos, ammonites y fragmentos de fósiles.

Espesor: El espesor para la Formación Chimana en la isla Borracha es muy variable, debido a las irregularidades de los planos de contactos con las formaciones supra e infra-adyacente, su espesor máximo puede alcanzar los 150 m, y su mínimo alrededor de los 50 m.

Límites y relaciones estratigráficas: el contacto inferior de la Formación Chimana con la Formación Borracha es concordante y contrastante entre la litología de ambas formaciones, por un lado, las calizas arrecifales de la unidad más antigua con las lutitas rojizas de la formación más joven. Por otro lado, el contacto superior de la Formación Chimana es transicional y de contrastante con la Formación Querecual, aunque no se presenta evidencia de discordancia por falla de corrimiento entre ambas unidades el factor estructural es determinante para la extensión superficial del contraste litológico.

Edad y Paleontología: La Formación Chimana en la Isla Chimana Grande se desarrolló desde el Aptiense al Albiense, en donde Hedberg la considero como una unidad de equivalencia lateral con las formaciones Barranquín y Borracha, en donde las tres formaciones pasan lateralmente de una a otra. No obstante, Guillaume *et al.* (1972) recolecta especímenes los cuales fueron estudiados por Renz para 1982, de estos se identifica la fauna ammonita en la zona *Douvilleiceras mammillatum* y

Hoplites dentatus, ubicando la unidad en un período que va desde el Albiense Inferior al Albiense Medio, Macsotay (1986) y Vivas (1987).

Origen: Se considera que la Formación Chimana es de origen marino, plataforma externa a batial superior (?), Macsotay (1980).

A Considerar: Aunque esta formación no es objeto de estudio en esta investigación, se describe debido a la relación estratigráfica con la Formación Querecual, donde las edades y algunas descripciones han sido consultados y citadas de las referencias existentes.

4.1.2.- Cretáceo Superior

4.1.2.1.- Formación Querecual: Fue descrita e incluida por Liddle (1928) dentro de su denominada Formación Guayuta, posteriormente Hedberg en 1937 realiza una distinción para esta secuencia, y eleva la Formación a Grupo Guayuta incluyendo dentro estas dos unidades, la secuencia inferior la denominó Formación Querecual y la superior Formación San Antonio.

La sección tipo para esta secuencia se establece en el río Querecual al sureste de Bergantín, donde la base fue establecida a 250 m aguas arriba de Paso Hondo hasta alrededor de unos 600 metros de aguas abajo de Paso Hondo, en el estado Anzoátegui. En este sector Hedberg para 1937 describe una secuencia homogénea y continua de 731,4 m.

Sección Litológica -Chimana Grande, Playa Puinare sector este-

Para la secuencia que aflora al sur de la Isla Chimana Grande, en el sector este de la Playa Puinare la Formación Querecual fue dividida en 10 litofacies sedimentarias, las cuales se distinguen específicamente una de otra por el desarrollo del espesor de la

litología que lo conforman y por la evolución y/o características texturales. Las facies se describen a continuación de base a tope.

Litofacies Q1A: Secuencia de limolitas calcáreas pelíticas y laminadas de color gris oscuro con tonalidades purpuras parduzcas que meteoriza a gris oscuro con tonalidades violáceas parduzcas o terracotas parduzcas, intercaladas con calizas o marlitas masivas negras a gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillo claro. Las limolitas presentan mayor desarrollo de sus facies hacia la base y tope, sus espesores para estos son 16,3 a 7,4 m, respectivamente; para la sección intermedia los espesores van de 5,8 a 2,9 m. Por otro lado, las calizas poco frecuentes presentan espesores no mayores de 0,5 m. Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Se describen en las calizas y limolitas, la presencia “poco frecuente” de concreciones elipsoidales y discoidales cuya forma esta representadas por tres dimensiones principales, el eje mayor es paralelo al plano de estratificación y mide alrededor de 20 a 25 cm, el eje medio es igualmente paralelo al plano de estratificación con dimensiones que van de 10 a 13 cm, y por último el eje menor perpendicular al plano de estratificación cuya dimensión esta alrededor de los 10 cm, obsérvese las fotografías A y B de la figura 4.3.

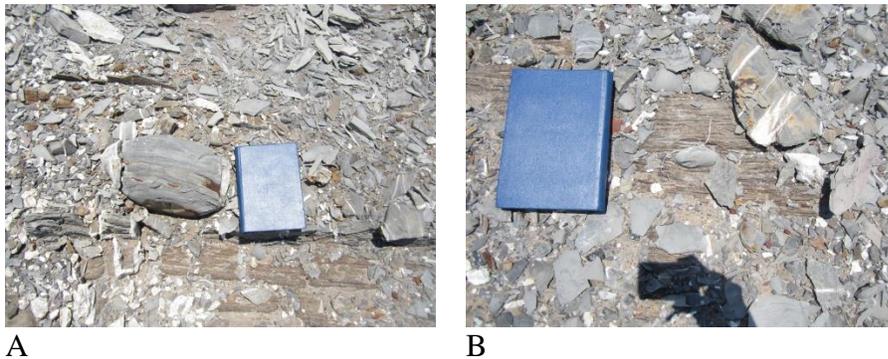


Fig. 4.3: Concreciones de la litofacies Q1A, Formación Querecual sección basal, A y B, fotografía de planta.

Se presentan dos familias de diaclasas, definidas por sus planos en N2°E84°N y N6°W81°N, que además de cortar las capas estratificadas también lo hacen con las concreciones dentro de estas. Estas diaclasas generan aberturas de 1 a 2 mm entre los planos que las definen, los cuales son rellenas por calcita blanquecina masiva y su persistencia no es mayor de 25 cm.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 37,68 m, el cual puede variar de acuerdo a la sección a describir.

Litofacies QIB: Secuencia de limolitas laminares calcáreas pelíticas de color gris con tonalidades rojizas terracotas que meteoriza a marrón con tonalidades rojizas parduzcas y gris tenue, intercalado por calizas o marlitas masivas de color negro a gris oscuro que meteoriza a gris pálido con tonalidades amarillentas. Las limolitas presentan espesores individuales de 2 a 2,2 m, con excepción de capas menores a los 0,5 m hacia la parte basal y media de la secuencia, se distingue un espesor de 5,5 m en la parte basal. Las marlitas presentan espesores no mayores de los 30 cm, hacia el tope se tienden a engrosar hasta llegar a los 0,6 m Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Para la secuencia es frecuente observar pseudo-concreciones, concreciones discoidales y elipsoidales, dos de sus dimensiones (las mayores) son paralelas a los planos de estratificación 20 a 25 cm y 15 cm, respectivamente, mientras que la menor es perpendicular a la estratificación y oscila en los 10 cm de longitud. Se destaca, que las concreciones esferoidales son poco frecuentes, pero pueden ser descritas en esta sección de la secuencia, véase la figura 4.4 la concreción esferoidal.



Fig. 4.4: Concreciones de la litofacies Q1B: Formación Querecual, fotografía de planta.

Para esta sección han sido medidos dos sistemas de diaclasas, $N6^{\circ}E66^{\circ}S$ y $N56^{\circ}W27^{\circ}S$, estos sistemas generan aberturas de 2 mm rellenas por calcita, y la persistencia esta entre los 20 a 40 cm.

Las capas de caliza o marlita presentan un grosor que disminuye a los extremos, pero que alcanzan su continuidad lateral al solaparse con una capa de similares características; se destaca que en las limolitas se presentan cuerpos lenticulares de marlitas que alcanzan una extensión alrededor de los 50 cm de longitud., las cuales pueden confundirse con concreciones si no se realiza una descripción detallada de este aspecto -pseudoconcreciones-.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 17,7 m.

Litofacies Q1C: Alternancia de limolitas calcáreas laminares pelíticas de color gris oscuro con tonalidades marrón oscuro parduzco que meteoriza a marrón parduzco con tonalidades gris pálido, intercalado con marlitas masivas de color gris oscuro o negro que meteoriza a gris claro con tonalidades amarillentas en la parte basal, para la parte intermedia y superior de la secuencia se describen que las marlitas son marrón parduzco o negras con tonalidades grisáceas que meteorizan a gris pardo amarillento con tonalidades verdes y gris claro a negro. La marlita se fractura en lajas paralelas a

los planos de estratificación con un grosor entre los 0.5 a 1.5 cm. Es posible identificar en superficie estructura cárstica en la marlita.

Las limolitas en su parte basal presenta un espesor de 4,8 m, mientras que la parte intermedia y superior las capas tienen espesores que oscilan entre 0,7 a 2,5 m; por otro lado, las marlitas presentan espesores entre los 0,7 a 2,5 m en la sección. Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

En la secuencia se describen concreciones discoidales y esferoidales, con composición similar a la marlita, y siendo frecuentes las concreciones que presentan dimensiones entre los 10 a 5 cm en sus ejes mayor e intermedio.

En la secuencia fue posible apreciar dos sistemas de diaclasas con aberturas de 2 mm, las cuales son rellenas por calcita blanquecinas que alcanzan una persistencia de 30 a 50 cm., éstas presentan una orientación de N10°W81°S y N69°W19°S.

Litofacies Q1D: Secuencia de limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonalidades marrón parduzco que meteorizan a marrón claro con tonalidades violáceas, intercaladas con calizas masiva negras o gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas. Las limolitas presentan un espesor entre 6,7 a 7,6 m de base a tope, mientras que las calizas presentan un espesor entre 0,5 a 0,7 m. Las capas de limolitas reportadas en esta sección son las de mayor espesor descrito en la secuencia. Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Las concreciones presentes de base a tope en la sección son de forma elipsoidal, su eje mayor es paralelo al plano de estratificación y la longitud oscila entre los 30 a 45 cm, mientras que el eje medio se presenta paralelo a la estratificación con longitudes alrededor de los 25 cm, por último, los ejes menores son perpendiculares al plano de estratificación con longitudes cerca de los 15 cm.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 15,7 m.

Litofacies Q1E: Secuencia de limolitas calcáreas pelíticas laminares gris oscuro o violeta grisáceo terroso que meteorizan a marrón parduzco y gris oscuro con tonalidades gris pálido, que se intercalan con marlitas negras a gris oscuro moteados con puntos blanquecinos que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas.

Las concreciones elipsoidales y esferoidales son frecuentes en toda la sección, sus ejes mayores son de mayor longitud que las litofacies inferiores (Q1A, Q1B, Q1C y Q1D), aunque la disposición espacial de los ejes es la misma, los mayores son de longitudes de 35 a 30 cm y de 25 cm para los medios, mientras que los ejes menores tienen una longitud de 20 cm.

Las limolitas presentan espesores que están en el orden entre los 0,5 a 2,9 m, mientras que las marlitas presentan espesores que oscilan entre 0,6 a 1,2 m. Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Las vetillas de calcita se presentan rellenando las aberturas de los dos sistemas de diaclasas (presentan la misma disposición espacial que los planos descritos para las anteriores litofacies), la frecuencia es de 3 en 5 cm, mientras que para el otro sistema es de 1 en 5 cm, la persistencia es de 40 a 50 cm.

Se destaca el arreglo interno de los componentes de la marlita, que se ajustan a alineaciones paralelas a los planos de estratificación, véase figura 4.5. De igual forma estas marlitas presentan acuñaamiento lateral y su persistencia lateral se prolonga al solaparse con otra capa de similares características lateralmente.



Fig. 4.5: Capa de marlita de la litofacies Q1E, azimut 87°.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 19,3 m.

Litofacies Q1F: Alternancia de marlita masiva de color negro a gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas, intercala con limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonalidades marrones oscuro parduzco que meteorizan a marrón con tonalidades rojizas parduzco.

En la secuencia se describen concreciones discoidales o elipsoidales, para la parte inferior de la secuencia los ejes mayores son paralelos a los planos de estratificación y sus longitudes oscilan entre los 40 a 35 cm, los ejes medios son paralelos a los planos de estratificación con longitud alrededor de los 25 cm, mientras que para el eje menor son perpendicular al plano de estratificación con longitud que puede ser menor o igual a los ejes medios, por lo general mide alrededor de 15 cm. Para la secuencia superior las concreciones son de menor longitud, pero sus propiedades espaciales son las mismas, los ejes mayores están en el orden de 20 a 15 cm, mientras que los menores entre 10 a 8 cm.

Los espesores de las capas de marlita son de poco menos de 7 m en la base, y al tope de 1,3 m, por otro lado, la limolita presenta un espesor de 2,9 m Se destaca que para esta litofacies se midió el mayor espesor de marlita de la sección de Puinare. Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 10,9 m.

Litofacies Q1G: Secuencia de limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonalidades marrón parduzca que meteorizan a marrón parduzco con tonalidades gris muy tenue, intercaladas con marlitas negras o gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades rojizas.

En la secuencia se presentan concreciones esferoidales, elipsoidales y discoidales, véase la figura 4.6. Los ejes mayores son paralelos a la estratificación y sus dimensiones están entre los 30 a 20 cm, para los ejes medios y menores oscilan entre los 15 a 7 cm de longitud.

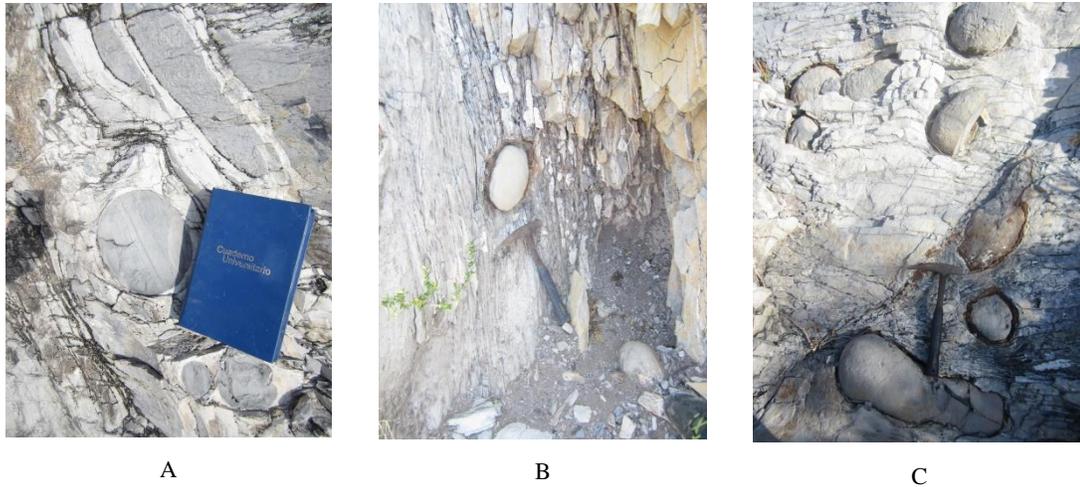


Fig. 4.6: Se muestra las diferentes formas de las concreciones de la litofacies Q1F, A.- Concreción esferoidal - azimut 5°, B.- Concreción elipsoidal - azimut 265° -, y C.- Concreciones discoidales (extremo inferior izquierdo), y pseudo--concreciones (derecha de la fotografía), de planta.

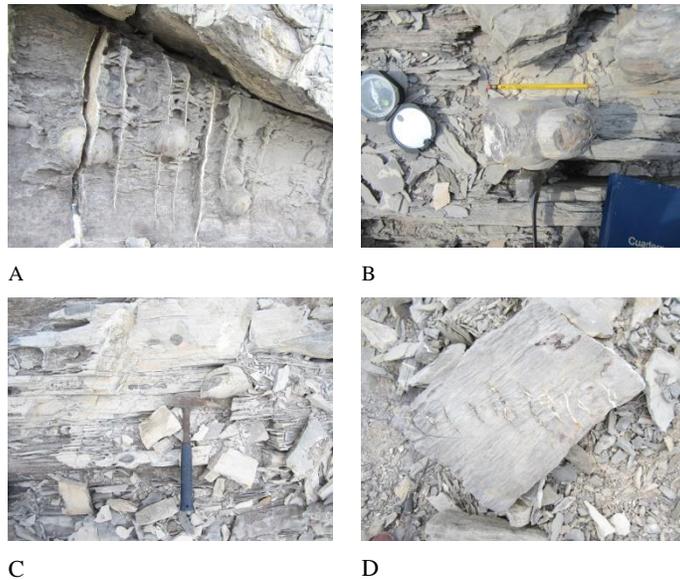
Las concreciones pueden presentar formas alargadas producto de la intercepción de dos concreciones, fig. 4.6. -C-. Se destaca que las concreciones para esta litofacies son de similar característica composicional que las marlitas, y a diferencia de las anteriores litofacies la parte externa presentan coloraciones rojizas fig. 4.6 -B y C-, llegando éstas incluso a describirse como superficies envolventes en algunos de los casos.

Los espesores de las limolitas oscilan entre 0,8 a 3,5 m, mientras que las marlitas van de 0,4 a 0,6 m, se destaca que esta litofacies se presenta una secuencia rítmica en la manera de depositarse las capas de limolitas y marlitas, por ejemplo, para las capas de limolitas la secuencia rítmica sería: capa gruesa (3,5 m) a media (0,6 m), capa gruesa (3,2 m) a media (0,8 m) y así sucesivamente, estas se presentan para ambas litologías, aunque variando el espesor. Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 18,7 m.

Litofacies QIH: Secuencia de limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonalidades marrón que meteorizan a marrón parduzco con tonalidades gris pálido amarillento, intercaladas con marlitas masivas negras a gris oscuro con moteados blanquecinos que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillas, se describen vetillas que rellenan las aberturas de las diaclasas de 1 mm de espesor, tienen persistencia de alrededor 60 cm; la orientación de las diaclasas son de N8°E88°S y N87°W82°S.

Fig. 4.7: (A) Vetillas de calcita, que ocupan aberturas de 1 a 2 mm, cortando concreciones esferoidales, (B) Concreción compuesta por dos concreciones esferoidales, (C). Concreciones de diferentes formas, y (D) Estilolitas; la fotografía A fue tomada con azimut 258° y B, C, y D son de planta.



Las concreciones son elipsoidales y esferoidales con similar composición que las marlitas, de color gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades rojizas, esta tonalidad rojiza se acentúa en las concreciones que se desarrollan en las capas de limolita. Las dimensiones para estas concreciones son 20 a 25 cm para el eje mayor, el cual es paralelo al plano de estratificación (al igual que el eje medio), los ejes medio y menor son de 15 y 10 cm, respectivamente.

Las capas de marlitas se observaron con estilolitas, véase la figura 4.7.

Los espesores de las capas de limolitas varían de 1,9 a 0,3 m, mientras que los de marlitas van de 0,85 a 0,3 m. Al igual que la litofacies anterior, se distingue una depositación rítmica para la secuencia, de capas gruesas y capas media, aunque de menor espesor. Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 11,3 m.

Litofacies QII: Secuencia de limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonalidades rojizas que meteorizan a marrón parduzco con tonalidades amarillentas a rojizas, intercaladas con calizas o marlitas masivas de color negro u gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades pardo rojizas, éstas marlitas presentan vetillas que rellenan aberturas de 2 mm, las cuales meteorizan a blanquecinas a rojizas con tonalidades amarillentas. Ambas litologías se extienden lateralmente por varios metros, en sus extremos se acuña y su continuidad prevalece al solaparse con una capa de similares características.

El contacto entre las marlitas y las limolitas se define con una superficie irregular, que se aproxima a una superficie sinusoidal.

Las concreciones presentes para esta secuencia son esferoidales y discoidales, su eje mayor es paralelo al plano de estratificación, y su dimensión alcanza una longitud alrededor de 20 a 30 cm (aunque pueden describirse concreciones de 5 cm de diámetro en el eje mayor), la longitud media es paralela al plano de estratificación, sin embargo la longitud entre el eje medio y menor puede ser igual “concreción discoidal”, estas longitudes pueden ser 15 a 10 cm, aunque la longitud del eje menor es perpendicular al plano de estratificación. Se destaca que las concreciones para esta secuencia generalmente se fracturan en lascas o láminas paralelas a la estructura, en su interior está compuesta por un núcleo de color rojizo y amarillento, véase la figura 4.8 A y B.



A



B

Las capas de marlitas presentan espesor de 0,55 m, mientras que las capas de limolitas presentan mayor desarrollo en su espesor para lo cual se midieron en 2,9 y 4,4 m. Se destaca que las capas de limolitas pueden contener capas de marlita o calizas de escasos centímetros, los cuales pueden confundirse con concreciones si no detalla en la descripción y se hace referencia a esta particularidad -pseudoconcreciones-.



C

Fig. 4.8: (A) y (B) Concreciones presentes en la litofacies QII., azimut 85°, y (C) Fósil macro, azimut 265°.

Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición. Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 8,1 m.

Litofacies Q1J: Secuencia de limolitas calcáreas pelíticas laminadas de color gris oscuro con tonos rojos parduzco que meteorizan a marrón rojizo parduzco claro con tonalidades amarillentas, intercalados con marlitas con chert de color negro a gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades rojizas y amarillentas. La secuencia se describieron vetillas de calcita blanquecinas que meteorizan a rojizo con tonos blancos, estas están rellenando aberturas de las diaclasas, estas últimas presentan orientación $N8^{\circ}E88^{\circ}S$ y $N9^{\circ}E86^{\circ}N$.

Las concreciones para esta litofacies son de menor tamaño que las descritas en anteriores litofacies (Q1A a la Q1I), se presentan en variadas formas, como elipsoidales, aunque su formas no describen un forma simétrica, pueden presentarse como formas de gotas aplanadas paralela a los planos de estratificación, sin alejarse de un patrón “ovoidal”. Muchos autores lo describen como pseudo-concreciones, basándose en su diferencia con las concreciones teóricas. En resumen, las concreciones son de color gris oscuro hacia la parte externa, y rojizo y amarillento hacia el interior, hacia el núcleo presenta aspecto terroso y apariencia oxidada, éstas meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas y rojizas hacia la parte externa,



C1

C2

Fig. 4.9: Formas de presentación de las concreciones en afloramientos y sus características externas e internas, azimut 75° en la (A), Azimut 35° (B) y Azimut (C) 70° .

y núcleo a rojizo parduzco y amarillento. Las dimensiones no sobrepasan los 15 cm, aunque no es común una forma simétrica generalmente son achatados en sentido de la estratificación. Obsérvese la figura 4.9.

Las capas de limolitas presentan un espesor que va de 0,4 a 1,7 m, mientras que las marlitas se miden espesores 0,4 a 1,9 m; se destaca que el proceso sedimentario es cíclico para las marlitas la cual sería: capa gruesa y capa fina, y así sucesivamente, por otro lado, las limolitas presentan poca variación en el desarrollo de su espesor, lo cual hace imperceptible describir una serie cíclica. Sin embargo, se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 8,1 m.

Sección Litológica -Borracha, Sector Centro este-

La secuencia descrita para la Formación Querecual en la Isla Borracha se divide en tres litofacies, las cuales son:

Litofacies 2QA: Se presenta un espesor de caliza o marlita masiva fosilífera de color negro o gris oscuro que meteoriza a gris claro con tonos amarillentos y rojizos tenue. Se presentan bivalvos, ammonites y fragmentos fósiles sin identificación.

La medición del espesor se estima entre 10 a 15 m., cabe destacar que su medida se dificulta por la complejidad estructural del afloramiento, debido al desarrollo o presencia (en afloramiento) del corrimiento a escala regional en dirección N30°E a S30°W.

Las concreciones son de forma elipsoidal, discoidal y esferoidal, para lo cual se presenta una longitud mayor y media paralela al plano de estratificación, mientras que la menor es perpendicular a está; Las dimensiones o tamaño de las concreciones varía

entre los pocos centímetros hasta cerca de los dos metros, por esta razón no se darán medidas específicas particulares para su descripción. Véase la Figura 4.10.

Las concreciones son gris oscuro a negro con moteados blanquecinos, y meteorizan a gris claro con tonalidades amarillo y rojizo tenue, generalmente al fracturar las concreciones por el plano que definen el eje mayor y el medio se presentan ammonites en su parte central, donde su molde está cristalizado por calcita, por otro lado, es posible observar calcos de bivalvos en su superficie.

Se aprecian dos sistemas de diaclasas con orientación $N11^{\circ}W82^{\circ}S$ y $N69^{\circ}E57^{\circ}S$, que generan aberturas entre 1 a 2 mm, las cuales están siendo rellenas por calcita blanquecina con persistencia de 1 a 2 metros.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor entre los 10 a 15 m.



(Continuación Fig. 4.10)



F

355°, (d) Concreción con un calco de fósil en la superficie, vista de planta, (e) corrimiento regional en la cresta de la isla Borracha, azimut 184°, (f) complejidad estructural en la cresta de la fila en la isla Borracha, , azimut 342° ,y (g) Composición litológica en la cresta de la isla Borracha, azimut



G

75°.

Litofacies 2QB: Secuencia de limolitas calcárea pelítica laminar de color gris oscuro con tonalidades verdosas que meteorizan a marrón verdoso con tonalidades rojizas parduzcas, intercaladas con calizas o marlitas negro a gris oscuro que meteorizan a marrón verdoso oscuro o gris claro con tonalidades amarillentas.

Las concreciones para esta secuencia son de poco tamaño, su formas es elipsoidal u elipsoidal alargado (tabular), su eje mayor y medio es paralelo al plano de estratificación, mientras que el eje menor es perpendicular al plano de estratificación, por lo tanto las medidas en la longitud de los diámetros son 15x10x7 cm., son de color gris con tonalidades amarillentas que meteorizan a rojizo intenso con tonalidades amarillentas; las concreciones tienden a presentar un núcleo rojizo circuncéntrico de color rojizo intenso. Ver la Figura 4.11 A y B.



A



B

Fig.4.11: (A) Secuencia de Marlitas y Limolitas Pelíticas, al foto la piqueta de escala, azimut 104°, y (B) Concreciones dentro de la secuencia de la Litofacies 2QB, azimut 346°.

Las marlitas presentan espesores individuales que van de 7 a 25 cm, mientras que las limolitas desde los 15 a 80 cm. Se destaca que la secuencia presenta series rítmicas al depositarse el material litológico, la serie rítmica es una capa gruesa de limolita de ≈ 80 cm, y luego una alternancia capas finas de limolitas y marlitas con espesor individual alrededor de 17 cm, esta alternancia de capas es de 5, 7 u 9 parejas de limolita-marlita. Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 8,1 m.

Litofacies 2QC: Secuencia de limolitas calcáreas pelíticas laminares gris oscuro con tonalidades negras que meteorizan a rojizo con tonos grisáceos claros, intercaladas con marlita sílicea (con chert) de color negro a gris oscuro que meteoriza a gris claro con tonos amarillentos y rojizos.



Las concreciones para esta secuencia son esferoidales y elipsoidales, de color gris con tonalidades rojizas y amarillentas que meteorizan a rojizo, su núcleo es rojizo con tonos amarillentos. Las medidas para estas concreciones están alrededor de 10x6x5 cm en sus ejes mayor, medio y menor, respectivamente. Se presentan dos sistemas de diaclasas con orientación $N28^{\circ}W86^{\circ}N$ y $N81^{\circ}W84^{\circ}S$, los cuales generan aberturas que están siendo ocupados por calcitas blanquecinas de 1 a 2mm, la persistencia de estos sistemas está en el orden de los 0,6 a 1,1 m.



Fig. 4.12: Característica de la Litofacies 2QC, (A) Secuencia Limolita Marlita con chert, azimut 24°, (B) Concreción alargada de 10 cm, foto de planta, (C) Contacto entre la Formación Querecual y Río Chávez, foto de planta (norte arriba de la foto), y (D) Capas de marlita con chert hacia la parte superior de la secuencia de la Formación Querecual, foto planta (norte arriba de la foto B, C y D).

Las capas de marlita con chert están entre 16 a 31 cm, mientras que las limolitas varían entre 20 a 41 cm. Se destaca la continuidad de la serie rítmica de la litofacies B, solo que las capas de marlita son sustituidas por las capas de marlita con chert, y la frecuencia de la alternancia son de 2 o 3 parejas de limolitas y marlita con chert. Véase la Figura 4.12. Se considera una secuencia rítmica por potencia de espesor y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 1,83 m.

Secuencia Litológica -Chimana del Sur-

La secuencia de la Formación Querecual en la Isla Chimana del Sur presenta el mayor desarrollo compuesto de litofacies -intercalación de limolitas y calizas o marlitas- en la región de estudio, dicha sección ha sido medida desde el extremo meridional de la isla hasta la zona septentrional, véase la figura 4.13.



Fig. 4.13: Isla Chimana del Sur, la línea anaranjada en el interior de la isla indica el recorrido realizado para la descripción de la Formación Querecual.

La secuencia presente en la Isla Chimana del Sur es homogénea en cuanto a su carácter litológico, por lo que se hará una descripción única de sus propiedades. Esta sección se describe como una intercalación de calizas o marlitas masivas gris oscuro a negro que meteoriza a gris claro con tonalidades amarillentas a rojizas, intercalada con limolitas calcáreas laminares pelíticas de color gris oscuro con tonalidades terracota o marrón parduzco que meteoriza a rojizo parduzco o marrón parduzco con tonalidades violáceas y amarillentas.

Dentro de las secuencias son pocas frecuente las concreciones, las formas de las descritas son elipsoidal y esferoidal, su presencia es 2 o 1 en m², sus tamaños no sobrepasan los 18 a 20 cm de diámetro en su eje mayor, 17 a 13 cm de diámetro en el eje medio, y 16 a 10 cm de diámetro en el eje menor; las concreciones son de color gris oscuro a negro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillas a rojizas, muchas de las concreciones encontradas en el transepto estudiado están altamente afectadas por la meteorización.

Hacia la parte sur de la Isla Chimana del Sur se presentan concreciones elipsoidales cuyas dimensiones son de 30x17x13 cm, los ejes mayor y medio son paralelos a la

estratificación, mientras que el eje menor es perpendicular (característica espacial constante para la secuencia), es común encontrar concreciones con vetillas de calcitas entre 2 a 4 mm (rellenan los espacios originados por los dos sistemas de diaclasas), las cuales las dividen y en muchas ocasiones la fragmentan, desplazando las fracciones por estos planos una con respecto a la(s) fracción(es) lateral(es).

La secuencia ha sido dividida en 21 litofacies, las cuales fueron agrupadas de acuerdo a las relaciones de espesor entre una capa o conjunto de capas con otro(s), distinguiendo de las otras litofacies (inferior y superior) por presentar una distinción en su espesor única. Las características para esta litofacies se muestran a continuación (tabla 4.1):

Tabla 4.1: Propiedades físicas de las litofacies de la secuencia de la Formación Querecual en la Isla Chimana del Sur

Litofacies	Espesor de Limolita	Espesor de Caliza o Marlita	Secuencia Rítmica "R" y/o Cíclica "C", o ninguna "N"	Espesor de la litofacies
Litofacies Q3A	Entre 0,6 a 0,9 m	Espesor de 1,1 m	C	2,5 m
Litofacies Q3B	Entre 0,3 a 0,5 m	Entre 0,2 a 0,25 m	R-C	4,5 m
Litofacies Q3C	Entre 0,7 a 1 m	Entre 0,6 a 0,8 m	R	8,4 m
Litofacies Q3D	Entre 0,5 a 1,2 m	Entre 0,2 a 0,4 m	R-C	5,5 m
Litofacies Q3E	Entre 0,5 a 1,09 m	Entre 0,1 a 0,6 m	R-C	8 m
Litofacies Q3F	Alrededor de 0,9 m	Alrededor de 0,6 m	C	1,5 m
Litofacies Q3G	Entre 0,9 a 0,8 m	Entre 0,3 a 0,4 m	R-C	8 m
Litofacies Q3H	Entre 0,36 a 0,4 m	Entre 0,3 a 0,5 m	R-C	6 m
Litofacies Q3I	Alrededor de 0,5 m	Entre 1 a 1,5 m	C	3 m
Litofacies Q3J	Entre 0,2 a 1,5 m	Entre 0,2 a 0,5 m	R	6,9 m
Litofacies Q3K	Entre 0,29 a 0,3 m	Entre 0,7 a 0,9 m	R-C	4,5 m
Litofacies Q3L	Entre 0,45 a 0,5 m	Entre 0,1 a 0,2 m	R-C	12 m
Litofacies Q3M	Entre 1,5 a 2 m	Entre 0,2 a 0,2 m	R-C	28 m
Litofacies Q3N	Entre 0,5 a 1,5 m	Entre 1 a 1,5 m	R-C	5,5 m
Litofacies Q3O	Entre 0,4 a 2,5 m	Entre 1,2 a 3,4 m	R-C	7,5 m
Litofacies Q3P	Entre 3 a 5,5 m	Entre 0,5 a 0,7 m	R-C	13,6 m
Litofacies Q3Q	Entre 0,8 a 1,7 m	Entre 0,2 a 0,7 m	R-C	28,7 m
Litofacies Q3R	Entre 2,1 a 2,5 m	Entre 0,2 a 0,4 m	R-C	10,1 m

Continuación Tabla 4.1				
Litofacies Q3S	Entre 1,4 a 2,3 m	Entre 0,3 a 0,5 m	R-C	21,9 m
Litofacies Q3T	Entre 0,8 a 1,4 m	Entre 0,3 a 0,4 m	R-C	9,5 m
Litofacies Q3U	Entre 2,1 a 2,2 m	Alrededor de 0,6 m	R-C	5,5 m

En la tabla 4.1 se realiza una tabla de doble entrada en donde se destacan, los espesores de las limolitas y calizas o marlitas individuales, o en su defecto la variación de su espesor dentro de la litofacies, y el espesor total de la litofacies. De igual forma, la tabla presenta una columna que muestra la sucesión de litología que compone una serie estratigráfica, donde puede ser: homogénea, heterogénea o repetitiva. Para el caso que una serie sea repetitiva, se clasificaron las litofacies si la serie de sus componentes fue cíclica o rítmica o ninguna de ellas.



A



B

Fig. 4.14: Características de las propiedades físicas de las rocas de la Formación Querecual, (A) Concreción, foto de planta, y (B) Capa de caliza o marlita en lascas, con características al encontrarse expuesta a la meteorización.

Sección Litológica -Chimana Grande, Sector Norte de Puinare-

Para el sector de Playa de Puinare han sido levantadas dos secciones sedimentarias, una hacia la zona sur-este y sus alrededores, y una segunda para el sector norte de la

referida playa, con el propósito de comprender la variación lateral de la secuencia sedimentaria. Esta segunda sección ha sido dividida en las siguientes litofacies:

Litofacies Q4A: Secuencia de limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris con tonalidades marrón que meteorizan a rojizo parduzco claro con tonalidades grises oscuro, intercalado con calizas o marlitas masivas gris oscuro que meteoriza a gris claro con tonalidades amarillentas claro. Los espesores de las calizas o marlitas van desde los 0,7 a 0,9 m, y las limolitas van de 0,6 a 2,6 m. La secuencia es rítmica en potencia de los estratos y cíclica en composición. Obsérvese la fig. 4.15



Fig. 4.15: Limolitas calcáreas pelíticas laminares. Vista de planta.

Las concreciones son gris oscuro en su interior y meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas, sus formas son elipsoidales, discoidales y esferoidales, los ejes mayor y menor son paralelos a la estratificación, mientras que el menor es perpendicular, siendo sus dimensiones aproximadamente 25x20x17 cm, respectivamente.

El espesor: la secuencia medida posee un espesor de 7,6 m.

Litofacies Q4B: Secuencia intercalada de calizas con concreciones y limolitas líticas calcáreas laminares con concreciones; las calizas son de color negro a gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades rojizas y amarillo claro, las limolitas son de color gris oscuro y rojizo parduzco que meteorizan a gris y rojizo parduzco con tonalidades marrón. Las calizas presentan espesores que van de 0,3 a 1,2 m, mientras que las limolitas van de 1,6 a 5,4 m.



Fig.4.16: Secuencia de la sección basal, norte de Puinare. Azimut 285°.

Las concreciones elipsoidales presentan dimensiones alrededor de 25x18x15 cm, su color es gris oscuro que meteoriza a gris claro con tonalidades amarillentas. Las calizas o marlitas y las concreciones presentan erosión cárstica.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 9,3 m.

Litofacies Q4C: Secuencia de calizas o marlitas de color gris oscuro a negro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas, intercalada con limolitas calcáreas pelíticas laminares de color marrón parduzco oscuro con tonalidades gris oscuro que meteorizan a rojizo parduzco con tonalidades gris claro amarillento.

Las concreciones presentan formas elipsoidales y esferoidales, la longitud del diámetro mayor y medio (paralela a la estratificación) están en el orden de 20 a 25 cm, mientras que las de menor son de 12 a 15 cm de diámetro (perpendicular a la estratificación).

Los espesores para la limolitas van de 0.3 a 2.6 m, mientras que las calizas o marlitas van de 0,1 a 0,3 m. La litofacies es rítmica por potencia de los estratos y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 9,8 m.

Litofacies Q4D: Secuencia de capas masivas de calizas o marlitas con concreciones de color negro que meteorizan a gris oscuro y tonalidades amarillentas y rojizas parduzco, que se intercalan con limolitas calcáreas pelíticas laminares rojizas parduzco oscuro con tonalidades gris oscuro que meteorizan a marrón oscuro con tonalidades rojizas y aspecto terroso.

Las concreciones presentes en la sección son elipsoidales, donde sus ejes mayores fueron medidos entre los 20 a 15 cm, mientras que los menores son de 7 a 10 cm; las características físicas son similares a los descritos para las calizas, sin embargo, en ocasiones las concreciones presentan un núcleo rojizo u terracota, el cual es frecuente en las concreciones de poco tamaño.

Las calizas son homogéneas con espesores en la base de 0,7 a 0,5 m, y al tope entre 0,27 a 0,3m, aunque pueden medirse mayores a los 0,7 m, en especial en la parte central de la secuencia. Por el otro lado, las limolitas han desarrollado espesores al tope entre los 2,5 a 4,1 m, mientras que hacia la parte basal se desarrollaron espesores entre los 0,5 a 0,3 m. La secuencia es rítmica por potencia de los estratos y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 18,7 m.

Litofacies Q4E: Secuencia de capas masivas de marlitas o calizas con concreciones negras que meteorizan a gris oscuro con tonalidades rojizas parduzco, intercaladas con limolitas calcáreas pelíticas laminares con concreciones, son de color marrón que meteorizan a gris y rojizo claro con tonalidades rojizas.

La presencia de concreciones en las calizas y limolitas son de forma elipsoidal con similares características para ambas, los ejes mayores son de 20 a 25 cm, mientras que los ejes menores van de 12 a 15 cm.

Las capas de limolitas presentan vetillas de calcita, que se desarrollan en las aberturas de 0,2 mm definidas entre los planos de diaclasas.

Las secuencias son homogéneas en cuanto al grosor de las capas, las calizas van de 0,7 a 0,2 m, mientras que las limolitas presentan mayores espesores que están entre los 1,8 a 1,1 m. La secuencia es rítmica por la potencia de los estratos y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 8,5 m.

Litofacies Q4F: Secuencia de capas masivas de calizas o marlitas con concreciones de color negro a gris oscuro que meteorizan a gris pálido amarillento, intercaladas con capas de limolitas calcáreas pelíticas laminares con concreciones, son de color gris oscuro con tonalidades marrón parduzco que meteorizan a rojizo claro con tonalidades gris claro.

Las concreciones son de forma elipsoidal, sus ejes mayores y medios son paralelos a la estratificación mientras que los ejes menores son perpendiculares, las dimensiones para las concreciones en su eje mayor son alrededor de los 25 a 20 cm, mientras que

los ejes medio y menor oscila entre los 20 a 13 cm, se destaca que las concreciones presentan similar composición que las marlitas, en muchas ocasiones los núcleos de las concreciones (poco frecuente) en las capas presentan coloraciones rojizas y amarillentas, y erosión cárstica, al igual que las calizas.

Los espesores de las capas de calizas o marlitas miden alrededor 0,58 m, mientras que los de limolitas fueron medidos entre 2,4 a 5,3 m. La secuencia es rítmica por potencia por los estratos y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 8,3 m.

Litofacies Q4G: Secuencia de capas masivas de calizas o marlitas con concreciones, de color negro o gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas, intercaladas con limolitas calcáreas con concreciones, de color marrón con tonalidades rojizas y gris oscuro que meteorizan a rojizo con tonalidades gris y marrón parduzco.

Las concreciones elipsoidales son de eje mayor paralelo a la estratificación, donde su longitud va de 30 a 20 cm, mientras que sus ejes menores oscilan entre los 10 cm a 15 cm. Se destaca que las capas son de extensión lateral plurimétricas, que disminuyen al punto de solaparse con una capa de similares características o simplemente tienden a desaparecerse.

Las capas de limolitas son de mayor grosor hacia la base 5,3 m, disminuyendo al tope con 1,5 m; por el otro lado, las calizas se midieron espesores que están entre los 0,36 a 2.59 m. La secuencia es rítmica por su competencia en los estratos y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 12,6 m.

Litofacies Q4H: Secuencia de capas masivas de calizas con concreciones de color negro que meteoriza a gris claro con tonalidades rojizas, intercaladas con limolitas calcáreas pelíticas laminares rojizas terrosa parduzca que meteoriza a rojiza clara parduzca. Las capas presentan espesores homogéneos en la secuencia, las limolitas alrededor de 1 m, y las calizas de 1,2 m.

Las concreciones son de forma elipsoidales con eje mayor y medio paralelo a los planos de estratificación, y el menor perpendicular a este; las dimensiones para estas concreciones están alrededor de los 25x23x17 cm.

La secuencia es rítmica por potencia y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 14,5 m.

Litofacies Q4I: Secuencia de capas masivas de calizas con concreciones de color gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas claras, intercaladas con limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonalidades rojizas parduzcas que meteorizan a rojizo con tonalidades gris claro amarillentas. El espesor de las limolita es de 3,8 y 0,6 m, mientras que las calizas o marlitas es alrededor de 0,7 m. La secuencia es rítmica por potencia de los estratos y cíclica por composición, véase figura 4.17.



Fig. 4.17: Capa de marlita o caliza, azimut 277°.

Las concreciones son variadas dimensiones, su eje mayor y medio es paralela a la estratificación, mientras que la menor es perpendicular a esta, su color es gris oscuro que meteoriza a gris claro, las dimensiones esta alrededor de 20x18x15 cm, aunque de acuerdo a las dimensiones las formas de las concreciones pueden ser esferoidales, elipsoidales o discoidales. Las concreciones presentan coloraciones rojizas y amarillentas.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 5,9 m.

Litofacies Q4J: Secuencia de capas masivas de calizas o marlitas con concreciones, de color negro a gris oscuro que meteoriza a gris claro con coloraciones rojizas claro, el aspecto de la roca es terroso en superficie, estas están intercaladas con limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonalidades rojizas que meteorizan a rojo terracota parduzco con tonalidades gris oscuro. El espesor de las capas de calizas esta entre 0,2 a 0,4 m, mientras que las limolitas oscilan entre los 0,6

a 1,6 m. La secuencia es rítmica por potencia de los estratos y cíclica por composición.

Las concreciones en esta secuencia se presentan envueltas dentro de la marlita o caliza, definiéndose el cuerpo elíptico o esferoidal, son de color gris oscuro que meteoriza a gris claro con tonalidades negras. Es posible describir en las litofacies vetillas que rellenan aberturas de los dos sistemas de diaclasas presentes, cuya orientación son N6°E66°S y N29°W27°S.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 6,8 m.

Litofacies Q4K: Secuencia de capas masivas de marlitas o calizas con concreciones de color negro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas, intercaladas con limolitas calcáreas de color rojizas con tonalidades grises oscuras que meteorizan a gris claro con tonalidades rojizas y/o purpuras, su aspecto es terroso.

Las concreciones presentes en las capas descritas poseen una forma tabular con apariencia a formas elipsoidales, que dejan moldes en las rocas, las dimensiones de las concreciones son de 15 cm en su eje mayor, mientras que sus otros dos ejes van de 5 a 10 cm. Las vetillas presentes en las calizas y limolitas son de 0,3 mm, ocupando los espacios que definen los planos de diaclasas.

Las capas son de extensión plurimétrica, aunque al seguir la traza de éstas pueden apreciarse su extinción. Los espesores de las limolitas son de 0,4 a 2,5 m y calizas 0,3 a 1,4 m, no presentando variaciones características. La secuencia es rítmica por potencia de los estratos y cíclica por composición. Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 13,4 m.

Litofacies Q4L: Secuencia de capas de limolitas calcáreas pelíticas con concreciones de color gris oscuro a rojizo oscuro que meteorizan a rojizo parduzco claro a oscuro,

de aspecto terroso, intercaladas con capas masivas con concreciones de marlitas o calizas grises oscuras con tonalidades rojizas que meteorizan a gris o gris claro con tonalidades rojizas y amarillentas. Las concreciones son pequeñas esferoidales u formas compuestas (no mayor de 10 cm), con composición similar a las marlitas o calizas, de color gris oscuro que meteorizan a rojizo u amarillento.

Las capas de limolitas son de mayor espesor, y van incrementando su espesor de base a tope, de 1,2 a 4 m, mientras que las calizas se presentan en capas que están en el orden de 0,3 a 0,5 m. La secuencia es rítmica por potencia de los estratos y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 17 m.

Sección Litológica –Chimana Grande, Sector Los Naranjos-

En la Isla Chimana Grande se realizó una descripción litoestratigráfica al sector este, Los Naranjos, véase la figura 4.18. Esta comprende las siguientes litofacies:

Litofacies Q5A: Secuencia de capas de calizas o marlitas negras a gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas, intercaladas con limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonalidades marrón que meteorizan a rojizo con tonalidades grises, ambas litologías presentan concreciones y pseudo-concreciones con composición y características idénticas a las calizas o marlitas, sus formas son por lo general elipsoidales y esferoidales con longitud de diámetro mayor no superior a los 20 cm. Las calizas presentan un espesor en la secuencia que varía entre 0,6 a 0,8 m, mientras que las limolitas oscila entre 0.3 a 0.6 m. La secuencia es rítmica por potencia de sus estratos y cíclica por composición.

Las calizas se fracturan en lajas, y en afloramiento no se presentan como capas tabulares estrictamente, pero si pueden ser definidas por un plano inferior e superior con una superficie sinusoidal.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 6,47 m.

Litofacies Q5B: Secuencia de calizas o marlitas negras o gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas, intercaladas con limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonos marrón que meteorizan a rojizo con tonos grises. La secuencia se hace frecuentes concreciones y pseudo-concreciones con idéntica composición que la caliza, son de forma elipsoidal y esferoidal, donde su longitud mayor no sobrepasa los 18 cm de longitud; se destaca que el núcleo de estas estructuras presenta una composición férrica, que al meteorizar sus coloraciones son rojizas o amarillentas. Las calizas al fracturarse lo hacen en lajas, y esta característica “en ocasiones” hace difícil distinguir las litologías que componen la secuencia.

Las calizas presentan espesores en la base de 0,25 m, en la zona intermedia de 0,55 m, y finalmente las capas superiores han sido medidas entre 2,35 a 2,39 m, aunque para esta zona intermedia se presenta una capa de caliza de 2,65 m. Por otro lado, las limolitas presentan un espesor uniforme que oscila de base a tope entre los 0,23 a 0,3 m, sin embargo, en la zona intermedia se presenta una anomalía en cuanto al espesor de una de sus capas, la cual fue medida en 2,35 m. La secuencia es rítmica en cuanto a la potencia de los estratos y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 36,89 m.

Litofacies Q5C: Secuencias de calizas o marlitas de color gris oscuro que meteorizan a gris claro con tonalidades amarillentas claras, intercaladas con limolitas calcáreas pelíticas laminares de color gris oscuro con tonalidades marrón que meteorizan a rojizo con tonalidades amarillentas. La secuencia tiene de base a tope concreciones de

formas elipsoidales, esferoidales y discoidales, cuya longitud mayor no sobrepasa los 20 cm de diámetro.

Las calizas o marlitas se presentan en espesores de 0,2 a 0,6 de base a tope, donde culmina con una capa de 5,8 m. Por su parte, las limolitas presentan espesor de 0,9 m que van disminuyendo a 0,7 m al tope. La secuencia es rítmica por potencia de sus estratos y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 30 m.

Litofacies Q5D: Se describe una secuencia en la base de capas masivas de calizas o marlitas con concreciones de color negro que meteorizan a gris pálido con tonalidades amarillentas y rojizas, intercaladas con limolitas calcáreas pelíticas laminares con concreciones de color gris oscuro con tonalidades marrón parduzco. Las concreciones son de dimensiones no mayores de 13 cm, y pueden ser elípticas, esferoidales o discoidales. Las calizas o marlitas se fracturan en lajas.

Al tope se describe una secuencia de calizas con chert calcáreas masiva con concreciones de color negro que meteoriza a gris pálido con tonalidades gris oscura, las capas van de 0,5 a 0,7 m de grosor, que se intercalan con limolitas calcárea con concreciones finamente laminadas, las capas se miden espesores que van desde los 1,1 a 1,7 m de grosor.



Fig.4.18: Las cuatro litofacies descritas en la sección este de la Isla Chimana Grande, Los Naranjos. Azimut 87°.

La secuencia es rítmica por potencia en sus estratos y cíclica por composición.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 26 m.

Edad y Paleontología: La Formación Querecual en las Islas Chimana Grande, Borracha, Chimana del Sur y Chimana del Oeste se considera que fue un desarrollo sedimentario desde el Albiense Tardío hasta el Turoniense, donde han sido identificados especies foraminíferas: plantónicas y bentónicas, que han tenido concurrencia en los periodos mencionados, especies que pueden ser consultadas en el Capítulo de Bioestratigrafía de esta investigación, con su carta faunal correspondiente. Anteriores autores como Vivas y Macsotay (1995) habían hecho público el referido rango de tiempo para la Formación Querecual.

Origen: Se considera que la Formación Querecual es de origen marino, de plataforma externa a talud medio, de acuerdo a los fósiles recolectados para este estudio.

Petrografía realizada a la Formación Querecual: Véase la tabla 4.2 resumen al final del capítulo.

4.1.2.1.- *Formación Río Chávez*: La Formación Río Chávez no ha sido introducido en los dos primeros léxicos estratigráficos con la categoría de Formación o de Miembro (Léxico Estratigráfico de Venezuela 1956 y 1970), para el Léxico Estratigráfico de Venezuela fue introducida como Miembro Río Chávez, sin embargo, este término fue tratado en primera instancia por Vivas y Campos (1977) y Campos y Osuna (1977) como Capas de Río Chávez, posteriormente Campos (1980) lo eleva a grado formacional aportando información paleontológica, más adelante Macsotay (1986) mantiene la nomenclatura de formación.

En 1987, Vivas trabaja con el término “facies de Río Chávez” en su tesis doctoral, para designar a las secuencias aflorantes al norte del Corrimiento Los Naranjos, el cual corresponde al Morro de Barcelona y las islas al norte de Barcelona (franja Oeste – Este), de las secuencias post-Querecual, Dominio Guaquerí-Manare.

Para 1995 los geólogos Macsotay y Vivas lo trabajan como la Formación Río Chávez en la franja al norte de Anzoátegui y Monagas, partiendo del frente tectónico de las montañas de Guárico, pasando por el norte de Anzoátegui y culminando en los alrededores de Cumaná para la descripción de este intervalo.

En 1997, Furrer y Castro, acompañaron a todos los autores que proponen clasificar la secuencia Río Chávez y darle un rango formacional. Numerosos trabajos estratigráficos han propuesto sustituir la Formación San Antonio y han mantenido nomenclatura “Formacional” a las unidades post-Querecual en muchos de los afloramientos en continente, sin embargo, las islas al norte del estado Anzoátegui no ha sido aplicado esta nomenclatura, debido a la falta de estudios específicos para el sector, por lo que esta investigación propone asignarles a los afloramientos post-Querecual a la Formación Río Chávez.

Basado en las anteriores líneas y párrafos, se propone reclasificar la secuencia post-Querecual a la Formación Río Chávez basado en las descripciones propias de la investigación, que se han acoplado al registro bibliográfico de anteriores trabajos.

La descripción de las secuencias Post-Querecual se describen a continuación por localidad:

Sección Litológica - Chimana Grande al Este de la Playa Puinare –

La Secuencia de la Formación Río Chávez en superficie para el sector este de la Playa Puinare ha sido afectada por esfuerzos direccionales -norte-sur- generando un conjunto de estructuras que complican la interpretación vertical de la sección. No obstante, la sección se ha medido 40,1 m. de un conjunto de capas heterogéneas en composición, la cual ha sido dividida en las siguientes litofacies:

Litofacies RCIA: Secuencia homogénea de capas de marlitas con chert o calizas con chert o síliceas de color negro que meteoriza a gris oscuro con tonalidades rojizas y amarillentas, la secuencia se presenta con abundante fracturas en sus capas, y dos sistemas de diaclasas los cuales generan aberturas que están siendo rellenas por calcita blanquecina que meteorizan a blanquecina con rojizo y tonos amarillentos, las aberturas van de 1 mm a 3-5 mm, su frecuencia es de 11 en 10 cm (en zona deformada) a 5 en 10 cm (zona de baja deformación). Véase figura 4.19 (a).

Se han medidos espesores entre 1 a 1,7 m, su secuencia a cíclica por potencia de espesor.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 16,7 m.

Litofacies RCIB: Secuencia homogénea de capas de marlitas con chert y calizas con chert o síliceas de color negro que meteorizan a gris claro con tonalidades

amarillentas a rojizas, la roca se presenta muy fracturada, al punto de confundirse los planos de fracturas con los planos de estratificación, figura 4.19. (b). Se presentan dos sistemas de diaclasas, los cuales generan aberturas en sus planos entre los 1 a 5 mm, estos son ocupados por calcita de color blanco (en forma de vetillas), perpendiculares a la estratificación, su frecuencia es muy variable, en 10 cm puede haber entre 5 a 15 vetillas.

Las capas oscilan entre 1,2 hasta los 3 m.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 11,9 m.

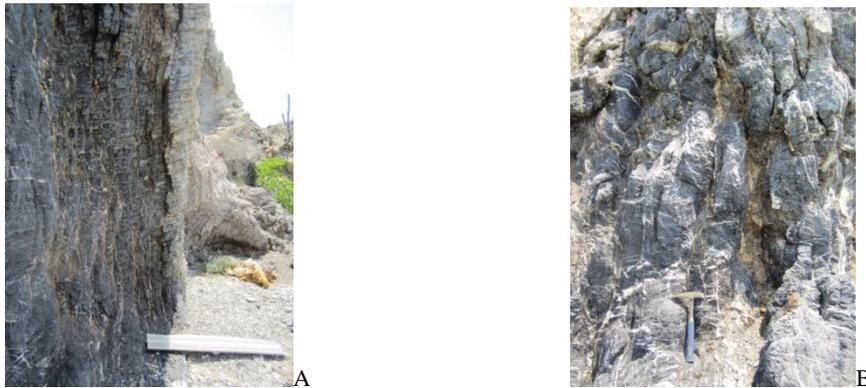


Fig. 4.19: Zona intermedia de la Formación Río Chávez al este de la Playa Puinare, zona norte, azimut 105° (ambas fotografías). (A) Litofacies RC1A, (B) Litofacies RC1B.

Litofacies RC1C: Caliza silíceas (biomicrítica) de color negro oscuro que meteoriza a negro verduzco, rojizo y amarillento, presentan vetillas de calcita de 3 mm, blanquecina y perpendicular a la estratificación. Los planos que definen los estratos son ondulaciones sinusoidales con amplitud de 8 cm en vertical, dichos estratos se acuñan a los extremos y son persistentes si su continuidad se solapa con una capa de similar característica (capas laterales). En superficie se hace evidente las deformaciones a las que fue sometida la roca, con la evidencia de estilolitas dentro de algunas de las capas o cuando la capa forma parte de un pliegue. Véase Figura 4.20.



Fig. 4.20: Secuencia de la Litofacies RC1C, Azimut 105°.

El espesor de las capas de calizas con chert oscila entre los 0,2 a 1,7 m.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 6,2 m.

Litofacies RC1D: Secuencia calcárea silíceas de color negro a gris oscuro que meteoriza a amarillo pardo con tonalidades rojizas. Se observan vetillas de calcita que rellenan las aberturas de las diaclasas, son de color blanquecino que meteoriza a blanco con tonalidades rojizas. Se presentan estilolitas, y una serie de pliegues cerrados que evidencia los esfuerzos a las que fue sometida la roca, como por ejemplo los flancos del pliegue tumbado, $N79^{\circ}W24^{\circ}N$ y $N79^{\circ}W52^{\circ}S$, cuyo plano axial es $N65^{\circ}E81^{\circ}N$.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 5,2 m. Las capas individuales no fue posible medirlas debido a su complejidad estructural.

Sección Litológica – Isla Borracha –

La secuencia aflorante en la sección de la Isla Borracha se describió una litofacies RC2A única, la cual presenta una secuencia de calizas silíceas o marlitas silíceas de color gris oscuro a negro que meteorizan a gris pálido claro con tonalidades amarillentas y rojizas, pero al estar cerca de la costa meteorizan a marrón terroso con

tonalidades negras y rojizas, amarillas parduzco o amarillas con tonalidades negras; para esta secuencia se presentan niveles de lutitas calcáreas de color gris oscuro a negro que meteorizan a gris verdoso. Ambas litologías se observan vetillas de calcita blanquecinas que meteorizan a blancas con tonalidades amarillentas claras, las cuales son casi imperceptibles al ojo debido a la alta meteorización de éstas en superficie. Se destaca dentro de las lutitas concreciones de chert, con forma discoidal y dimensiones en su eje mayor de 3 cm (paralelo a la estratificación) y ejes menores de 2 cm, Véase figura 4.21.

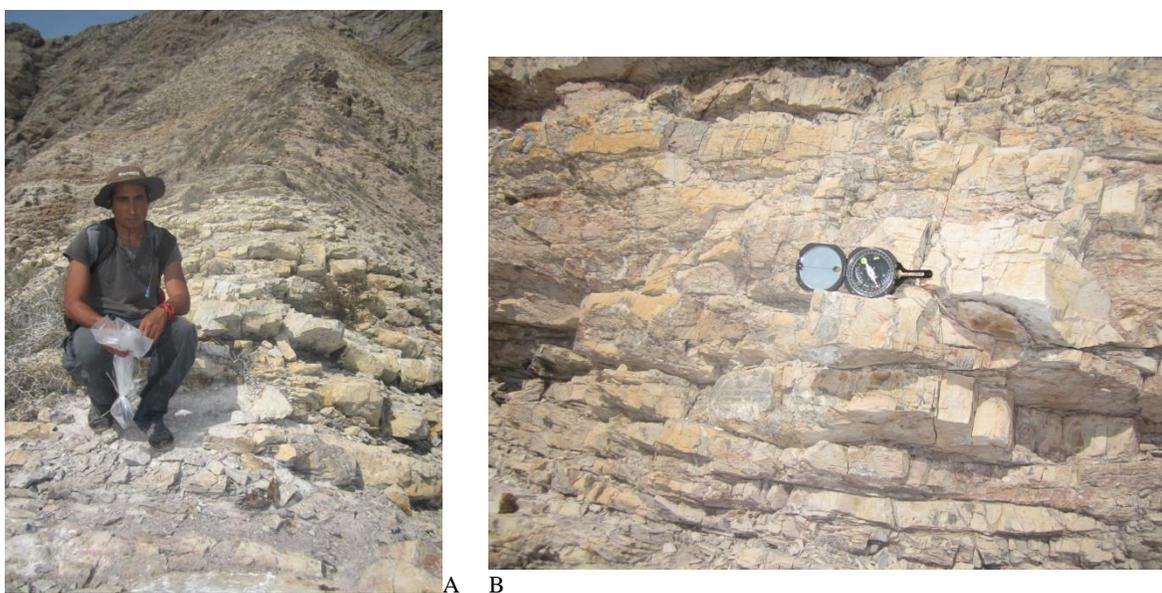


Fig. 4.21.: Formación Río Chávez, (A) Secuencia de Río Chávez, fotografía tomada en una de las secciones dentro de los pliegues isoclinales, azimut 24°, y (B) Secuencia de la capas de calizas con chert o marlitas con chert, azimut 46°.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 37,7 m.

Sección Litológica - Chimana Grande Sector Los Naranjos –

Para el sector este de la Isla Chimana Grande se localiza un gran espesor de caliza o marlita silíceas de color negro que meteoriza a gris oscuro con tonalidades amarillentas y alineaciones rojizas, esta secuencia se describe como una serie rítmica

de la referida litología, la secuencia fue dividida en tres litofacies y sus descripciones se muestran a continuación:

Litofacies RH3A: Secuencia de capas calcáreas silíceas y/o marlitas o calizas silíceas masivas de color negro que meteorizan a rojizo parduzco con tonalidades amarillas pálidas y gris claro. La serie cíclica comienza con capas de espesor entre los 0,2 a 0,5 m, posteriormente la secuencia desarrolla espesores entre los 1,4 a 1,6 m. (aproximadamente) de la misma litología, para que finalmente el ciclo finalice con capas de espesores cercano a los 2,5 m de espesor, quizás menores pero diferenciables a la secuencia intermedia, esta serie se repite en el afloramiento

Las capas presentan una extensión lateral plurimétrica, pero que a los 5 a 20 metros disminuye su espesor considerablemente hasta el punto de solaparse y tener una continuidad por la unión de una capa lateral de similares características.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 59,2 m.

Litofacies RH3B: Secuencia de chert calcárea y/o marlita o caliza silíceas masiva negra que meteoriza a rojizo parduzco con tonalidades amarillentas. Las superficies que definen los contactos inferior y superior para cada capa son sinusoidales. Las rocas están fracturadas, y sus aberturas están siendo rellenas por calcita entre los 2 a 3 mm. Las capas de chert se extienden lateralmente entre 10 a 15 m., pero dependerá del punto de descripción para el afloramiento. Los espesores individuales medidos oscilan entre los 1,8 a 2 m., sin embargo, las capas tienden a disminuir lateralmente. La roca presenta facilidad al resquebrajamiento interno al fracturarse.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 21,8 m.

Litofacies RH3C: Espesor de chert calcáreo y/o caliza o marlita silíceas (con chert) negra que meteoriza a rojizo parduzco con tonalidades amarillentas y gris claro, la roca está muy fracturada, y no es posible realizar una medición capa a capa, ya que se

pierde la continuidad en algunos tramos, bien sea por la fractura interna de la roca o por el grado de meteorización que ha sufrido la roca, por lo que el cálculo para la parte superior de la secuencia se hizo como un solo paquete sin especificar espesores individuales. Las familias de diaclasas se orientan N13°W76°N y N6°W72°S, los cuales generan una abertura que está siendo rellena por calcita blanquecina que meteorizan a blanquizco con tonos rojizos.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 31 m.

Sección Litológica - Chimana Grande Sector Los Naranjos –

Litofacies RC4A: Hacia la base se describen una secuencia de 1,4 m de calizas o marlita silíceas (chert) gris que meteoriza a amarillo muy claro con tonalidades rojo terracota a marrón parduzco intenso. Roca masiva homogénea, con dos sistemas de diaclasas definidos con orientación N73°E83°N y N2°W81°S. Se observan vetillas pseudoparalelas a la estratificación (0 - 7°), que rellenan aberturas de 1 a 2 mm, éstas son de color blanquecino que meteoriza a color marrón terroso, asimismo se observan cristales desarrollados de 1,5 a 1 cm de altura y de 4 a 5 mm de ancho. El contacto capa a capa es definido por una superficie sinusoidal.

La parte intermedia de 4,6 m se describen una secuencia de marlita o caliza silícea (chert) masiva gris oscuro con alineaciones en su superficie, que meteorizan a amarillo parduzco con tonalidades gris verdoso claro y gris oscuro. Presenta dos familias de diaclasas, una con presencia 3:10 cm. y la otra 4:10 cm., ambas son por lo general lineales con cierta curvatura; Es posible observar aberturas entre los planos que describen cada una de las familias, de 1 mm o menor, las cuales son rellenas de calcita con caras cristalinas bien desarrolladas.

Finalmente, se describe una secuencia de 11,8 m de espesor de marlita o caliza silíceas (chert) masiva gris oscuro, que meteoriza a amarillo parduzco clara. Es frecuente a detalle superficies muy finas paralelas a la estratificación. Las vetillas

presentes en las aberturas de las diaclasas (dos familias) son de 1 mm de amplitud, su frecuencia es de 8:10 cm y 3:10 cm, y la orientación de las diaclasas son de N76°E83°S y N11°W64°S. Es importante mencionar que la estratificación entre las capas esta descrita por superficies sinusoidales, que pueden asemejarse a rizaduras de playa, más su término es puramente descriptivo.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 17,9 m.

Litofacies RH4B: Esta litofacies se describe por una secuencia rítmica, que de base a tope se refiere por la presencia de una secuencia de 2,3 m de espesor de capas de alrededor 1,3 m. de caliza o marlita silíceas (chert) y/o chert masiva negra a gris oscuro que meteorizan a gris con rojizo parduzco y pequeñas tonalidades amarillentas. Las zonas rojizas representan las alineaciones de las fracturas en la roca, éstas están menos expuestas a la meteorización y erosión de la roca. Las superficies que definen los contactos entre la roca son sinusoidales.

Las capas son continuas lateralmente, en metros, aunque la presencia de una sola litología no permite diferenciar que éstas se acuñan por otra capa de similares características lateralmente, o continua por una capa de limolita calcárea gris con tonalidades amarillentas que meteoriza a amarillo pálido parduzco, esta limolita es de similares características al exponerse a la erosión que la caliza con chert meteorizada, y su espesor fue medido en 17 cm, aunque este puede variar lateralmente.

Para finalizar la serie rítmica se deposita una secuencia de 7,99 m de espesor (aproximadamente) de capas de 1 a 2 m de chert calcáreo negro con alineaciones blancas, que meteorizan a rojizo parduzco oscuro terracota con tonalidades blancas y amarillentas parduzcas claras; Las vetillas de calcita son de color blanquecinas que meteorizan a terracota parduzcas. Las familias de diaclasas están orientadas N84°E80°S y N79°E85°N, y su frecuencia es de 1:10 cm y 3:10 cm Se distingue la presencia de pirita con cristales menores a 1 mm.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 19,3 m.

Litofacies RH4C: Secuencia silíceea (chert) de 17,2 m de espesor, de color gris oscuro a negro que meteoriza a amarillo parduzco claro y amarillo con tonalidades grises. Los espesores individuales para esta secuencia van de capas de 10 cm que se intercala con capas más gruesas de 71 cm, las de menor espesor tienen a aumentar a 20 cm, y las gruesas a disminuir a 53 cm; en afloramiento se observan las superficies que definen los estratos, sinusoidales. La fractura de la roca para este sector es frágil o quebradiza, siendo lineales y menores a 1mm de espesor, con frecuencia 5:2,5 cm y 3:2,5 cm, la superficie de meteorización en estas fracturas toma un color rojizo característico. Es posible observar formas elipsoidas, circunscéntrica en la capa, muy fracturada y en la cual se acumula las mayores concentraciones de material chértico.

Se describen vetillas de calcita menores al 1mm en su mayoría y estilolitas, estas últimas son de color rojiza (terracota claro). En ciertas zonas de las muestras se aprecia en superficie una apariencia de granos, la cual es la acumulación diferencial de la mícrita.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 17,2 m.

Litofacies RH4D: Chert calcáreo gris oscuro a negro que meteoriza a rojizo parduzco claro con tonalidades gris oscuro. Se observan fracturas con aberturas entre 2 a 1 mm, con frecuencia 4:2 cm y 5:2 cm, las cuales están siendo rellenas por vetillas de calcita.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 4,8 m.

Litofacies RH4E: Secuencia de capas de chert calcáreo negras que meteorizan a amarillo claro, amarillo claro a rojizo con tonalidades gris oscuro. Se observa la

presencia de formas elipsoides inscritas en las capas, internamente están muy fracturadas, con textura lisa y fractura concoidea. La secuencia presenta espesores que van de 0.9 a 2 m, aunque su promedio es de 1,2 m. Los contactos entre capas están siendo definidas por superficies sinusoidales, de 10 cm en la vertical, y la persistencia de las capas lateralmente es plurimétrica, entre los 4 a 10 metros. Las capas lateralmente van disminuyendo su espesor a pocos centímetros, y se solapan en 1 o 2 metros con otras, por lo que la capa presentará continuidad lateral. Las familias de diaclasas presentan una persistencia de 2 a 3 metros, con abertura menores 2 mm, las cuales son rellenas por vetillas de calcita blanquecinas y sin caras cristalinas macro.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 19,7 m.

Litofacies RC4F: Secuencia rítmica, la cual comienza en la base por una capa de 3 m de espesor de chert calcáreo (micrita con fósiles) gris claro con tonalidades amarillas a terrosas, se observan lineaciones blancas amarillentas que meteorizan en su mayor parte a color amarillo acentuado con ciertas manchas curvadas rojo terracota (aspecto de mancha), gris pálido en pequeñas proporciones y, gris y amarillo claro. Se presentan alineaciones de diaclasas en tres direcciones preferenciales.

La roca se observa vetillas con caras cristalinas desarrolladas, las cuales suelen interrumpirse frecuentemente por otras vetillas (del otro sistema de diaclasas). Se destaca la presencia de Pirita sobre la superficie de la muestra, con tamaño tipo arena y el contorno de la pirita difiere del color de la roca, es decir, se define una zonación en contacto con la pirita, siendo está más clara, pero con las mismas tonalidades de las muestras (más difiere la intensidad).

La secuencia finaliza por una secuencia de capas que en general totalizan un espesor aproximado de 10 m de espesor, esta está compuesta por capas con chert calcáreas con espesor que oscila entre los 2 a 1 m, aunque es frecuente medir espesores de 1 m

o menores. La continuidad lateral es plurimétrica, que va de 5, 10 ó 15 m, sin embargo, está característica no es constante y suele variar al describir un afloramiento equivalente para la misma secuencia.

Espesor: la secuencia medida posee un espesor de 29 m.

Edad y Paleontología: La Formación Río Chávez en la Islas Chimana Grande y Borracha, además de El Morro de Barcelona se considera que su secuencia sedimentaria fue desarrollada desde finales del Turoniense (Cretáceo) hasta el Selandiense (Paleoceno), de acuerdo a los foraminíferos identificados: Plantónicos y Bentónicos. La obtención de este rango de tiempo puede ser consultado en el capítulo de Bioestratigrafía de esta investigación, haciendo referencia a la carta faunal. Se destaca, que Vivas y Macsotay (1995) ya habían referenciado el rango de tiempo para la unidad.

Origen: Se considera que la Formación Río Chávez es de origen marino, plataforma externa a batial superior (aguas profundas), de acuerdo al registro fósil reconocido para esta investigación, lo había sido anteriormente puntualizado por Macsotay et al (1980).

Véase anexo I: Mapa geológico Hoja I, II y II, anexo II: Columnas estratigráficas de Borracha, Chimana del Sur, Chimana Grande Sector Los Naranjos –Este-, Morro de Barcelona, Chimana Grande Sector Puinare Norte y Chimana Grande Sector Puinare Sur, Anexo IV: Carta Faunal Querecual y Carta Faunal Río Chávez, Anexo V: Batimetría Querecual y Batimetría Río Chávez, Anexo VI: Correlación Espacial de las Unidades Litoestratigráficas del Cretáceo, y Anexo VII: Ubicación Regional de las Columnas a Correlacionar.

Petrografía de la Formación Río Chávez, véase la siguiente tabla. 4.2

Tabla 4.2: Resumen de las características petrográficas de las formaciones Querecual y Río Chávez.

Formación	Muestra	Orientación Muestra	Sector	Terrigenos		Aloquimicos			Ortoquimicos		Porosidad	Proc. Químico		Estruc. Micro.		Disp. Comp.			Clasificación	
				Extraclastos	Terrigenos	Intraclastos	Oolitos	Fósiles	Pellets	Micrita		Esparita	Micritización	Vañillas	Estilolitas	Otros (vañillas, generación de plano)	Con orientación	Con Orientación aparente		Sin orientación
Querecual	M-46	Par	ChS	< 1	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 25	≈ 0	≈ 74-75	≈ 0	3-5	s	s	s	s	s	-	-	Wackestone/Biomcrita F. Plantónicos
	M83	Per	ChG-P	0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 35	≈ 0	≈ 65	≈ 0	8-10	s	s	n	s	s	-	-	Wackestone/Biomcrita F. Plantónicos
	M23	Per	ChG-P	0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 20-30	≈ 0	≈ 70-80	≈ 0	3	s	n	s	n	-	s	-	Wackestone/Biomcrita F. Plantónicos
	M14	Par	ChG-P	≈ 3	≈ < 1	≈ 0	≈ 0	≈ 25-30	≈ 0	≈ 66-71	≈ 0	2-3	s	s	s	s	-	s	-	Wackestone/Biomcrita F. Plantónicos
	M51	Per	ChS	≈ 2	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 20	≈ 0	≈ 78	≈ 0	3-5	s	s	s	s	-	s	-	Wackestone/Biomcrita F. Plantónicos
	MB13	Per/Par	ChG-P	≈ 1	≈ 7	≈ 0	≈ 0	≈ 28-30	≈ 0	≈ 62-64	≈ 0	3	s	s	n	s	s	-	-	Wackestone/Biomcrita F. Plantónicos
	MB10	Per/Par	ChG-P	≈ 2	≈ 1	≈ 0	≈ 0	≈ 10-12	≈ 0	≈ 85-87	≈ 0	3	s	s	n	s	-	-	s	Wackestone/Biomcrita F. Plantónicos
	MB-2	Per/Par	Borr	1	< 1	≈ 0	≈ 0	07-09	≈ 0	90-92	≈ 0	2-3	s	s	s	s	-	s	-	Mudstone/ Micrita con fósiles F. Plantónicos
	MB-1	Per/Par	Borr	0	0	0	0	15-20	0	80-85	0	3	s	s	n	s	s	-	-	Wackestone/Biomcrita F. Plantónicos
Río Chávez	MB-8	Par/Perp	ChG-P	< 1	< 1	≈ 0	≈ 0	≈ 25-31	≈ 0	≈ 67	≈ 0	3	s	s	s	s	s	-	-	Wackestone/Biomcrita F. Bentónicos-Plantónicos
	M-1	Per/Par	Mor	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	< 1	≈ 0	≈ 99	≈ 0	5	s	n	s	s	s	-	-	Mudstone/Dismicrita F. Plantónicos
	MB5	Per/Par	Mor	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	2-5	≈ 0	≈ 95-98	≈ 0	3-5	s	s	s	s	-	s	-	Mudstone/ Micrita F. Plantónicos
	MB7	Per/Par	Mor	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	3-5	≈ 0	≈ 95-97	≈ 0	4	s	s	s	s	-	-	s	Mudstone/ Micrita F. Plantónicos
	MB20	Per	Mor	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	1-2	≈ 0	≈ 98-99	≈ 0	5	s	s	s	-	-	-	s	Mudstone/ Dismicrita F. Plantónicos
	MB-31	Per/Par	Mor	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	1	≈ 0	≈ 99	≈ 0	5-8	s	s	s	-	s	-	-	Mudstone/ Dismicrita F. Bentónicos

Borr: Isla Borracha, ChG-P: Isla Chimana Grande Sector Puinare, ChS: Isla Chimana del Sur, Mor: Morro de Barcelona.

Per: Perpendicular, Par: Paralela. s: si, n:no, F: Foraminíferos.

CAPITULO V

BIOESTRATIGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

El estudio bioestratigráfico del Cretáceo Tardío realizado en el Morro de Barcelona, y las Islas Chimanas y Borrachas, se fundamentó en la identificación de especies fósiles, en su mayoría foraminíferos bentónicos y plantónicos, presentes en un conjunto de muestras de sedimentos y rocas sistemáticamente colectadas, sumado al registro fotográfico de rasgos de vida antigua.

La identificación de las especies o rasgos de vida antigua se realizó por medio de caracterización visual de los mismos, complementando con la descripción física de los rasgos para el fósil identificado, los cuales son: apariencia general, enrollamiento, cámaras, suturas, pared, ornamento, apertura y observaciones específicas.

Después de concluida la identificación del fósil se procedió a realizar la Carta Faunal para cada una de las unidades litológicas estudiadas, la cual se basó en establecer los rangos de tiempo de supervivencia (cronoestratigrafía) para cada especie, a través de los estudios realizados por Premoli, Silva y Sliter (1994) y de Seiglie y Dunn (1979), además de la interpretación de las condiciones paleoambientales (tipo de roca) que se infieren a partir de estudios que se han realizados para algunas especies fósiles, del tipo de roca y sus condiciones físicas y químicas cuando se generaron.

La información procesada con carácter de interpretación paleo-ambiental será discutida en el capítulo VII.

5.1.- Paleontología Sistemática

En la región de estudio fueron realizadas jornadas de levantamiento geológico, contemplando en estas: la recolección de especies fósiles, y el muestreo sistemático de calizas y sedimentos calcáreos, con el propósito de identificar especies paleontológicas (micro y macro) por medio de secciones finas, lo cual aporó características que permitieron, junto con la relación de parámetros físicos y mineralógicos, establecer ambientes sedimentarios de la roca y su análisis de cuenca por la evaluación de la secuencias estratigráficas en su conjunto, actividad que se explicara a mayor detalle en el capítulo de Análisis de Cuenca y Ambientes Sedimentarios.

Otro de los objetivos al identificar las especies fósiles consistió en ordenar éstas de acuerdo a su primera aparición, cuya actividad se relaciona con los estudios de Premoli, Silva y Sliter (1994) y de Seiglie y Dunn (1979), con el propósito para la determinación de la edad de la Formación Querecual y Formación Rio Chávez, y de esa forma sea posible su correlación espacial dentro de la zona de estudio.

La mayoría de las muestras recolectadas para la elaboración de análisis bioestratigráficos en secciones finas, como actividad complementaria de los fósiles identificados en campo, además de la identificación mediante el registro fotográfico fósil y/o cualquiera otro registro que indique actividad paleo-biológica, fueron actividades que permitieron dentro de este estudio enriquecer la datación de las rocas descritas en campo y las relaciones de estos con el ambiente sedimentario durante la evolución del proceso sedimentario.

Para la descripción de organismos fósiles (macro) se pueden citar como excelentes localidades para su recolección la isla Borracha en el sector del Faro (cresta de la fila), en la isla Chimana Grande: los afloramientos de la Formación Chimana, y en la playa suroeste ubicado en el segundo morro de la parte sur (de oeste a este) de la

referida isla -extremo occidental-, y por último, la zona media de sur a norte de la isla Chimana del Oeste; se destaca que el uso de las secciones finas para la identificación de microfósiles presentaron especies con rasgos morfológicos característicos y óptimos para tal actividad.

Descripción Sistemática

Las especies de foraminíferos bentónicos y plantónicos reconocidas, las cuales se describen a continuación han sido clasificadas de acuerdo a la unidad estratigráfica de donde fueron tomadas, incluyendo su localidad y el número de la muestra.

A.- FORMACIÓN QUERECUAL

FORAMINÍFEROS

PLANTÓNICOS

***Ticinella primula* (Luterbacher, 1963)**

Apariencia Generales: Se presenta una forma de ovalos crecientes, con sección longitudinal lobulada. Los prolóculos no recubiertos.

Enrollamiento: Lenticular/planispiral.

Cámaras: globulares finamente perforada.

Sutura: Recta.

Pared: Finamente perforada.

Ornamento: Superficie hispida (característica difícil de observar por la descomposición de la roca).

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Las cámaras describen una sección longitudinal reniforme, además su sección trasversal es un conjunto de lóbulos crecientes que describen líneas circunscéntrica. Véase *Lamina 1-1a, 1b, 1c, 1d, 1e*.

Tamaño: Largo 5 micras.

***Globigerinelloides breggiensis* (Seigle y Dunn)**

Apariencia General: Concha planispiral, bi-umbilicado, cámaras redondeadas, no presenta quilla. Las cámaras aumentan de forma gradual, con cámaras más pequeñas que las de la última vuelta.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: 6 cámaras en la última vuelta, las cuales aumentan moderadamente de tamaño.

Sutura: Deprimida.

Pared: Finamente perforada.

Ornamento: Moderada.

Apertura: No se observa

Observaciones específicas: La forma de las cámaras es triangular.

Tamaño: 6,5 micras.

Observaciones específicas: El fósil se presenta en perfecto estado, sin embargo, la sección obtenida para este es una vista longitudinal lateral posterior. Véase *Lamina 1, 1-2a, 2b*.

***Heterohelix moremani* (Cushman)**

Apariencia Generales: En sección longitudinal lateral su forma es creciente con contorno triangular. No presenta aberturas secundarias, con apariencia no recubierta.

Enrollamiento: Biserial.

Cámaras: Esferoidales achatadas finamente perforada.

Sutura: Recta.

Pared: Costillada.

Ornamento: Costillas continuas.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: La parte inferior del fósil es difícil de distinguir, sin embargo, sus otras características permiten definir la especie. Véase *Lamina1*, 3.

Tamaño: Transversal 8 micras.

***Heterohelix pulchra* (Cushman)**

Apariencia Generales: En sección longitudinal del fósil se observa las cámaras elipsoidales, característica que define esta especie.

Enrollamiento: Biserial.

Cámaras: Esferoidales achatadas.

Sutura: Recta, con curvatura a los extremos.

Pared: No se observa.

Ornamento: No se observa.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Especie fósil donde la superficie de las cámaras está siendo reemplazado por material de la roca, sin embargo, se puede identificar. Véase *Lamina1*, 4.

Tamaño: Transversal 13 micras.

***Pseudoguembelina costulata* (Cushman)**

Apariencia Generales: En sección longitudinal del fósil se observa las cámaras elipsoidales con crecimiento al desarrollarse el mineral.

Enrollamiento: Biserial.

Cámaras: Esferoidales con extremos cerradas -conspicuas-.

Sutura: Recta.

Pared: Lis, con micro-perforaciones.

Ornamento: No se observa.

Apertura: No se observa.

Observaciones específicas: Especie fósil cuya pared se observa perfectamente en la sección, forma y grosor. Véase *Lamina 1*, 5.

Tamaño: Transversal 4 micras.

***Globigerinelloides alvarezii* (Eternod Olvera)**

Apariencia Generales: La especie presenta generalmente 7 cámaras globulares que aumentan lentamente de tamaño. Su ombligo es grande y profundo.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Globulares, donde su última cámara es comprimida.

Sutura: Curva.

Pared: Espinosa.

Ornamento: Superficie lisa, aunque una pequeña porción de la superficie ha sido afectada por la parcial descomposición de la roca.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Las cámaras describen una sección longitudinal planispiral evolutivo creciente, ovalada con diferentes dimensiones hacia sus dos extremos. Véase *Lamina 1*, 1- 6.

Tamaño: Largo 26 micras. (40x 2/3)

***Hedbergella rischi* (Moullade)**

Apariencia Generales: El contorno periférico es sub-redondeado o esférico en el extremo final, donde se observa que el arreglo es de forma creciente. Proloculus no recubierto.

Enrollamiento: Globigeriniforme.

Cámaras: Esférica.

Sutura: Recta.

Pared: Lisa.

Ornamento: Superficie lisa, aunque una pequeña porción de la superficie ha sido afectada por la parcial descomposición de la roca.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Las cámaras describen una sección longitudinal creciente externamente- evoluta, ovalada con diferentes dimensiones hacia sus dos extremos.

Véase *Lamina 1- 7*.

Tamaño: Largo 6,5 micras.

***Biticinella greggiensis* (Gandolfi)**

Apariencia Generales: En sección transversal es bi-umbilicada, y las cámaras presentan apariencia triangular, las cámaras son de forma creciente hacia la última vuelta.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Globulares a ovaladas, 9 cámaras.

Sutura: Recta.

Pared: Gruesa.

Ornamento:

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Se destaca que el contacto entre la roca con el fósil presenta un estado de descomposición que ha incidido en su contorno. *Lamina 1- 8a, 8b, 8c*.

Tamaño: Transversal 16 micras.

***Globigerinelloides caseyi* (Bolli, Loeblich y Tappan)**

Apariencia General: Concha planispiral, bi-umbilicada, cámaras redondeadas, no presenta quilla. Las cámaras aumentan de forma gradual, con cámaras más pequeñas que las de la última vuelta.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Esférica, esta especie presenta entre 7 a 9 cámaras en su última vuelta.

Sutura: Recta y deprimida.

Pared: Lisa.

Ornamento: Superficie lisa, aunque una pequeña porción de la superficie ha sido afectada por la parcial descomposición de la roca.

Apertura: No se observa.

Observaciones específicas: La forma de las cámaras es triangular, se describe una sección longitudinal planispiral evolutivo, y ovalada con diferentes dimensiones hacia sus dos extremos. Su periferia es redondeada y lobulada. Las características son observables al microscopio con bastante resolución, sin embargo, las paredes suelen estar afectada por la descomposición interna de la roca donde parte de las paredes propias del fósil suele observarse en ciertas zonas con ambigüedad. *Lamina 1- 9a, 9b.*

Tamaño: 10 micras (pequeño a mediano).

***Heterohelix* sp. (Cushman)**

Apariencia Generales: Se presenta una forma cónica creciente, con sección longitudinal lobulada. Los prolóculos no recubiertos.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: globulares finamente perforada.

Sutura: Biserial.

Pared: Finamente perforada.

Ornamento: Lisa a poco liso.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Las cámaras son ovoidales y crecen de forma lenta, observables al micro (ver lamina). Además, en corte del fósil describen forma ovoidal en sus cámaras menores. *Lamina 1- 10a, 10b, 10c.*

Tamaño: Largo 2 micras.

***Globigerinelloides ultramicrus* (Subbotina)**

Apariencia Generales: La especie presenta un tamaño pequeño comprimido.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Entre 6 a 8 cámaras globulares, las cámaras aumentan lentamente de tamaño.

Sutura: Recta (con escasa sinuosidad).

Pared: Espinosa.

Ornamento: Periferia estrellada.

Apertura: Periférica en su última cámara.

Observaciones específicas: Es una especie pequeña con muchas cámaras. *Lamina 1-11*.

Tamaño: Sección longitudinal 20 micras.

***Rotalipora appenninica* (Brotzen, 1942)**

Apariencia Generales: Su forma es reniforme. Proloculus no recubierto.

Enrollamiento: Trocospira baja.

Cámaras: Romboidales infladas, y

Sutura: Arqueadas.

Pared: Lisa.

Ornamento: Superficie lisa con ornamentación en carenas, la parte externa del fósil ha sido afectada por la descomposición de la roca.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Se observa la quilla en la parte externa del fósil. *Lamina 1-12*.

Tamaño: Transversal 2 micras.

***Planomalina buxtorfi* (Gandolfi)**

Apariencia Generales: Se presenta de forma lenticular, con sección longitudinal ovalada, aunque con diferentes dimensiones, y sección transversal de círculos en forma de enrollamiento. Los prolóculos recubiertos.

Enrollamiento: Planoespiral envuelto.

Cámaras: globulares finamente perforada.

Sutura: Arqueadas.

Pared: Finamente perforada.

Ornamento: Lisa a poco liso.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Presenta contorno periférico con una quilla. *Lamina 1-13a,13b.*

Tamaño: Largo 5 micras.

***Praeglobotruncana stephani* (Gandolfi)**

Apariencia Generales: El contorno periférico es lenticular, donde se observa que el arreglo es de forma creciente. Proloculus no recubierto.

Enrollamiento: Trocospiral-Globorotaliforme.

Cámaras: Esférica.

Sutura: Rectas.

Pared: Lisa.

Ornamento: Superficie lisa en carenas, aunque una pequeña porción de la superficie ha sido afectada por la parcial descomposición de la roca,

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Las cámaras describen una sección longitudinal creciente externamente- evoluta, con cámaras triangulares con evolución creciente. *Lamina 1-14.*

Tamaño: Largo 13 micras.

***Hedbergella simplex* (Morrow)**

Apariencia general: La altura de la espira para este espécimen es baja. La forma de la concha es convexa. Composición de la concha es calcárea.

Apariencia General:

Enrollamiento: Trocospiral, con forma globigeriniforme.

Cámaras: cámaras redondeadas.

Sutura: Recta.

Pared: Lisa

Ornamento: Se deduce que sea poco rugoso.

Apertura: no se observa.

Tamaño: 10 micras

Observaciones específicas: Las cámaras son ovoidales y crecen de forma lenta, con respecto a las cámaras observables al micro. *Lamina 1- 15.*

***Heterohelix globulosa* (Premoli y Verga, 2004)**

Apariencia Generales: En sección longitudinal lateral su forma es creciente con contorno triangular. En sección transversal en biconvexa. No cubierto a su sección longitudinal lateral. No presenta aberturas secundarias, con apariencia no recubierta.

Enrollamiento: Biserial.

Cámaras: Esferoidales con arreglo biserial u globulares finamente perforada.

Sutura: Recta.

Pared: Costillada.

Ornamento: Costillas continuas.

Apertura: no se observa o poco visible, periferia en la última cámara.

Observaciones específicas: El arreglo biserial de las cámaras es recto. *Lamina 1- 16a, 16b, 16c, 16d.*

Tamaño: Transversal 16 micras.

***Whiteinella aprica* (Loeblich y Tappas, 1961) (Cenomaniense superior / Turoniense inferior)**

Apariencia Generales: El contorno de la periferia es lobulado. Proloculus no recubierto.

Enrollamiento: Trocospiral.

Cámaras: Globulares en la última vuelta.

Sutura: Rectas.

Pared: Lisa.

Ornamento: Superficie lisa con ornamentación en carenas, La parte externa del fósil ha sido afectada por la descomposición de la roca.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: el enrollamiento para esta especie se describe en las dos últimas vueltas. Su ombligo es amplio. *Lamina 1- 17.*

Tamaño: Largo 5 micras.

***Heterohelix reussi* (Cushman) (Turoniense / Santoniense)**

Apariencia Generales: Se presenta una forma cónica creciente, con sección longitudinal lobulada. Los prolóculos no recubiertos. La abertura primaria intermarginal.

Enrollamiento: Planispiral/biserial.

Cámaras: globulares finamente perforada.

Sutura: Biserial.

Pared: Finamente perforada.

Ornamento: Lisa o poca lisa.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Las cámaras son ovoidales y crecen de forma lenta, observables al micro (ver lamina). Las cámaras en corte del fósil describen una

circunferencia en sus cámaras menores, y al aumentar el tamaño de las cámaras se hace ovoidea. *Lamina 1- 18a,18b*

Tamaño: Ancho 4 micro, y largo 10 micras.

***Marginotruncana imbricata* (Seigglie y Dunn) (Turoniense – Coniaciense inferior)**

Apariencia Presenta dos quillas prominentes acentuadas por la concavidad de la superficie de las cámaras, a veces con poca separación de tal modo que se reducen a una sola en la última cámara, abertura extra-umbilical-umbilical.

Enrollamiento: Trocospiral, Globorotaliforme

Cámaras: Aplanadas y

Sutura: Rectas.

Pared: Microperforada.

Ornamento: Superficie lisa con ornamentación en carenas, La parte externa del fósil ha sido afectada por la descomposición de la roca.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Presenta una periferia axial rectangular. *Lamina 1- 19.*

Tamaño: Largo 7 micras.

***Globigerinelloides bolli* (Pessagno)**

Apariencia Generales: La especie presenta generalmente un tamaño medio, presenta un ombligo pequeño y somero.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Entre 6 a 7 cámaras sub-globulares u ovoideas.

Sutura: Curva.

Pared: Delgada.

Ornamento: Superficie delgada aparentemente lisa y finamente perforada, aunque una pequeña porción de la superficie ha sido afectada por la parcial descomposición de la roca.

Apertura: Periférica en su última cámara.

Observaciones específicas: Las cámaras describen una sección longitudinal planispiral evolutivo creciente, ovalada con diferentes dimensiones hacia sus dos extremos. *Lamina 1- 20*.

Tamaño: Largo 20 micras. (40x 1/2).

BENTÓNICOS

Istriloculina? sp.

Apariencia Generales: Especie bentónica con cámaras ordenadas alrededor de un núcleo, o en su defecto, crecimiento y desarrollo de cámaras de forma circocéntrica.

Enrollamiento: Planispiral/multiserial.

Cámaras: Cámaras alargada de forma elipsoidal, cuyo eje mayor en curvo.

Sutura: Deprimida y con curvatura –baja–.

Pared: No puede definir claramente.

Ornamento: No puede ser descrito.

Apertura: No se observa.

Observaciones específicas: Especie bentónica cuyas cámaras son alargadas, con un arreglo ordenado de sus cámaras. Se denota una concha gruesa. *Lamina 2- 1*.

Tamaño: En sección transversal 4 micras.

Simplalveolina simplex

Apariencia Generales: Especie bentónica con conchas planoespirales.

Enrollamiento: Planoespirales.

Cámaras: Discoidal.

Sutura: Somera con curvatura radial continua.

Pared: Lisa.

Ornamento: No puede ser descrito.

Apertura: hacia un extremo del fósil, en la parte central de la cámara.

Observaciones específicas: El arreglo es planoespiral evolutivo, la sección longitudinal es ovalada comprimida, mientras que la transversal es circular. *Lamina 2-2*.

Tamaño: En sección longitudinal 2 micras.

Bolivinopsis sp.

Apariencia Generales: Con apariencia de cámaras entrelazadas, con tamaño de fósil medio.

Enrollamiento: Planispiral/multiserial.

Cámaras: Cámaras ovoidales achatadas con dirección oblicua al crecimiento del fósil.

Sutura: Recta y deprimidas.

Pared: Lisa (no se distingue con seguridad).

Ornamento: No puede ser definido en la especie en descripción.

Apertura: Central en su última cámara.

Observaciones específicas: Especie bentónica cuyas suturas permiten definir el contorno entrelazado del fósil, cuya forma es cónica alargada, donde su contorno puede ser recto u recto con cierta sinuosidad imperceptible. *Lamina 2-3*.

Tamaño: En sección longitudinal 7 micras.

Placopsilina cenomana

Apariencia Generales: Especie bentónica con cámaras ordenadas secuencialmente.

Enrollamiento: Uniserial.

Cámaras: Cámaras alargada con apariencia tubular.

Sutura: Recta con una curvatura muy tenue.

Pared: Lisa.

Ornamento: Uniserial rugoso.

Apertura: hacia un extremo del fósil, en la parte central de la cámara.

Observaciones específicas: Especie bentónica cuyas cámaras son elipsoidales y achatadas, aunque pueden describirse de apariencia esférica con cierto achatamiento en algunos de sus partes que lo hacen definir una figura trigonométrica con lados redondeados. *Lamina 2- 4.*

Tamaño: En sección longitudinal 8 micras.

B.- FORMACIÓN RÍO CHÁVEZ

FORAMINÍFEROS

PLANTÓNICOS

Heterohelix moremani (Cushman)

Apariencia Generales: En sección longitudinal lateral su forma es creciente con contorno triangular. No presenta aberturas secundarias, con apariencia no recubierta.

Enrollamiento: Biserial.

Cámaras: Esferoidales achatadas finamente perforada.

Sutura: Recta.

Pared: Costillada.

Ornamento: Costillas continuas.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: La parte inferior del fósil es difícil de distinguir, sin embargo, sus otras características permiten definir la especie. *Lamina 3-1a, 1b.*

Tamaño: Transversal 8 micras.

Heterohelix sp. (Cushman)

Apariencia Generales: Se presenta una forma cónica creciente, con sección longitudinal lobulada. Los prolóculos no recubiertos.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: globulares finamente perforada.

Sutura: Biserial.

Pared: Finamente perforada.

Ornamento: Lisa a poco liso.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Las cámaras son ovoidales y crecen de forma lenta, observables al micro (ver lamina). Además, en corte del fósil describen forma ovoidal en sus cámaras menores. *Lamina 3- 2*.

Tamaño: Largo 2 micras.

Globigerinelloides ultramicrus (Subbotina)

Apariencia Generales: La especie presenta un tamaño pequeño comprimido.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Entre 6 a 8 cámaras globulares, las cámaras aumentan lentamente de tamaño.

Sutura: Recta (con escasa sinuosidad).

Pared: Espinosa.

Ornamento: Periferia estrellada.

Apertura: Periférica en su última cámara.

Observaciones específicas: Es una especie pequeña con muchas cámaras.

Tamaño: Largo 10 micras.

***Schackoia* sp. (fragmento de una Schackoia)**

Apariencia Generales: Fragmento de una espícula externa de la especie.

Enrollamiento: No presenta.

Cámaras: No se encuentran en la especie en descripción.

Sutura: no se aprecia en la especie en descripción.

Pared: Lisa.

Ornamento: No puede ser observado.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: el fragmento en descripción presenta todas las características geométricas de la especie asignada. *Lamina 3- 3*.

Tamaño: 2 micras la longitud de la espícula.

***Heterohelix globulosa* (Premoli y Verga, 2004)**

Apariencia Generales: En sección longitudinal lateral su forma es creciente con contorno triangular. En sección transversal en biconvexa. No cubierto a su sección longitudinal lateral. No presenta aberturas secundarias, con apariencia no recubierta.

Enrollamiento: Biserial.

Cámaras: Esferoidales con arreglo biserial u globulares finamente perforada.

Sutura: Recta.

Pared: Costillada.

Ornamento: Costillas continuas.

Apertura: no se observa o poco visible, periferia en la última cámara.

Observaciones específicas: El arreglo biserial de las cámaras es recto. *Lamina 3- 4*.

Tamaño: Transversal 16 micras.

***Heterohelix reussi* (Cushman)** (Turoniense / Santoniense)

Apariencia Generales: Se presenta una forma cónica creciente, con sección longitudinal lobulada. Los prolóculos no recubiertos. La abertura primaria interiomarginal.

Enrollamiento: Planispiral/biserial.

Cámaras: globulares finamente perforada.

Sutura: Biserial.

Pared: Finamente perforada.

Ornamento: Lisa o poca lisa.

Apertura: no se observa.

Observaciones específicas: Las cámaras son ovoidales y crecen de forma lenta, observables al micro (ver lamina). Las cámaras en corte del fósil describen una circunferencia en sus cámaras menores, y al aumentar el tamaño de las cámaras se hace ovoidea. *Lamina 3- 5*.

Tamaño: Ancho 4 micro, y largo 10 micras.

***Globotruncana* sp. (Pessagno)**

Apariencia Generales: Concha multilocular, biconvexa, y con doble quilla.

Enrollamiento: Trocospiral.

Cámaras: Cámaras esféricas a angulares.

Sutura: arqueada y profundas.

Pared: Calcárea hialina perforada con estructura radial.

Ornamento: No puede observarse.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Las características para esta especie fósil son difíciles de observar. *Lamina 3- 5*.

Tamaño: En vista longitudinal lateral 4 micras.

***Ventilabrella eggeri* (Cushman)**

Apariencia Generales: De acuerdo a la especie se considera una apertura primaria interior marginal.

Enrollamiento: Planispiral/multiserial.

Cámaras: Cámaras ovoidales achatadas, donde uno de las cámaras presenta un achatamiento mayor hacia uno de sus extremos.

Sutura: Recta y deprimidas.

Pared: Acostillada.

Ornamento: No puede ser definido en la especie en descripción.

Apertura: Interior marginal.

Observaciones específicas: La primera parte o sección del fósil es tipo *Heterohelix*.
Lamina 3- 7.

Tamaño: Vista longitudinal 5 micras.

***Ventilabrella glabrata* (Cushman)**

Apariencia Generales: Fósil pequeño, con sección longitudinal lateral. Presenta 4 cámaras.

Enrollamiento: Planispiral/multiserial.

Cámaras: Cámaras ovoidales achatadas hacia su parte media-final, donde para esta parte las cámaras se presentan un achatamiento mayor hacia uno de sus extremos.

Sutura: Recta y deprimidas.

Pared: Acostillada.

Ornamento: No puede ser definido en la especie en descripción.

Apertura: Interior marginal.

Observaciones específicas: La primera parte o sección del fósil es tipo *Heterohelix*. La forma de este fósil es cónica, donde su contorno puede ser recto u recto con cierta sinuosidad imperceptible. *Lamina 3- 8.*

Tamaño: Vista longitudinal 4 micras.

***Globigerinelloides prairiehillensis* (Pessagno)**

Apariencia Generales: Las cámaras son globulares, sin embargo, las últimas dos tienden a achatarse.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: 6 cámaras globulares a reniformes que aumentan rápidamente de tamaño.

Sutura: arqueada y profundas.

Pared: Gruesa y espinosa.

Ornamento: En carenas redondeadas.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Especie donde las ultimas cámaras está siendo sustituido por chert. *Lamina 3- 9*.

Tamaño: Vista transversal 7 micras.

***Globotruncanita elevata* (Brotzen)**

Apariencia Generales: Concha es simétrica con cono central, biconvexa, y una quilla.

Enrollamiento: Trocospiral.

Cámaras: La ultima cámara es curva y convexa.

Sutura: arqueada y profundas.

Pared: Calcárea.

Ornamento: No puede observarse.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Ombligo amplio y profundo. *Lamina 3- 10*.

Tamaño: Vista longitudinal 14 micras.

***Heterohelix carinata* (Cushman)**

Apariencia Generales: Especie pequeña, globulosa.

Enrollamiento: Planispiral/biserial

Cámaras: En vista longitudinal lateral 5 cámaras/biserial.

Sutura: Recta.

Pared: Acostillada.

Ornamento: No puede ser definido en la especie en descripción.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Cámaras globulares a comprimidas, fina a toscamente perforadas. *Lamina 3- 11.*

Tamaño: 4 micras sección longitudinal lateral.

Gublerina sp.

Apariencia Generales: Especie pequeña, globulosa. Área central amplia no septada o no dividida

Enrollamiento: Planispiral/biserial

Cámaras: Biserial divergente.

Sutura: No presenta sutura.

Pared: Lisa.

Ornamento: No puede ser definido en la especie en descripción.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Cámaras globulares u ovoidales, el contorno con la roca con el fósil no presenta buena definición, sin embargo, puede ser identificado. *Lamina 3- 12.*

Tamaño: 5 micras sección longitudinal lateral.

***Rugoglobigerina reicheli* (Bronnimann)**

Apariencia Generales: Foraminífero con arreglo de cámaras troncoespiral donde su crecimiento es lento a moderado. Su sección transversal se observan 6 cámaras cuyo ombligo es profundo. Para su sección longitudinal son óvulos achatados o elipsoidales (parte ventral), hacia la parte oral está constituido hacia sus extremos por dos cámaras ovoidales.

Enrollamiento: Troncoespiral.

Cámaras: 6 cámaras ovoidales achatadas.

Sutura: recta con cierta sinuosidad.

Pared: Lisa.

Ornamento: No puede ser observado.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Especie rodeada de una roca en descomposición en su contacto, sin embargo, las características descriptivas de la especie pueden ser observables para su clasificación. *Lamina 3- 13*.

Tamaño: 5 micras de su sección longitudinal.

***Heterohelix glabrans* (Seiglie y Dunn)**

Apariencia Generales: Especie cuyo parte inferior o inicial presenta cierto desarrollo rotacional puntual, representa menos del 5% de la muestra.

Enrollamiento: Planispiral/biserial

Cámaras: Cámaras globulares achatadas.

Sutura: Recta.

Pared: Acostillada.

Ornamento: No puede ser definido en la especie en descripción.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Especie con sección longitudinal, donde el fósil se presenta afectado por la descomposición de la roca, aunque puede ser identificado.

Lamina 3- 14.

Tamaño: Sección longitudinal 8 micras.

Laeviheterohelix glabrans (Cushman)

Apariencia Generales: Su última concha es puntiaguda. Su sección transversal son dos óvulos achatados, mientras que su sección longitudinal son óvulos achatados en la parte frontal y trasera del fósil.

Enrollamiento: Biserial.

Cámaras: Cámaras ovoidales.

Sutura: recta.

Pared: Micro-perforada, lisa y con montículos porosos.

Ornamento: No puede observarse.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Las características para esta especie fósil son difíciles de observar. *Lamina 3- 15.*

Tamaño: 7,5 micras de largo.

Globigerina eugubina

Apariencia Generales: fósil con desarrollo moderado de sus cámaras, arreglo planispiral, y donde las cámaras iniciales están siendo sustituidas por chert.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Cámaras esferoidales.

Sutura: recta, y profunda.

Pared: Micro-perforada, con apariencia lisa.

Ornamento: No puede observarse.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Las características para esta especie fósil son difíciles de observar en sus últimas cámaras. *Lamina 3- 16*.

Tamaño: 7,5 micras de largo.

Globigerina fringa

Apariencia Generales: fósil con desarrollo moderado de sus cámaras, arreglo planispiral, y donde las cámaras iniciales están siendo sustituidas por chert.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Cámaras ovoidales.

Sutura: recta, y profunda.

Pared: Micro-perforada, con apariencia lisa.

Ornamento: No puede observarse.

Apertura: excéntrica.

Observaciones específicas: Las cámaras se disponen en un arreglo espiral, donde la diferencias entre ellas es muy poca. La posición de la abertura primaria es extraumbilical alcanzando el lado espiral. *Lamina 3- 17*.

Tamaño: 7,5 micras de largo.

Globorotalia inconstans

Apariencia Generales: fósil con desarrollo moderado de sus cámaras, arreglo planispiral, y donde las cámaras iniciales están siendo sustituidas por chert.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Última cámara ovoidal, las anteriores esferoidal.

Sutura: recta.

Pared: Micro-perforada, visible.

Ornamento: No puede observarse.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Las características para esta especie fósil son difíciles de observar en sus primeras cámaras, ya que la descomposición de la roca ha incidido en la definición del fósil. *Lamina 3- 18.*

Tamaño: 7,5 micras de largo.

Globorotalia uncinata

Apariencia Generales: Fósil cuyas características descripticas son difíciles de observar, ya que ha sido sustituido por otro material.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Triangular.

Sutura: recta.

Pared: No observable.

Ornamento: No puede observarse.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: La descomposición de la roca ha incidido en la definición del fósil. *Lamina 3- 19.*

Tamaño: 7,5 micras de largo.

Globorotalia praecursoria

Apariencia Generales: fósil con desarrollo bajo de sus cámaras, arreglo planispiral, y donde las cámaras son afectadas por el proceso de alteración de la roca.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Triangular.

Sutura: recta.

Pared: Micro-perforada, apariencia lisa.

Ornamento: No puede observarse.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Las paredes externas del fósil están siendo afectada por la descomposición de la roca. *Lamina 3- 20.*

Tamaño: 7,5 micras de largo.

Globigerina conicotruncata

Apariencia Generales: Vista longitudinal de las cámaras, donde muchos de los espacios del fósil están siendo rellenos por material no propio de este.

Enrollamiento: Planispiral involuto.

Cámaras: Última cámara ovoidal, las anteriores esferoidal.

Sutura: recta.

Pared: No puede observarse.

Ornamento: No puede observarse.

Apertura: No puede ser apreciable.

Observaciones específicas: Las características para esta especie fósil son difíciles de observar, ya que la descomposición de la roca ha incidido en la definición del fósil.

Lamina 3- 21.

Tamaño: 7,5 micras de largo.

BENTÓNICOS

Nezzazata sp.

Apariencia Generales: Especie bentónica con arreglo espiral en dos direcciones, en donde al evolucionar la estructura es creciente las cámaras más recientes.

Enrollamiento: Troncoespiral.

Cámaras: Arreglo de las cámaras en conjunto discoidal, las formas de las cámaras son rectangulares con bordes ovalados, creciendo en dos direcciones.

Sutura: Sutura profunda en vista transversal, con alineamiento curvo.

Pared: Lisa y calcárea, finamente perforada.

Ornamento: En carenas.

Apertura: No se observa en la especie colectada.

Observaciones específicas: Fósil bentónico con crecimiento espiral en dos sentidos (vertical y horizontal), donde su tasa de crecimiento es moderada. *Lamina 4-1*.

Tamaño: En sección longitudinal 5 micras.

Istriloculina? sp.

Apariencia Generales: Especie bentónica con cámaras ordenadas alrededor de un núcleo, o en su defecto, crecimiento y desarrollo de cámaras de forma circocéntrica.

Enrollamiento: Planispiral/multiserial.

Cámaras: Cámaras alargada de forma elipsoidal, cuyo eje mayor en curvo.

Sutura: Deprimida y con curvatura –baja-.

Pared: No puede definir claramente.

Ornamento: No puede ser descrito.

Apertura: No se observa.

Observaciones específicas: Especie bentónica cuyas cámaras son alargadas, con un arreglo ordenado de sus cámaras. Se denota una concha gruesa. *Lamina 4-2*.

Tamaño: En sección transversal 4 micras.

Neobulimina subregularis

Apariencia Generales: Especie bentónica con arreglo espiral en dos direcciones, en donde al evolucionar la estructura es creciente las cámaras más recientes.

Enrollamiento: Triserial.

Cámaras: Cámaras globulares interceptadas por dos de las mismas características.

Sutura: Sutura profunda en vista transversal, con alineamiento recto en vista frontal donde su borde son curvos.

Pared: Lisa y calcárea, finamente perforada.

Ornamento: No es posible ver esta característica.

Apertura: No se observa en la especie colectada.

Observaciones específicas: Fósil bentónico con crecimiento longitudinal por el desarrollo u incorporación de cámaras de mayor dimensión, su crecimiento transversal es por el radio evolutivo de sus cámaras. *Lamina 4-3*.

Tamaño: En sección longitudinal 2-3 micras.

Gavelinella sp.

Apariencia Generales: Especie bentónica con arreglo espiral en una dirección, sus cámaras crecen conforme evoluciona el fósil.

Enrollamiento: Planispiral.

Cámaras: Cámaras triangulares crecientes.

Sutura: Sutura moderada en vista transversal, con alineamiento recto en vista frontal donde su borde son curvos.

Pared: Lisa y calcárea, finamente perforada.

Ornamento: No es posible ver esta característica.

Apertura: No se observa en la especie colectada.

Observaciones específicas: Fósil bentónico con crecimiento longitudinal por el desarrollo u incorporación de cámaras de mayor dimensión, su crecimiento transversal es por el radio evolutivo de sus cámaras. La forma de las cámaras es triangular truncada hacia el interior. *Lamina 4- 4a, 4b*.

Tamaño: En sección longitudinal 6-7 micras.

Gavelinella nacamensis

Apariencia Generales: Especie bentónica con arreglo espiral en una dirección, sus cámaras crecen conforme evoluciona el fósil.

Enrollamiento: Troncospiral.

Cámaras: Cámaras globulares biseptadas con apariencia triangular crecientes.

Sutura: Sutura moderada en vista transversal,

Pared: Lisa y calcárea, finamente perforada.

Ornamento: No es posible ver esta característica.

Apertura: No se observa en la especie colectada.

Observaciones específicas: Fósil bentónico de tamaño pequeño a mediano, con desarrollo de cámaras rápido. *Lamina 4-5*.

Tamaño: En sección longitudinal 3 micras.

Figura 5.1: Lamina 1.

1. (a-e) *Ticinella primula*. (a) y (b) MB1, sector Isla Borracha. (c) y (d) M51 perpendicular, Isla Chimana del Sur, y (e) M83 perpendicular, Isla Chimana del Sur.
2. *Globigerinelloides breggiensis*. (a) MB1 Paralela, Sector Isla Borracha, y (b) MB2 Paralela, Sector Isla Borracha.
3. *Heterohelix moremani*. M-10 Paralela, Sector Puinare.
4. *Heterohelix pulchra*. M-10 Perpendicular, sector Puinare.
5. *Pseudoguembelina costulata*. M-14, Sector Puinare.
6. *Globigerinelloides alvarezii*. M51 Perpendicular, zona Globotruncana aegyptiaca. Sector Isla Chimana del Sur.
7. *Hedbergella rischi*. MB1 Perpendicular, Sector Isla Borracha.
8. *Biticinella greggiensis*. M51 Perpendicular, Sector Isla Chimana del Sur.
9. *Globigerinelloides caseyi*. MB1 Perpendicular y Paralela, respectivamente. Sector Isla Borracha.
10. *Heterohelix sp.* Presente es todas las secciones finas elaboradas.
11. *Globigerinelloides ultramicrus*. M83 Perpendicular, Sector Isla Chimana del Sur.
12. *Rotalipora appenninica*. M77 Paralela, Sector Isla Chimana del Oeste.
13. *Planomalina buxtorfi*. (a) MB1 Paralela y (b) MB1 Perpendicular, Localidad Isla Borracha
14. *Praeglobotruncana stephani*. MB1 Perpendicular. Sector Isla Borracha.
15. *Hedbergella simplex*. MB1 Paralela, Localidad Isla Borracha.
16. *Heterohelix globulosa*. (a) M83 Perpendicular y (b) M46, Localidad Isla Chimana del Sur. (c) M-10 Paralela y (d) M13 Paralela, Localidad Puinare.
17. *Whiteinella aprica?*. MB1 Perpendicular, Localidad Isla Borracha.
18. *Heterohelix reussi*. (a) MB2 Perpendicular, Localidad Isla Borracha. (b) M83 Perpendicular, Localidad Isla Chimana del Sur.
19. *Marginotruncana imbricata*. MB2 Perpendicular, Localidad Isla Borracha.
20. *Globigerinelloides bolli*. M51 Perpendicular, Localidad Isla Chimana del Sur.

Lamina 1

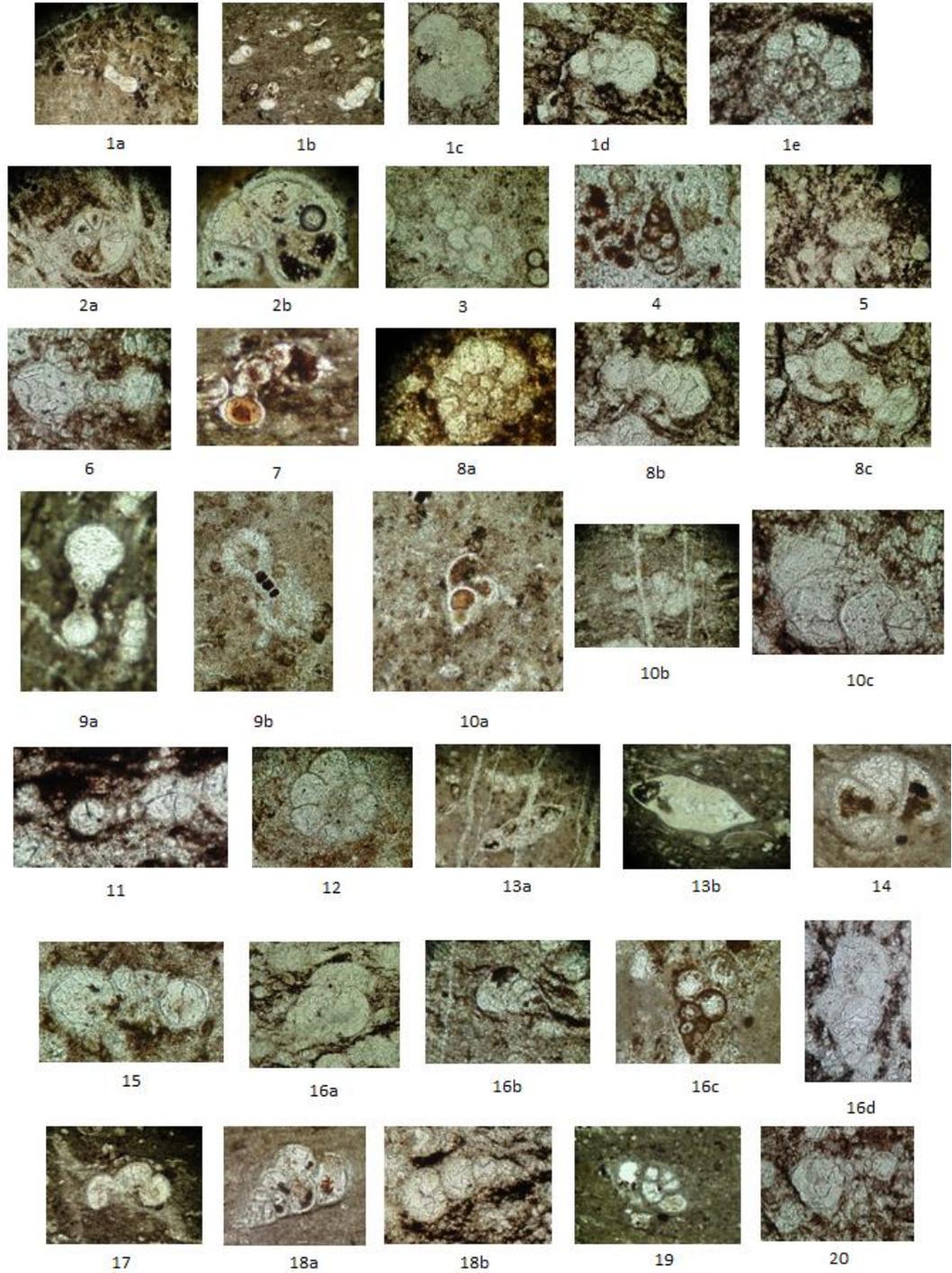
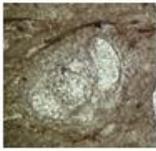


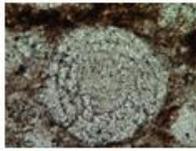
Figura 5.2: Lamina 2.

1. *Istriloculina? Sp.* MB2 Perpendicular, Localidad Isla Borracha.
2. *Simplalveolina simplex.* M83 Perpendicular, Localidad Isla Chimana del Sur.
3. *Bolivinopsis sp.* MB2 Paralela, Localidad Isla Borracha.
4. *Placopsilina cenomana.* MB2 Perpendicular, Localidad Isla Borracha.

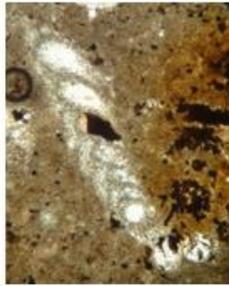
Lamina 2



1



2



3

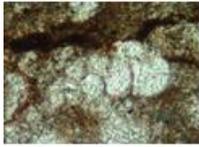


4

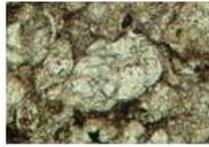
Figura 5.3: Lamina 3.

1. *Heterohelix moremani*. (a) M31 Paralela, Localidad Morro de Barcelona. (b) M8 Perpendicular, Localidad Puinare.
2. *Heterohelix sp.* MB7 Perpendicular, Localidad Puinare.
3. *Schackoina sp.* M20 Perpendicular, Localidad Morro de Barcelona.
4. *Heterohelix globulosa*. M31 Paralela, Localidad Morro de Barcelona.
5. *Heterohelix reussi*. MB5 Paralela, Localidad Isla Borracha.
6. *Globotruncana sp.* MB5 Paralela, Localidad Isla Borracha.
7. *Ventilabrella eggeri*. MB7 Paralela, Localidad Puinare.
8. *Ventilabrella glabrata*. MB7 Paralela, Localidad Puinare.
9. *Globigerinelloides prariehillensis*. MB5 Paralela, Localidad Isla Borracha.
10. *Globotruncanita elevata?*. MB5 Perpendicular, Localidad Isla Borracha.
11. *Heterohelix carinata*. M31 Paralela, Localidad Morro de Barcelona.
12. *Gublerina sp.* MB1 Paralela, Localidad Morro de Barcelona.
13. *Rugogloberina reicheli*. M20 Perpendicular, Localidad Morro de Barcelona.
14. *Heterohelix glabrans*. MB7 Paralela, Localidad Puinare.
15. *Laeviheterohelix glabrans*. M20 Perpendicular, Localidad Morro de Barcelona.
16. *Globigerina eugubina*. MB5 Paralela, Localidad Isla Borracha.
17. *Globigerina fringa*. MB1 Paralela y M8 Perpendicular, Localidad Morro de Barcelona y Chimana Grande -Puinare-.
18. *Globorotalia inconstans*. MB7 Perpendicular, Localidad Isla Chimana Grande -Puinare-.
19. *Globorotalia uncinata*. MB5 Paralela, Localidad Isla Borracha.
20. *Globorotalia praecursoria*. M20 Perpendicular, Localidad Morro de Barcelona.
21. *Globorotalia conicotruncata*. M1 Perpendicular, Localidad Morro de Barcelona.

Lamina 3



1a



1b



2



3



4



5



6



7



8



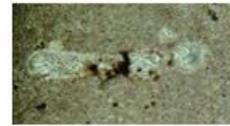
9



10



11



12



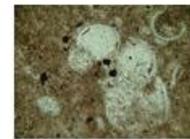
13



14



15



16



17



18



19



20



21

Figura 5.4: Lamina 4.

1. *Nezzazata sp.* M20 Perpendicular, Localidad Morro de Barcelona.
2. *Istriloculina sp.?* MB5 Paralela, Localidad Isla Borracha.
3. *Neobulimina subregularis*. M8 Paralelo, Localidad Puinare.
4. *Gavelinella sp.* (a) M31 Paralela, Localidad Morro de Barcelona, y (b) M8 Paralelo, Localidad Puinare.
5. *Gavelinella nacatochensis*. MB5 Paralela, Localidad Isla Borracha.

Lamina 4



1



2



3



4a



4b



5

CAPÍTULO VI
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA REGIÓN AL NORTE DE
BARCELONA-PUERTO LA CRUZ

INTRODUCCIÓN

Las rocas del Cretáceo Superior presentes en las Islas Borrachas, Chimanas, y el Morro de Barcelona, presentan una configuración espacial que consisten en un conjunto de deformaciones atractivas para su estudio, evidenciado por un conjunto de estructuras macro y micro tectónicas que les dieron origen, por tales características fue considerada la determinación del estilo de deformación a través de las envolventes de primer, segundo y tercer orden.

El estudio consiste en explicar la configuración espacial de las estructuras geológicas actuales, mediante las mediciones realizadas en las fases de campo geológico estructural con un sentido lógico en el orden sistemático de la información, de manera de expresar mediante modelos gráficos actuales, ya sean cortes geológicos y perfiles geofísicos 2D, y el análisis micro y macro tectónico.

Los estilos de deformación se definen como la forma o manera de delinear bajo el cual están representadas las estructuras geológicas presentes en una determinada área, y su estudio consiste en determinar el modo con que estas se hallan combinadas y coordinadas por los esfuerzos empleados a la materia afectada “la roca”, el conjunto de esfuerzo imprimidos a un área determinada da un estilo propio y peculiar, y este puede a su vez ser analizado mediante patrones ya investigados en un contexto mundial.

La metodología empleada para desarrollar este tópico fue la que implementada William Jamisos (1997) en la evaluación de fracturas al anticlinal de Monkshood, al oeste de Canada. Este autor toma como principal parámetro para su análisis de las

formas las discontinuidades tectónicas reportadas en la rocas las cuales son el producto de los esfuerzos mayores o diferenciales (diaclasas y evidencias de deformaciones), sumado a los análisis microscópicos de las estructuras de las rocas, ya sea los planos de ruptura y evidencias de estructuras generadas por presión/disolución en las rocas.

6.1.- Configuración topográfica actual de las islas Chimanas y Borrachas, y el Morro de Barcelona, con fines tectónicos.

Los análisis espaciales con carácter tectónico o geológico estructural en un principio deben ser acompañado de una breve descripción de los rasgos topográficos característicos de la región, estos permiten observar las tendencias, curvaturas, depresiones o accidentes que son característicos al describir las estructuras geológicas de una región determinada.

Las siguientes líneas de desarrollarán para dar un breve descripción de los aspectos descriptivos a los rasgos topográficos por encima y debajo del nivel del mar, este último fue posible sumarlo gracias al levantamiento de puntos de profundidad elaborados en la Bahía de Pozuelos y aproximaciones por U.S.S. Hannibal desde 1938 a 1939 en colaboración con gobierno del estado venezolano para la época.

En un principio se representan tres regiones a considerar, las cuales son:

6.1.1.- Archipiélago Las Borrachas, representado por las islas Los Borrachitos, El Borracho, La Borracha, El Cangrejo y El Caribe, dichas expresiones presentan dos alineaciones a considerar, la primera orientada de N35°E a S35°W, los rasgos topográficos tienden a deprimirse para la zona nor-oeste de la isla bajo la misma disposición, su rata de profundización disminuye entre 15 a 30 metros en 50 metros sobre la horizontal, Véase figura 6.1, donde la topografía describe las alineaciones descritas, compárese con el mapa geológico del sector en los anexos.

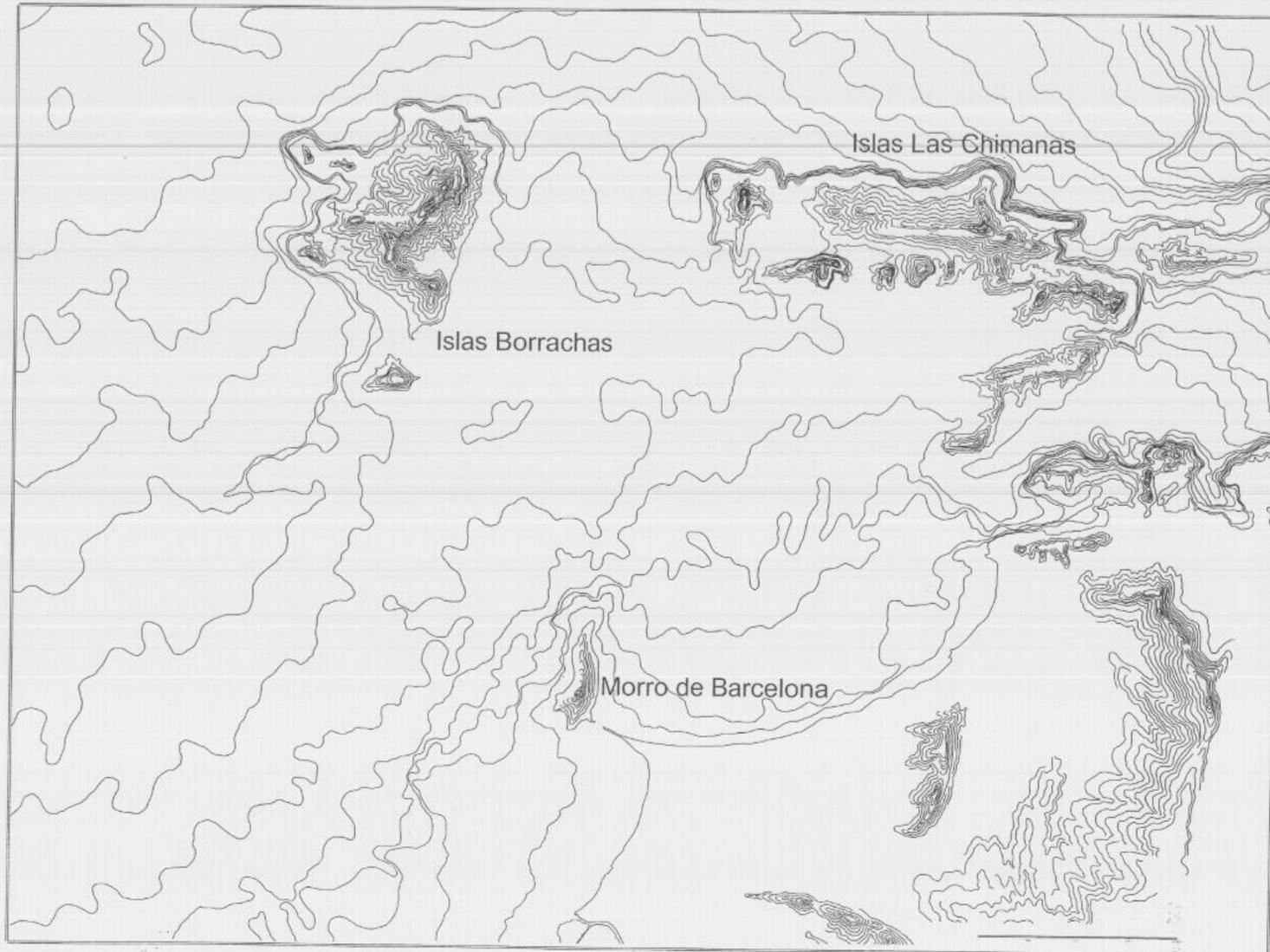
Una segunda alineación está orientada pseudo-perpendicular a la primera, es decir N60°W a S60°E, destacando que esta alineación se presente en superficie y por debajo del nivel del mar, y donde la islas El Cangrejo y El Caribe, junto con las disposiciones de la Isla Borracha determinan la trayectoria mencionada.

Las orientaciones descritas representan uno de los principales fundamentos para el análisis espacial de las estructuras geológicas, ya que las orientaciones topográficas en superficie y marinas coinciden con las disposiciones espaciales medidas para las familias de diaclasa durante las fases de campo, por ejemplo para el *Punto 169* de coordenadas Norte 1139214 y Este 310505 fueron medidas dos sistemas de diaclasas N51°W69S y N29°W77N. Por lo que las expresiones topográficas de las islas Las Borrachas están siendo controladas por un sistema de esfuerzo-deformación que permite el arreglo y orientación de sus estructuras de acuerdo a las direcciones antes mencionadas.

6.1.2.- *Archipiélago Morro de Barcelona*, presenta una disposición espacial N34°E a S32°W, con ciertas variaciones hacia la parte norte en donde gira y se dispone al norte (aproximadamente 10°), de acuerdo a las expresiones por debajo del nivel del mar la topografía permite observar cierta disposición espacial similar a la que se encuentra en superficie, confirmando la continuidad de las estructuras. Véase figura 6.1, donde la topografía describe las alineaciones descritas, compárese con el mapa geológico del sector en los anexos.

De acuerdo a las expresiones topográficas por debajo del nivel del mar, se presenta una segunda disposición espacial, N63°W a S63°E, la cual solo puede definirse de acuerdo a los rasgos topográficos presentes en la plataforma marina.

Fig. 6.1 Archipiélago: Las Borrachas, Morro de Barcelona y Las Chimanas



De acuerdo a las orientaciones (sobre el nivel y debajo de este), y a las mediciones realizadas para las estratificaciones (Punto 5 del Morro de Barcelona, estratificación N55°W34°N), se deduce que la estructuras plegadas representan mayor dominio en las expresiones topográficas que las relacionadas a los procesos de ruptura de la roca (como fallas o sistema de fallas).

6.1.3.- Archipiélago Las Chimanas, representa la mayor expresión topográfica con influencia tectónica, debido a que un gran porcentaje de la superficie del mencionado archipiélago esta sobre el nivel del mar y la superficie por debajo de esta se encuentra a solo 25 a 30 m. en una extensión de 8 km., siendo su rata de disminución de 5m/1,6Km. Véase figura 6.1, donde la topografía describe las alineaciones descritas, compárese con el mapa geológico del sector en los anexos.

Las profundidades de la superficie marina aumentan solo hacia la parte norte de la Isla Chimana Grande, se destaca que de acuerdo al análisis espacial, la Isla Chimana del Este no se considera dentro de este archipiélago, debido a que las expresiones topográficas infieren una disposición espacial no característica a la que está desarrollando para las otras islas de Las Chimanas (las propias de este archipiélago).

Para este tercer archipiélago (Las Chimanas) se observan dos disposiciones espaciales, características en superficie (marina y sobre el nivel del mar), la más relevante o dominante son los rasgos topográficos de este a oeste (ej. parte central de la isla Chimana Grande), mientras que el otra presenta orientación N35°W a S35°E (ej. Extremo oriental de la isla Chimana Grande).

De acuerdo, al análisis de las mediciones de las estructuras de plegamiento y las estructuras de rompimiento de la roca con respecto a la topografía, se puede mencionar que las dichas expresiones en superficie no presentan un dominio entre las dos posibles alternativas (relación entre Pliegues/Topografía o Rompimiento de la

Roca/topografía), por lo que las expresiones topográficas para este archipiélago Las Chimanas la influencia de estos factores puede variar de una zona a otra.

6.2.- Estructuras Geológicas de las Unidades del Cretácico Superior en las Islas Chimanas y Borrachas, y Morro de Barcelona.

En el apartado se menciona y realiza una breve descripción de las estructuras geológicas mayores (pliegues, fallas y corrimiento) en la región de las islas Chimanas y Borrachas, y el Morro de Barcelona, con el propósito de describir la configuración espacial actual, de manera de citarlos oportunamente conforme evolucione el capítulo, para que de esta forma sean evaluados estructuralmente de acuerdo a sus componentes espaciales. Las estructuras geológicas para la región de estudio han sido agrupadas en:

6.2.1.- Anticlinales Simétricos: Son estructuras cilíndricas, con flancos que varían entre los 50 a los 70°, sus ejes generalmente presentan orientación este-oeste, sin embargo hacia los extremos sus ejes presentan inmersión, véase fig. 6.3. Se destaca que en su conjunto están presentes desde el extremo sur-este de Chimana hasta el norte del sector Los Naranjos, destacando que esta estructura describe un sistema de pliegues escalonados, véase la fig. 6.2.

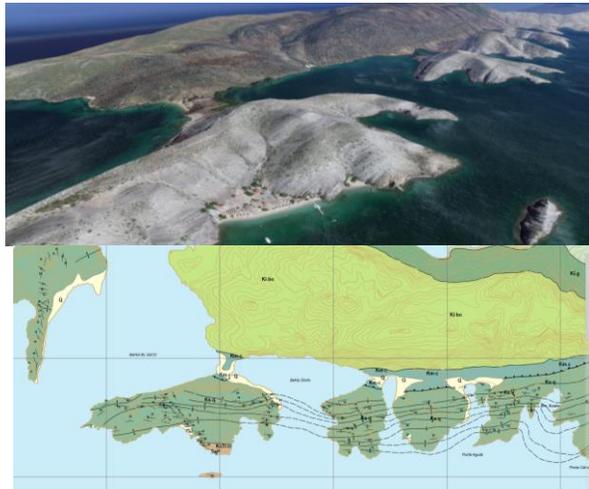


Fig. 6.2: La imagen izquierda muestra por medio de la herramienta google map el sistema de pliegues escalonados (el norte esta hacia el extremo superior izquierdo de la imagen), la imagen derecha representa un marco geológico de referencia (puede consultarse el anexo mapa geológico contenido en esta investigación para mayor detalle).

Este tipo de pliegue es posible describirse en la isla Chimana del Sur, desde su parte norte hasta la zona sur; sin embargo la extensión es limitada para la zona sur, a causa que la expresión topográfica del pliegue está sumergida por debajo del nivel del mar, por lo que su continuidad es imperceptible al estar debajo del mar o perceptible cuando los rasgos topográficos están por encima del nivel del mar. Se destaca que a diferencia de los extremos descritos para la isla Chimana Grande, en la isla en descripción solo el extremo este queda en emersión, es decir, la estructura presenta plano de emersión hacia el este.



Fig. 6.3: Pliegue Anticlinal simétrico, zona central del sector de la Playa Puinare (parte norte), Azimut de la fotografía 235°, a y b muestran la descripción de la estructura.

6.2.2.- *Pliegue tumbado*: de acuerdo a lo observado en campo y a la cartografía de las estructuras geológicas, esta expresión geológica fue observada y delimitada desde el contacto entre las formaciones Chimana y Querecual para la parte norte, extendiéndose unos 150 metros aproximadamente hacia la zona sur de forma perpendicular, en la isla Chimana Grande; la orientación o trayecto para esta estructura es sinuosa, sin embargo el patrón general de esta sinuosidad es este-oeste. La superficie axial para este pliegue tiene buzamiento al sur. Obsérvese el corte anexo A-A'.

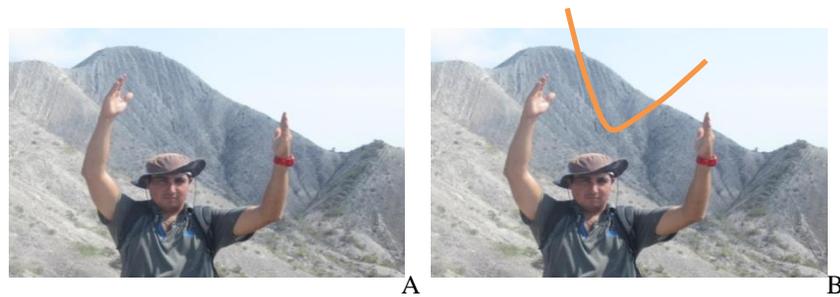


Fig. 6.4: Sinclinal simétrico presente en la zona norte de la Isla Chimana del Sur, azimuth 87° de la fotografía a y b muestran la descripción de la estructura.

6.2.3.- *Sinclinales simétricos*: estructura cilíndrica similar a las características estructurales de los anticlinales pero su vergencia de los flacos es hacia el núcleo, se presentan en la zona intermedia entre los anticlinales simétricos, obsérvese fig. 6.4.



Fig. 6.5: Descripción del pliegue isoclinal, en (a) los flancos para esta estructura presenta similar buzamiento, aunque la parte del núcleo los ángulos pueden tener una variación entre los 5 a 10°, los cuales no cumplen la descripción propia de un pliegue isoclinal, asumiendo el concepto de pliegue apretado o cerrado, (b) pliegues isoclinales a escala regional, aunque las características en descriptivas para el núcleo sean la descritas al inicio del párrafo. Azimut de (a) 215° y (b) 50°.

6.2.4.- *Pliegues isoclinales y apretados*: estos pliegues se ubican exclusivamente en las estructuras geológicas descritas para la isla Borracha, en su zona este, en donde se observaron pliegues con flancos pseudoparalelos u paralelos en muchos de los casos, y que van a depender de la escala con que sea clasificados, ya que en su núcleo pueden describirse como pliegues apretados (escala a detalle), pero que al seguir las trazas de las capas a escala regional estos describen pliegues isoclinales (escala regional). Obsérvese la figura 6.5.

6.2.5.- *Falla por Corrimiento*: esta estructura es la representación de una falla inversa, sin embargo el término cambia a “*Falla de Corrimiento*” cuando el ángulo de plano de falla está por debajo de los 45°, obsérvese la figura 6.6, donde muestra diferentes evidencias de la existencia de lo que hasta hoy se conoce como Corrimiento Las Borrachas, Vivas (1987).

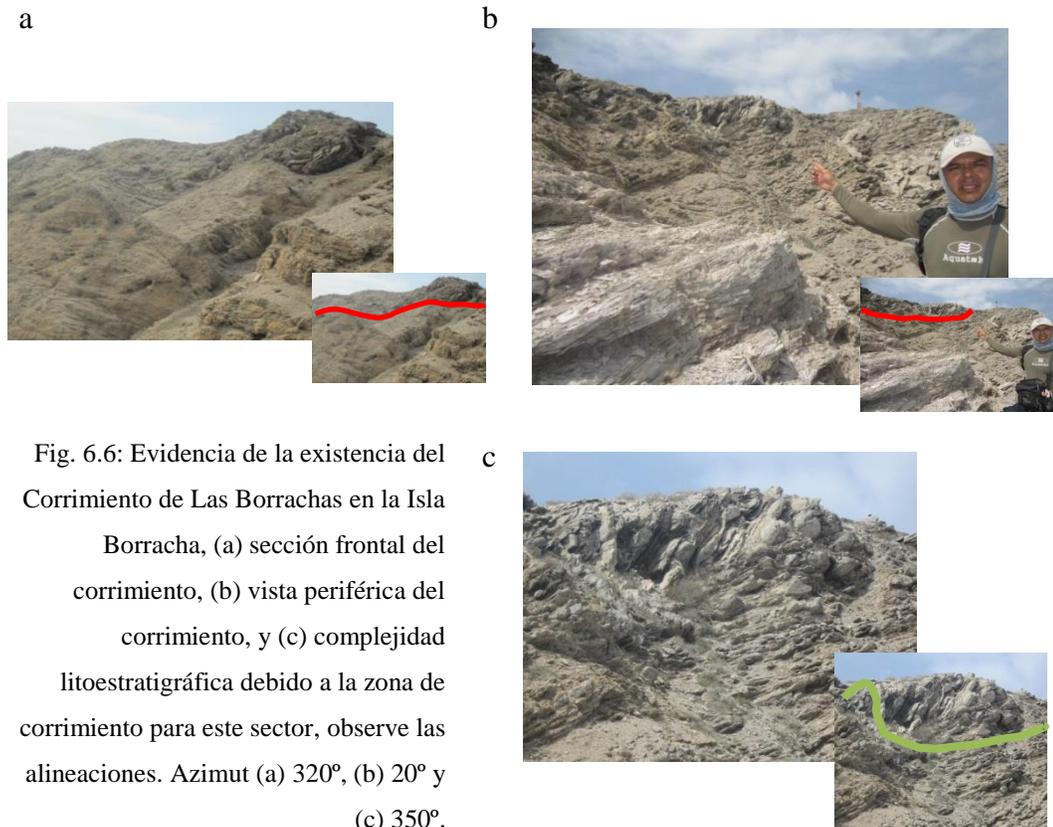


Fig. 6.6: Evidencia de la existencia del Corrimiento de Las Borrachas en la Isla Borracha, (a) sección frontal del corrimiento, (b) vista periférica del corrimiento, y (c) complejidad litoestratigráfica debido a la zona de corrimiento para este sector, observe las alineaciones. Azimut (a) 320°, (b) 20° y (c) 350°.

De acuerdo al levantamiento realizado para el sector de la isla Borracha, fue posible ubicar varios corrimientos locales durante los trayectos planificados, estos no pudieron ser cartografiados en el *Mapa Anexo de la Isla Borracha* debido a que la extensión de las fallas reportadas no lo permitía para la escala trabajada en esta investigación, como es el caso de la reportada en el extremo sur-oeste de las coordenadas Norte 1139154 y Este 310520, véase la figura 6.7, en donde se muestre el cambio sustancial del buzamientos de las capas de la Formación Río Chávez.



Fig. 6.7: Extremo sur de las coordenadas Norte 1139154 y Este 310521, representación de un corrimiento en la zona central de los afloramientos de las formaciones Querecual y Río Chávez de la vertiente sur de la Isla Borracha. Azimut de la fotografía (a) y (b) 133°.

Se destaca que la traza para el corrimiento reportado entre formaciones Querecual y Río Chávez en la isla Borracha en la parte sur (fig. 6.7), fue seguida lateralmente hasta la parte norte del referido sector (véase la figura 6.8), describiendo para la zona: secuencias plegadas bajo el mismo sistema esfuerzo-deformación, sin la generación de la falla de corrimiento local; la observación lateral y descripción estructural de la

secuencia deformada muestra una evidencia que los efectos del sistema esfuerzo-deformación que dan origen a las estructuras geológicas han tenido diferencias puntuales en intensidad para la misma secuencia en diferentes regiones. La tectónica para la región es activa aún, debido a la trayectoria que se ha reportado de la *Placa Caribe*, y su cercanía de la región de estudio al margen sur de la referida placa, Audemard (2004).



Fig. 6.8: Deformación de las unidades en superficie de la zona norte de la Isla Borracha en su vertiente sur, coordenadas Norte 1139154 y Este 310521, azimut 321°. La línea verde muestra la alineación de las capas que describen las estructuras en superficie.

En resumen, de acuerdo a los reportes para la complejidad estructural referida en la Isla Borracha y analizando las fallas de corrimientos reportadas en su conjunto, se concluye que la evolución de estas se acopla a lo que se conoce como un despegue extensional a una región determinada, por lo tanto para los efectos de referencia el termino expresado por Vivas (1987) *Corrimiento de La Borracha* se cambiara para esta investigación, a lo que denominaremos desde ahora como “*Despegue Extensional de La Borracha*”, su trayectoria es de sur-oeste a nor-este, desde la parte meridional, zona media y parte septentrional, cuando cambia su trayectoria de N75°W a S75°E.

Un despegue extensional se refiere a un frente de corrimiento que se presenta bajo diferentes planos de desplazamientos entre el movimiento relativo de unidades de roca que se describen para el sector, siendo el producto bajo un mismo sistema esfuerzo-deformación, y que además su extensión es mayor cuando la sumatoria de las fallas (relevo) es considerada para su efecto regional, para la isla borracha la

extensión longitudinal esta alrededor de 1 km, y la lateral es de alrededor 3,5 Km. La figura 6.9 representa un ejemplo para el complejo Nevado-Filábride, Campos y Simancas (1989) en http://www.granadanatural.com/blog.php?codigo_blog_categoria=7.

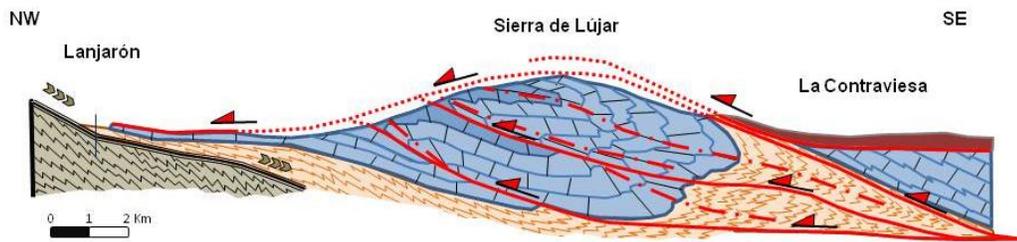


Fig. 6.9.: Representación gráfica del complejo Nevado-Filábride, campos y Simancas (1989) en http://www.granadanatural.com/blog.php?codigo_blog_categoria=7.

El Corrimiento de *Chimana Grande* está ubicado en la zona media de la Isla Chimana Grande (figura 6.10), su expresión topográfica se distingue por presentar una depresión que constituye el margen de contacto entre las formaciones Chimana y Querecual, su trayectoria es de este a oeste y su ángulo esta entre los 30° a 40° de buzamiento, véase el mapa geológico Anexo de la Isla Chimana Grande y los cortes para el sector.

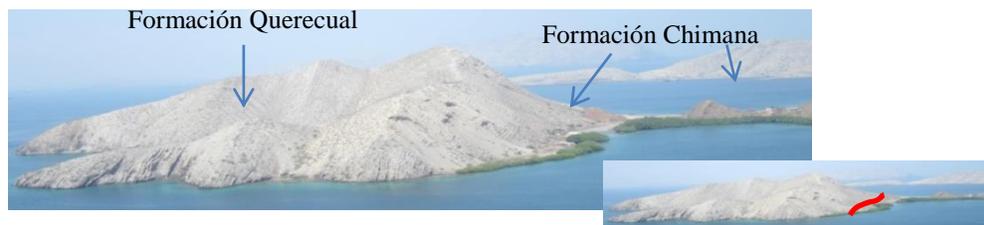


Fig. 6.10: Corrimiento Chimana Grande, obsérvese el contraste entre la Formación Chimana (parte derecha de la foto) con la Formación Querecual (parte izquierda de la foto), línea roja indica la falla de corrimiento. Azimut de la foto 267°.

Al nor-este de la Isla Chimana del Sur se presenta una falla de corrimiento con las mismas características que la descrita para la isla Chimana Grande. Sin embargo, el

concepto de Despegue extensional para un determinado sector no puede ser aplicado para este sector, debido a que los datos descritos en campo no representa una clara relación entre ambas fallas, por lo que no se presentan evidencias que el análisis en conjunto entre las fallas represente un desplazamiento relacionado entre estas.

6.2.6.- *Deslizamiento capa sobre capa*: esta estructura fue observada en la zona sur del sector de la playa Puinare, en el contacto entre las Formaciones Querecual y Río Chávez. De acuerdo a las observaciones realizadas para esta estructura se puntualiza el desplazamiento capa sobre capa, generando para ambos lados de la superficie un pulido o re-cristalización, en anteriores investigaciones (González de Juana para 1948) dicha estructura había sido descrita como falla de transcurrencia, sin embargo de acuerdo a los análisis estructurales es poco probable su origen y el desplazamiento de esta forma, acotando que en la superficie existen trazas del movimiento capa a capa, perpendiculares al rumbo de las capas y estructuras geológicas “pliegues”, obsérvese la figura 6.11.

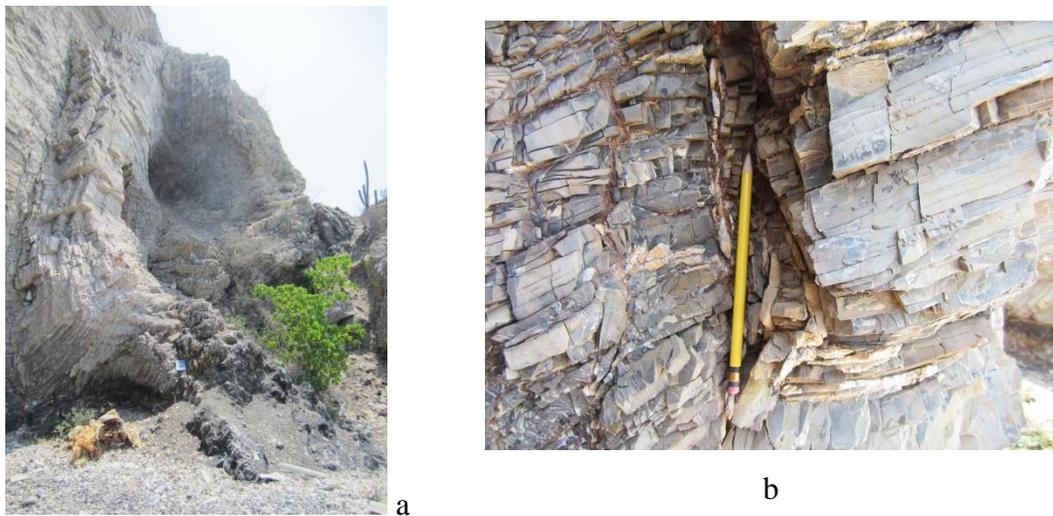


Fig. 6.11: Deslizamiento Capa sobre Capa, en (a) se observa las capas verticales producto de la intensidad de los esfuerzos para la roca, y en (b) se observa la deformación interna de la capas.

6.3.- Descripción de la Red de Fracturas Extendidas

El presente apartado trata sobre la dirección de los esfuerzos y su efecto en la deformación, medidos a través de la red Schmidt, asumiéndose tales efectos sobre las estructuras geológicas propias de la región a analizar.

En la región de estudio se determinaron un conjunto de estructuras plegadas (véase el apartado 6.2) que pueden corresponder o no a un patrón de esfuerzos que generan dichas deformaciones, sin embargo se debe tener presente las *envolventes de deformación* para estructuras asociadas bajo un mismo patrón de esfuerzo, de manera que se establezcan los lazos de conectividad al analizarlas bajo un mismo origen.

Por esta razón es importante mencionar que, para que existan estructuras plegadas deben concurrir componente(s) de esfuerzo(s) con la suficiente magnitud para que las generen, por lo tanto, es necesario evaluar a través los efectos de deformación (diaclasas, fracturas, fallas, vetas, vetillas y fallas) la evolución de dichas estructuras por medio de orden sistemáticos de los efectos, no obstante se debe considerar, que para este análisis no se tiene un orden cronológico de origen de las estructuras por análisis isotópicos de algún elemento, aunque por medio de las observaciones y evaluaciones de la disposición o configuración actual se deducirá su proceso de formación, destacando que, reológicamente el material debe comportarse de forma dúctil, para que al sufrir la deformación, y este mismo sea capaz de absorber la deformación y generar una estructura continua. A profundidades muy someras, el comportamiento mecánico del material es frágil, por lo que frente a estados de esfuerzos significativos, las estructuras de deformación típicas que se van a encontrar son fracturas y fallas

Para un primer punto se analizarán el proceso de formación de las estructuras geológicas “diaclasa”, ya que este puede bien sea o formarse durante las primeras fases de plegamiento y efectos de los sentido de la magnitud de los esfuerzos o

generarse durante el proceso evolutivo de la estructura generada (plegamiento para este caso). En la figura 6.12 se muestra el proceso y evolución de formación de las diaclasas pre y post deformación.

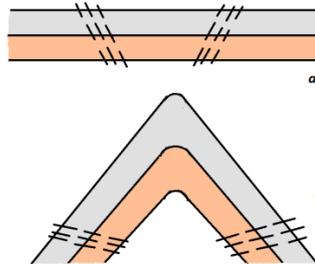


Fig. 6.12: Representación esquemática del proceso de deformación de las capas. Obsérvese en (a) la formación de diaclasa, y en (b) la herencia de esas estructuras durante la evolución del plegamiento, destacando que dichas estructuras forman partes de los efectos de esfuerzos puntuales a la secuencia afectada o pueden que no formen parte. Tomado de Jamison (1997).

El proceso de formación de las diaclasas puede llevarse de tres maneras, (1) por efectos climático, consiste en la ruptura de la roca por un plano debido a que la temperatura a determinadas horas del día, en la noche, pueden generar el congelamiento de fluidos y durante el día este sólido cambia a estado de fluidez generando un plano por la separación causada en las dos fases o estados de la materia del fluido, (2) por el rompimiento de la roca en un estado de relajamiento sin ningún efecto tectónico, también conocida como “descarga litológica” (pérdida de carga litológica, que puede ser por erosión o por efectos estructurales) y (3) por los efectos de esfuerzos puntuales o en superficie donde sus consecuencias son rompimiento de la roca, siguiendo un plano de ruptura de acuerdo a la resistencia interna de roca al aplicársele los esfuerzos.

Para las rocas en superficie del cretáceo superior se observa que el proceso de formación de las diaclasas generadas fue a consecuencias tectónica, generadas por el efecto del paso de la Placa Tectónica del Caribe, Bravo y Vilas (2003) menciona que la trans-currencia de esta placa en el borde norte de la Placa Sudamericana tiene un ángulo de incidencia de 25° hacia la cordillera de la costa tramo central, sin embargo

anteriormente Pindell y Kennan (2001) habrían ya publicado que durante el Cretácico ocurre bajo el ángulo anteriormente planteado, señalando además que después del período del Mioceno el contacto ha sido transpresivo, de acuerdo a la evolución o el paso de la Placa Caribe, por lo que sus efectos pueden al analizarse a gran escala como un paso transpresivo pero que al detalle pueden descomponerse en cargas puntuales sobre el mismo frente de deformación, considerando que las rocas cretáceas podían mostrar cualquier cantidad de fracturas por eventos previos.

Audemard (2004) publica un mapa con la distribución de tensores de esfuerzos, y a pequeña escala refiere a la región de estudio esfuerzos, entre los 25 a 40° con sentido sureste, siendo esta misma dirección la aplicación del esfuerzo de los estudios ya referidos.

Producto de las observaciones referenciadas en los párrafos anteriores se realizará el análisis espacial de la disposición de las diaclasas, las cuales han sido generadas durante el proceso evolutivo de los pliegues, como se refiere la figura 6.12., asimismo en el capítulo de análisis de cuencas y ambientes sedimentarios se hace referencia al origen de algunas de las estructuras sedimentarias y formación mineral, en donde se concluye que muchos procesos habían sido generados en una etapa prematura, de acuerdo a los componentes diagenéticos, estudios que inicialmente fueron recolectados y referidos por Corrales et. al. (1977).

Las secciones escogidas para el análisis espacial son:

- 1.- Isla Chimana Grande sector oeste -Puinare-: En el recorrido se establecieron 22 estaciones de trabajo, de las cuales han sido usadas 16 de estas para realizar el análisis espacial en 2D. (Corte estructural A-A').

2.- Isla Chimana Grande sector sur-central: Para este análisis fueron planteadas 7 estaciones de trabajo, de las cuales fueron consideradas 6 para su análisis espacial en 2D. (Corte estructural C-C').

3.- Isla Chimana Grande Sector este -Los Naranjos-: Para este sector se han levantado 15 estaciones de trabajo, de las cuales se consideraron 11 para el análisis espacial en 2D. (Corte I-I').

4.- Isla Chimana del Sur sector oeste: Para este sector se realiza un levantamiento de 18 estaciones de trabajo, las cuales fueron usado para el análisis 2D. (Corte F-F' y G-G').

5.- Isla Chimana del Oeste: Para este sector fueron levantadas 7 estaciones de trabajo, las cuales fueron usadas para el análisis espacial 2D. (Corte J-J').

6.- Morro de Barcelona: Para este sector fueron levantados 8 estaciones de trabajo, de las cuales fueron usadas 5 para su análisis espacial 2D. (Corte K-K').

7.- Isla Borracha vertiente su zona central: Para esta región fueron levantado 13 estaciones para el análisis espacial 2D. (Corte H-H').

En el contexto anterior se menciona una cantidad de estaciones levantadas y un número de estas usadas para su análisis 2D, la selección de las estaciones útiles para realizar la actividad correspondiente se fundamentó en la continuidad de las estructuras espacialmente y su proyección en el sección analizada, si algún punto se descarta es por no seguir de forma símil la disposición geológica estructural de los estratos.

Otro de los principios a considerar para el análisis de las estructuras en la región son los principios de definición de los niveles estructurales, este principio divide la

corteza terrestre en tres niveles: el nivel estructural inferior, el estructural medio y el estructural superior, los cuales abarcan desde los 5000 a 0 metros de profundidad. En este trabajo se considera para el análisis el nivel estructural superior. Véase Figura 6.13.

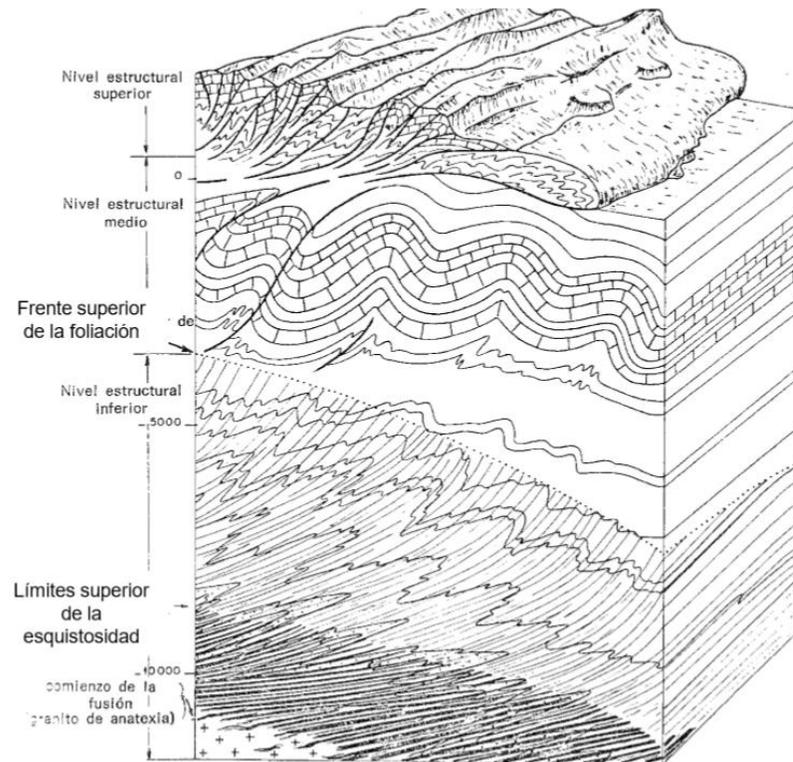


Fig. 6.13: Corte teórico de una parte de la corteza mostrando la superposición de los diferentes niveles estructurales y la forma de las estructuras correspondiente, figura de Mattauer (1976) en Audemard (2004).

En el *Capítulo X Apéndice* se muestra la tabla de estaciones de trabajo para el análisis de los esfuerzos y su orientación. En los siguientes análisis se mostrará el corte de geológico realizado a las zonas que representen las estructuras características de la región estudiada, es importante mencionar que las representaciones estereográficas siempre referirán su norte hacia la parte superior, el sur hacia la parte inferior, el este a la parte izquierda y el oeste hacia el extremo derecha de la respectiva imagen citada.

6.3.1.-Análisis espacial al Sector la Isla Chimana Grande sector Sur-oeste/ Puinare

Para el análisis de la sección de la zona suroeste se editó el corte A-A', con el propósito de observar la estructura geológica conforme la toma del punto y la disposición de los planos de diaclasas generadas por los esfuerzos regionales.

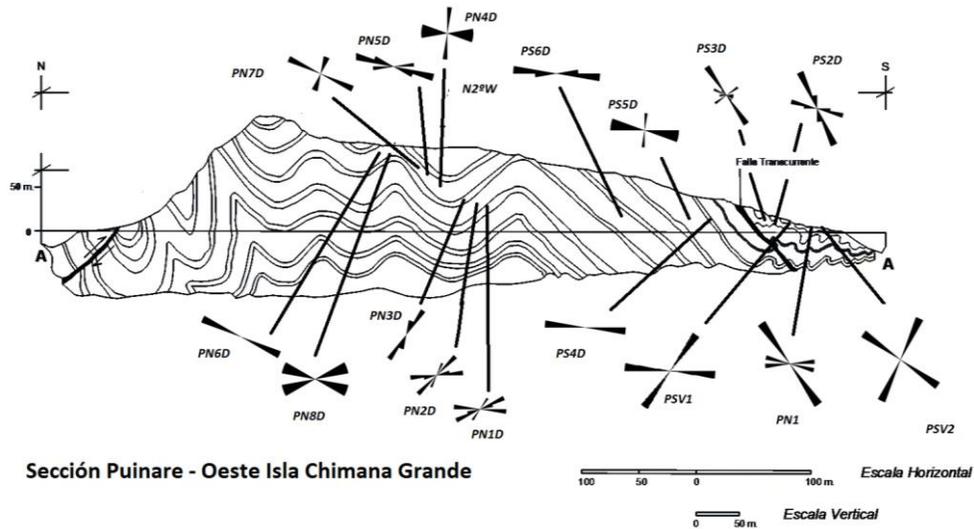


Fig. 6.14: Corte geológico A-A' y el análisis estructural de las deformaciones.

De acuerdo a la representación de los esfuerzos principales de la sección geológica A-A' de la fig. 6.14, se observa que para la parte media de la sección, donde los pliegues tienden hacer simétricos, los esfuerzos de acuerdo a las estructuras medidas presentan una orientación NNW, con un ángulo de incidencia o dirección de los esfuerzos principales aproximado entre los 15-30°, esto demuestra la generación de estructuras geológicas con orientación este-oeste o cercano a este rumbo, que sería la respuesta a los esfuerzos, es decir, la deformación (pliegues, diaclasas, y fallas); por otro lado, hacia la parte sur se observan el mismo patrón de esfuerzos aunque presenta una variación con orientación de sus esfuerzos en sentido NNW a NS, el ángulo de incidencia de los esfuerzos principales esta entre 0-15°, aunque existen una segunda dirección de esfuerzos este-oeste, que explica que los pliegues o su línea de cresta presentan una inmersión hacia la parte este.

6.3.2.-Análisis espacial al Sector la Isla Chimana Grande sector Sur-Central

Para el corte de la figura 6.15, se observa del análisis estructural (rosetas de deformación) que la generación de las estructuras geológicas fue a causa de los esfuerzos con dirección norte-sur con una imperceptible variación; de acuerdo a la evolución de los esfuerzos en esta dirección mencionada, se genera deformaciones en la roca creadoras de pliegues con dirección este-oeste (eje del pliegue), igualmente la persistencia de estos esfuerzos dan origen a fracturas transversales y cizallamiento (corrimiento), esta última estructura se ve representada en la parte norte de la sección C-C', donde el rumbo es este-oeste y buzamiento al norte.

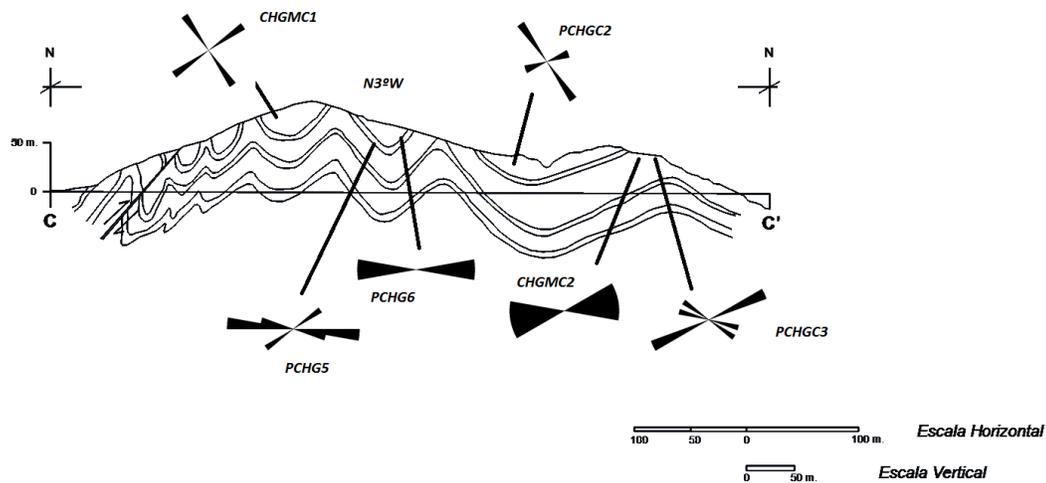


Fig. 6.15: Corte geológico C-C' y el análisis estructural de las deformaciones.

6.3.3.-Análisis espacial al Sector la Isla Chimana Grande sector Este –Los Naranjos-

En la figura 6.16, se describen en las rosetas de deformación que la dirección predominante de los esfuerzos tiene una orientación NNW, cuyo ángulo de incidencia de los esfuerzos para esta representaciones esta entre los 15-25°, generadora de los pliegues con dirección este-oeste, asimismo las deformaciones por estos esfuerzos generan fracturas transversales a la dirección. De igual forma, de la interpretación de

las rosetas, si la dirección de los esfuerzos varía entre 10 a 15°, los pliegues presentan una inmersión en dirección al este.

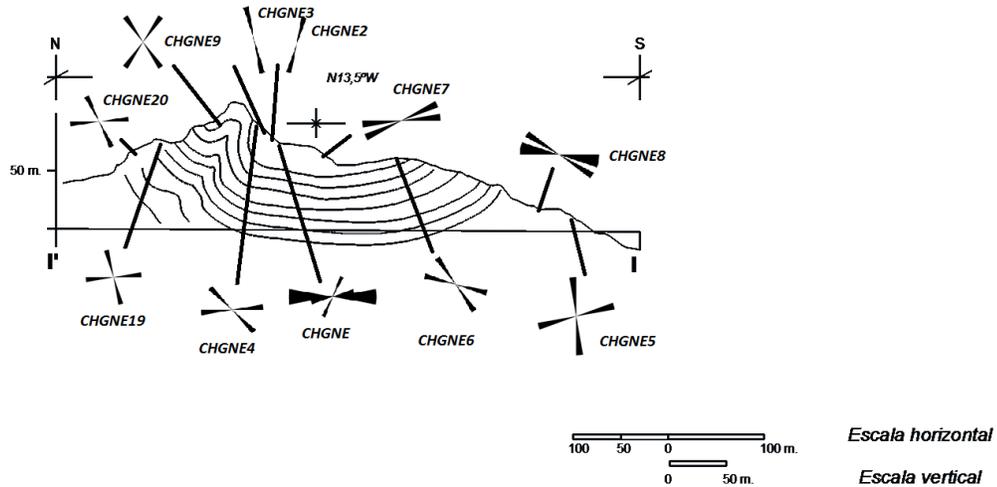


Fig. 6.16: Corte geológico I-I' y el análisis estructural de las deformaciones.

6.3.4.-Análisis espacial al Sector la Isla Chimana del Sur -parte Septentrional

En la figura 6.17, la simetría de las estructuras para esta secuencia deformadas es una de las mejores representaciones de pliegues cilíndricos para la región de estudio, en especial hacia las estaciones CHS6, CHS7, CHS8 y CHS9, obsérvese claramente dos componentes de esfuerzo, el primero de estos es NNW y WNW, donde la incidencia esta entre los 15-75°, mientras que la segunda componente pseudo-paralela a la orientación este-oeste, como muestras las estaciones CHS8 y CHS14, pudiendo ser direcciones conjugadas bajo un mismo sistema de esfuerzo-deformación. En la estación CHS13 se destaca la dirección de los esfuerzos, siendo esta dirección la responsable de la emersión de las estructuras geológicas para la región.

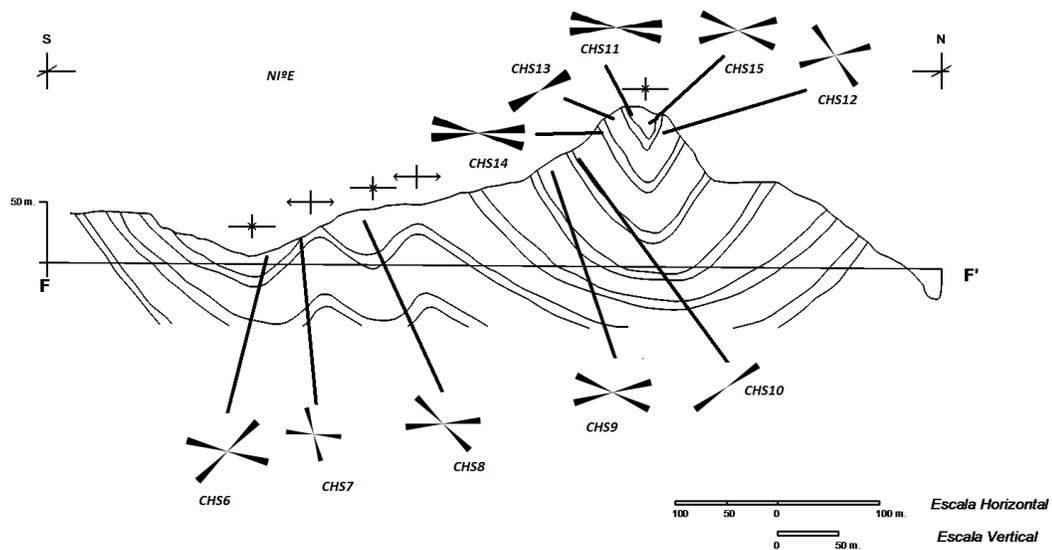


Fig. 6.17: Corte geológico F-F' y el análisis estructural de las deformaciones.

6.3.5.- Análisis espacial al Sector la Isla Chimana del Sur -parte Meridional

La figura 6.18 representa el corte G-G', siendo este la continuación del corte F-F' hacia la parte sur; para este corte se observa una clara incidencia del esfuerzo principal con dirección de norte a sur, véase la estación de trabajo CHS1 como medición relevante para el proceso de evolución de las estructuras de pliegues desarrolladas en la zona septentrional hasta meridional de la Isla Chimana del Sur, sin embargo en su gran mayoría la incidencia de estos esfuerzos es NNW como se muestra en las estaciones CHS17, CHS4, CHS5, CHS16, entre otras, donde su efecto (deformación) está en la orientación de los ejes de los pliegues con dirección este-oeste; se destaca una última orientación de esfuerzo claramente apreciable en la estación CH18 y CHS5, donde fue interpretada la orientación del esfuerzo en sentido oeste a este, siendo la resistencia causante de la inmersión de la línea de cresta hacia el extremo este. Obsérvese que hacia la zona sur del referido corte evoluciona una falla de bajo ángulo, cuyo efecto fue el rompimiento de la roca a raíz que la magnitud de los esfuerzo hacia la roca es mayor a la resistencia de la misma.

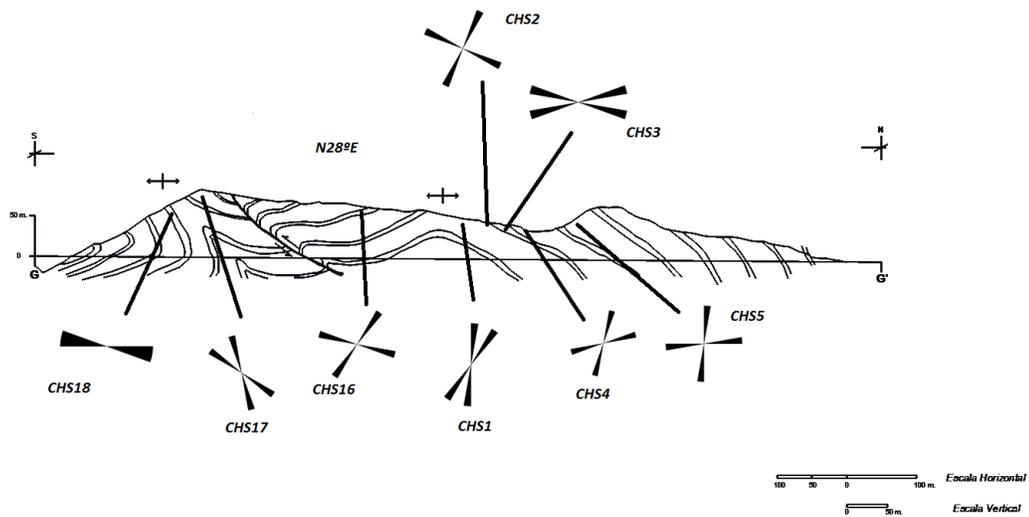


Fig. 6.18: Corte geológico G-G' y el análisis estructural de las deformaciones.

6.3.6.- Análisis espacial al Sector la Isla Chimana del Oeste

En la figura 6.19 del corte J-J', representa la evolución de un pliegue con inmersión al este, para las estaciones de trabajo se observa la componente de esfuerzo que dio origen a dicha estructura, CHO7, CHO4, CHO3, CHO2 y CHO1; la inmersión del eje del pliegue puede explicarse por la dirección de esfuerzo de la estación CHO5, la cual puede compararse con las otras estaciones de trabajo, desde su zona más septentrional hasta la meridional.

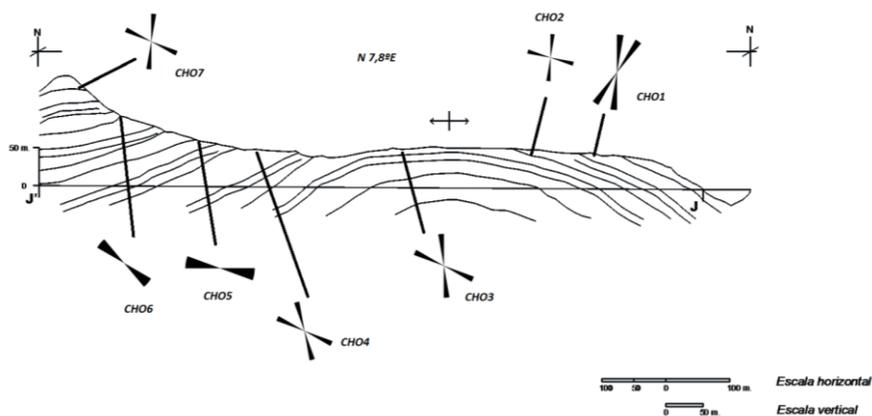


Fig. 6.19: Corte geológico J-J' y el análisis estructural de las deformaciones.

6.3.7.- Análisis espacial al Sector Isla Borracha – vertiente Sur-

El corte H-H' en la figura 6.20 representa una de las estructuras de mayor complejidad para la zona de estudio, ya que evolucionan pliegues isoclinales y cerrados, acompañados de fallas de corrimiento, y la inclinación de los ejes de los pliegues al norte. Las estructuras de pliegues isoclinales y pliegues cerrados son generadas por la orientación de los esfuerzos que se describen en la estación BORRC12, BORRAC8, BORRAC9 y BORRAC4, esta misma orientación junto con los esfuerzos BORRACH10 Y BORRAC11 (dirección NNW) son las generadoras del Corrimiento la Borracha (Vivas, 1987) o Despegue Extensional la Borracha. Las estaciones de trabajo BORRAC7, BORRAC3, y BORRAC6 (entre otras), se muestra las proyecciones de los esfuerzos NNE que dan origen a la inmersión de las estructuras hacia la parte septentrional.

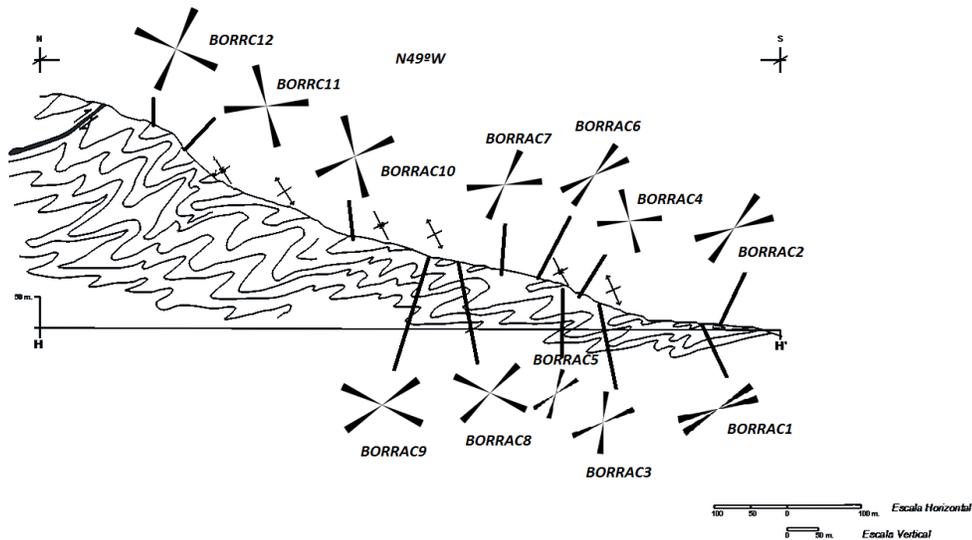


Fig. 6.20: Corte geológico H-H' y el análisis estructural de las deformaciones.

6.3.8.- Análisis espacial al Sector Morro de Barcelona

Para el corte K-K' representado en la figura 6.21, se muestra una estructura con inclinación de su estructura hacia el SSE, cabe destacar que en esta región se encuentra el corrimiento del Morro de Barcelona o Morro de Lechería, Vivas (1987). Este corrimiento representa el rompimiento de la roca por una zona de debilidad y un posterior estado de relajación de los esfuerzos aplicados a la roca en superficie, dicha estructura fue generada por los esfuerzos NNW de las estaciones A.4, A1.2, A1 y A3, los cuales coinciden con la disposición espacial de las capas representadas en el corte. De la misma manera, se representen una disposición secundaria de los esfuerzos, los cuales son la causa de la disposición de las capas hacia el sur.

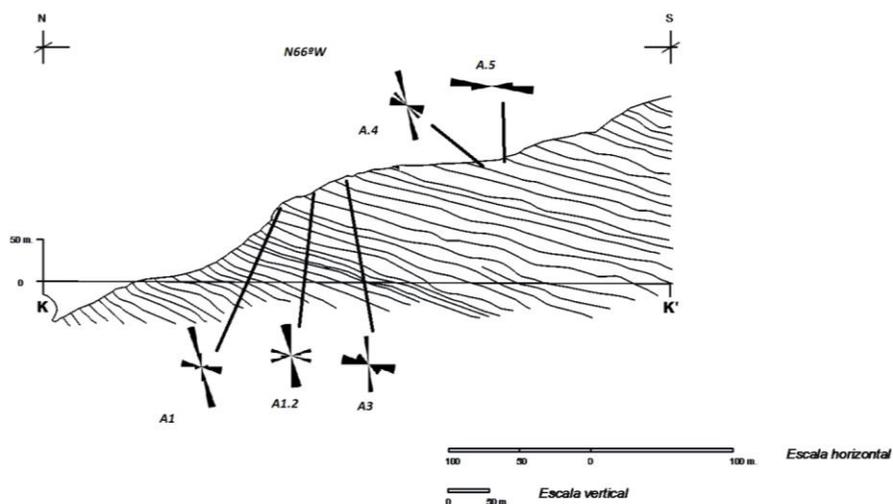


Fig. 6.21: Corte geológico K-K' y el análisis estructural de las deformaciones.

6.4.- Perfiles Geofísicos con el Método Eléctrico Dipolo-Dipolo

Los perfiles geofísicos elaborados para el presente estudio se basaron en respaldar parámetros estructurales de la disposición estratigráfica de las unidades lito en el subsuelo, la correlación espacial por medio de las propiedades eléctricas de una

determinada unidad litoestratigráfica, y el análisis de los contactos por el contraste de las propiedades eléctricas generadas entre las unidades correspondientes.

La metodología empleada para el levantamiento con el método eléctrico Dipolo-Dipolo fue explicado en el apartado 2.1.2.4, y el método de creación de los perfiles por medio de los valores de campo es tratado en el *Capítulo de Apéndices*. Los resultados o imágenes correspondientes al procedimiento y método empleado fueron a:

6.4.1.- *Perfil Eléctrico “Chimana del Sur”*, abertura entre los electrodos 20 metros (a), con siete (7) puestas de $n=1$ hasta $n=7$, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.

La imagen de la Figura 6.22 muestra el corte seleccionado, sección sur de la Isla Chimana del Sur, la disposición de las capas con resistividad entre 12 a 36 (Formación Querecual), es posible observar resistividades superiores, las cuales representan la complejidad estructural para la zona; obsérvese que la imagen 2D describe un pliegue anticlinal, hacia los extremos de la imagen se ve que los limbos de la estructura se disponen al NNE y WSS (coloraciones amarillas), y al centro de la imagen el eje del pliegue (resistividad por encima de 900).

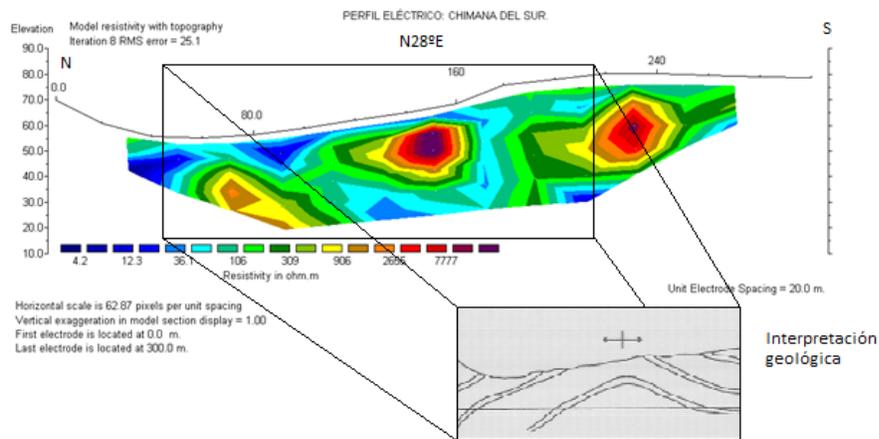


Fig. 6.22: Perfil Geofísico en la Isla Chimana del Sur, Método eléctrico Dipolo-Dipolo.

6.4.2.- Perfil Eléctrico “Chimana Grande Sector Este – Los Naranjos”, abertura de 10 metros (a), con seis (6) puestas de n=1 a n=6, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.

La figura 6.23 muestra tres características litológicas de acuerdo a la disposición de los materiales, y la relación entre ellos; obsérvese el contacto existente entre los sedimentos del cuaternario sin diferenciar (resistividad por debajo de 8), contacto discordante, con las rocas del cretáceo (de acuerdo al mapa geológico), a la derecha de la figura (resistividad por encima de 21 es para la Formación Río Chávez, y para la Formación Querecual resistividad entre 10 a 21). Además puede observarse el sur de la estructura de pliegue sinclinal que se describe para la Formación Río Chávez sensu-stricto. De acuerdo a estudios anteriores, Clemente González de Juana (1946) representa en su cartografía solo la Formación San Antonio para la referida zona, sin embargo en la imagen 2D de perfilaje eléctrico se observa una formación con características diferentes a la inferior, Formación Río Chávez y Formación Querecual, correspondientemente.

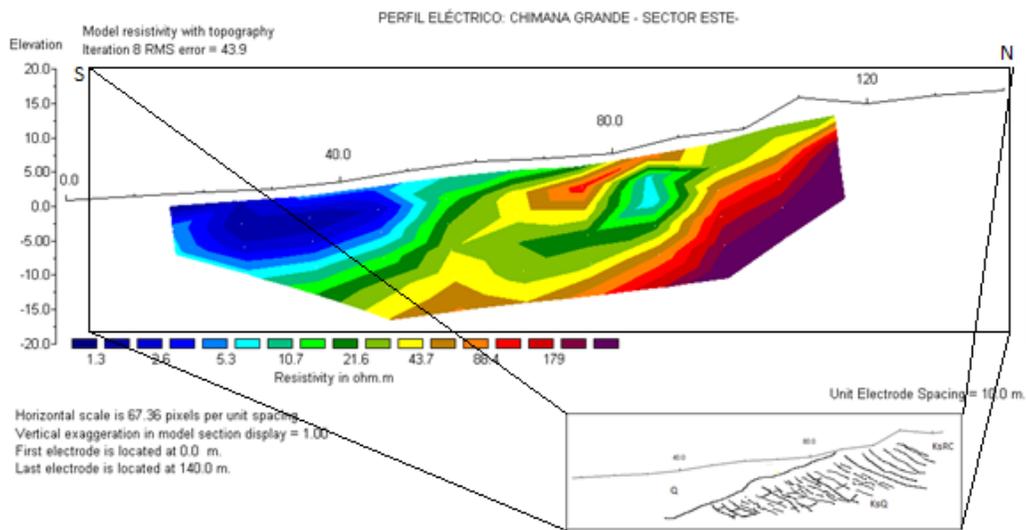


Fig. 6.23: Perfil Geofísico en la Isla Chimana Grande –Los Naranjos-, Método eléctrico Dipolo-Dipolo.

6.4.3.- Perfil Eléctrico “Chimana Grande Sector Oeste – Este de Playa Puinare”, abertura de 3 metros (a), con seis (10) puestas de n=1 a n=10, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.

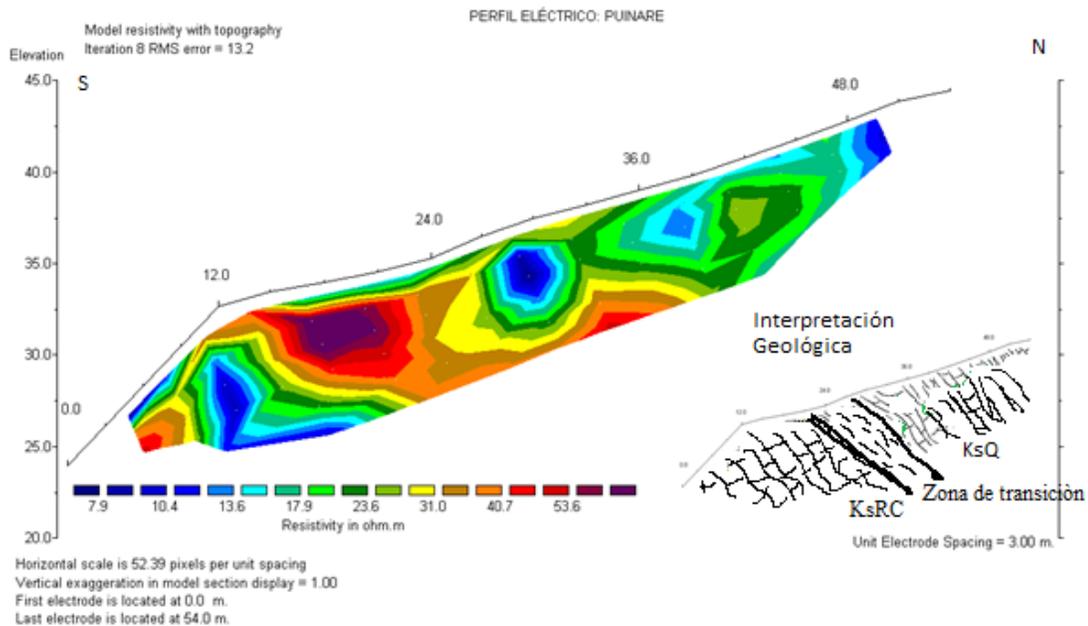


Fig. 6.24: Perfil Geofísico en la Isla Chimana Grande –Playa Puinare-, Método eléctrico Dipolo-Dipolo.

Esta sección habría sido escogida por el contacto existente entre la Formación Inferior (Querecual, resistividad entre los 24 a 10) con la superior (Río Chávez, resistividad mayor a 31), además de descifrar en profundidad la relación entre ellos (contacto y estructuras, extremo izquierdo de la figura). Como se muestra en la figura 6.24, no existe una angulosidad distintiva a profundidad entre ambos cuerpos de roca, por el contrario la imagen muestra la continuidad entre los estratos, además la imagen generada permite observar la complejidad estructural para la parte sur.

6.4.4.- Perfil Eléctrico “Borracha Sector Este – Centro”, abertura de 10 metros (a), con nueve (9) puestas de n=1 a n=9, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.

La figura 6.25 muestra el contacto generado entre los sedimentos recientes (resistividad menor a 7) con las rocas del Cretácico Superior (Formación Querecual con resistividad entre los 15 a 25, y Formación Río Chávez con resistividad por encima de los 38), véase en la diferentes coloraciones la disposición espacial de estas rocas y los pliegues isoclinales y cerrados que describen las estructuras.

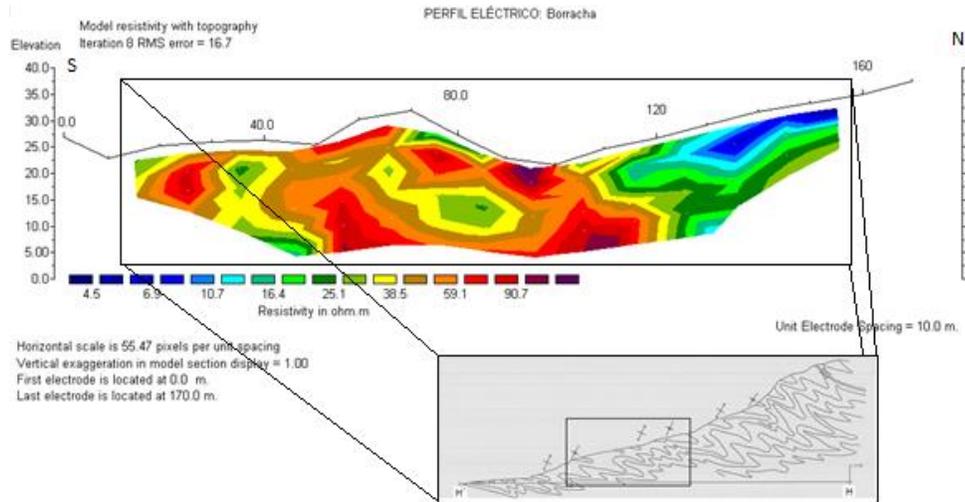


Fig. 6.25: Perfil Geofísico en la Isla Borracha -vertiente sur-, Método eléctrico Dipolo-Dipolo.

6.4.5.- *Perfil Eléctrico “Morro de Barcelona Sector Este-central”*, abertura de 4 metros (a), con once (11) puestas de $n=1$ a $n=11$, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.

Para este perfil, observado en la figura 6.26 la intensidad de los colores, los cuales pueden usarse para ser correlacionados con perfiles de similares características eléctricas, tal es el caso del perfil realizado en Borracha, Puinare y Los Naranjos, donde la presencia de capas chérticas es considerable como principal característica distintiva para la Formación Río Chávez, y esto puede reflejarse en los perfiles eléctricos realizados para la zona de estudio (resistividad mayor a 400).

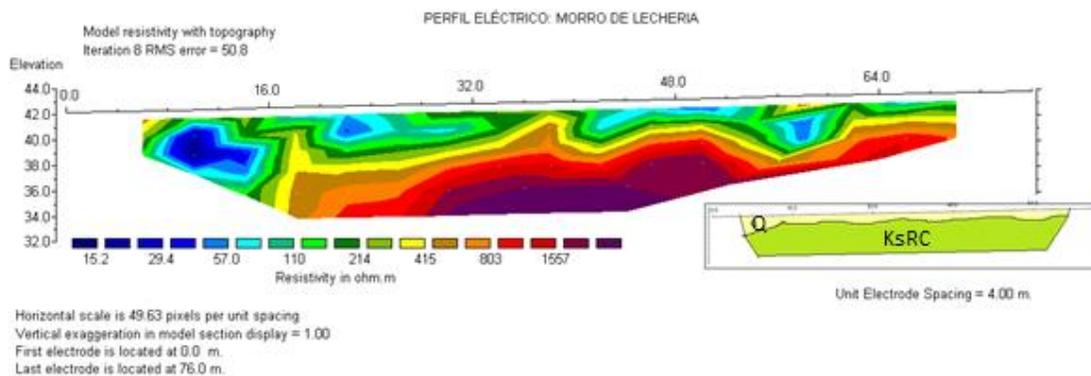


Fig. 6.26: Perfil Geofísico en el Morro de Barcelona o Morro de Lechería, Método eléctrico Dipolo-Dipolo.

En conclusión, las imágenes geofísicas mostradas por el método eléctrico Dipolo-Dipolo muestran en subsuelo las tendencias espaciales entre las unidades estudiadas, para la Formación Querecual se tomaron resistividades que están en el orden de 5 a 25 (colores azules oscuros y claros a verdes), y para la Formación Río Chávez resistividades mayores de los 31 a 50 (colores amarillos a rojos intensos), por lo que la primera de las unidades presenta menor resistividad que la segunda, y claramente pueden ser diferenciadas al realizar un perfil con el método eléctrico. Se destaca que para el área se levantaron espesores de sedimentos del cuaternario sin diferenciar (color azul oscuro), que su resistividad está por debajo de 25, véase el perfil de la isla Borracha (parte derecha de la figura) y el del sector Los Naranjos (parte izquierda de la figura).

6.5.- Otros factores indicativos de esfuerzos-deformación en las rocas de Cretáceo Tardío

Los procesos de esfuerzo que originan deformación en la roca pueden ser descritos por impresiones o registros que contienen la roca; ya se había explicado las estructuras geológicas en las Islas Las Chimanas y Las Borrachas, y el Morro de Barcelona, por medio del análisis espacial de los planos generados, y de la roseta de esfuerzos.

En este apartado se basará describir los procesos de formación que dan origen a las impresiones mineralógicas y sus orientaciones, considerando las deformaciones externas que las generan.

Superficie presión y disolución: es la consecuencia de esfuerzos o presiones puntuales “vectoriales”, lo que producirá una erosión diferencial del material, pudiendo depositarse los residuos de dicha disolución a lo largo de las superficies de rupturas. Trurnit (1968) en Corrales et. al. (1977) menciona que los procesos presión-disolución depende de dos propiedades, 1) Presión/solubilidad relativa a lo largo de la dirección de los esfuerzos, y 2) radio de curvatura en el contacto. El autor destaca que si estás propiedades son equivalentes para las componentes que se ponen en contacto, la superficie resultante es plana, si por el contrario es diferente se forma una curvatura. Véase figura 6.27.

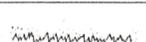
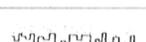
	Estilolitos de clase 1	Orden 1
		Orden 2
	Estilolitos de clase 2	
	Estilolitos de clase 3	
	Superficies estilolíticas de clase 1, orden 1	
	Superficies estilolíticas de clase 1, orden 2	
	Superficies estilolíticas de clase 2	
	Superficies estilolíticas de clase 3	

Fig. 6.27: Tipos más importantes de estilolitos y superficies estilolíticas, tomado de trurnit (1968) en Corrales (1977).

Cuando la presión-disolución relativa, de los componentes, es equivalente a lo largo de una dirección del esfuerzo se produce una superficie suturada o estilolítica.

6.5.1.- *Estilolitas (escala macro)*: Para la región de estudios fue posible observar y describir dichas estructuras “estilolitos”, en la zona sur del sector Puinare. En la figura 6.28 se observa una superficie estilolítica de clase 1 orden 1, de acuerdo a la clasificación de Trunitt (1968) en Corrales et. al (1977). Su proceso de formación de deben a esfuerzos direccionales de NNW a SSE, véase las deformaciones para este sector en el análisis de esfuerzos.



Fig. 6.28: Estilolitos al sur-este del sector Playa Puinare, azimut 357.

Los estilolitos para este tipo presentan formas triangulares, definidas por dos planos; para la región fueron medidas los planos que definen al figura triangular de dichos estilolitos de la figura 6.28, los cuales presentan la siguiente disposición espacial $N1^{\circ}E81^{\circ}N$ y $N56^{\circ}E69^{\circ}N$. La disposición espacial de estas estructuras demuestra que la deformación es correspondiente con la dirección de esfuerzo de la estación de trabajo “PSV2”.

Para el mismo sector fue posible observar estilolitos del orden 1 (superficies planas), donde su disposición espacial es $N35^{\circ}E84^{\circ}S$, mientras que la estratificación fue medida para $N68W67^{\circ}S$. La relación entre estos palnos medidos es pseudo-perpendicular, por lo que la estructura corta perpendicularmente las capas, en la figura 6.29 se observa estos estilolitos paralelos entre sí, con gran extensión longitudinal de las vetillas en las capas, escala brújula en la parte inferior derecha.



Fig. 6.29: Estilolitos al sur del sector Puinare, azimut 320°.

El proceso de formación de las vetillas (fig.6.29) se debe a los esfuerzos transversales de las componentes principales, donde su magnitud habría sido lo suficiente predominante sobre las otras componentes o dirección de los esfuerzos para la generación del proceso presión-disolución, de tal forma que el efecto es la ruptura de un plano perpendicular a las estructuras plegadas.

6.5.2.- *Estilolitas (Micro)*: Para las secciones petrográficas, se hicieron presentes la generación de superficies “vetillas”, estilolitas clase 1- orden 1, por procesos de presión-disolución; para la figura 6.30 se observa la generación de estas estructuras en la muestra MB-7 Perpendicular.

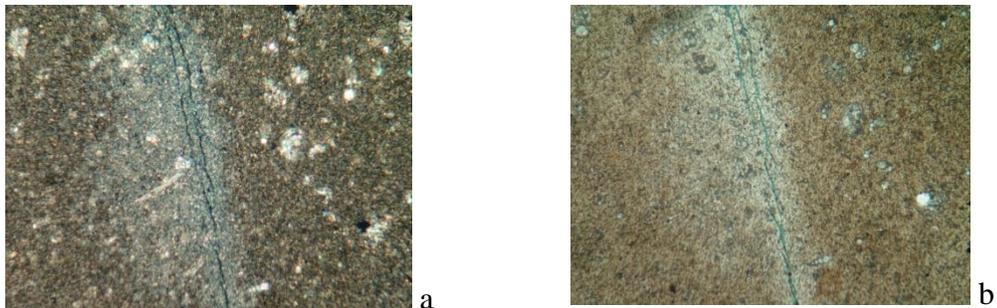


Fig. 6.30: Vetillas de calcita, (a) nicols paralelos y (b) nicols cruzados, objetivo 4x.

Estas fueron generadas de igual forma que las estructuras macro, y su disposición espacial es perpendicular a la estratificación. Se destaca que estas estructuras son frecuentes en los afloramientos de las rocas del Cretácico Superior.

Por otro lado, en la muestra MB7 Paralela se aprecia superficies estilolíticas de la clase 3, donde su proceso de formación presión-disolución las propiedades son equivalentes, véase la figura 6.31. Para este tipo de estilolitos la partícula es de menor solubilidad pasando a formar parte del fluido disuelto por el proceso presión-disolución inicial. Se destaca que para que existan este tipo de estilolitos es necesario una clase de orden inferior o un tipo.

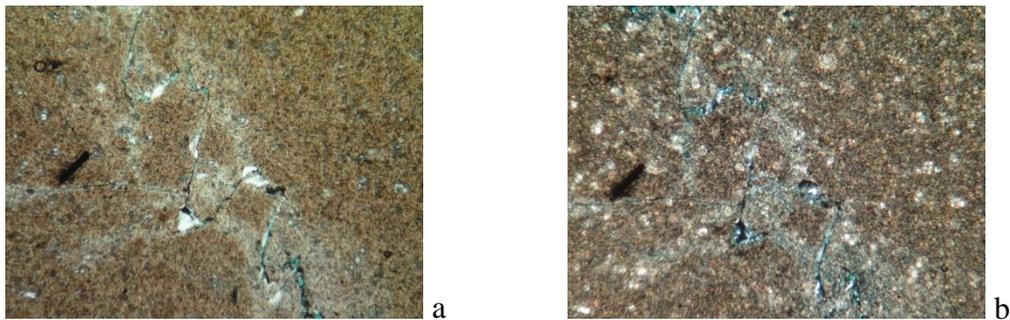


Fig. 6.31: Sección petrográfica MB7 Paralela, estilolitos de la clase 3, (a) nicoles paralelos, y (b) nicoles cruzados, objetivos para ambas fotografías 4x.

Se destaca que las superficies estilolíticas generadas se les apreció una decoloración hacia los márgenes de estas superficies, es decir, los márgenes son de igual coloración pero con una disminución en su tonalidad.

6.5.3.- *Zona de falla*: la zona de cizalla representan el desplazamiento de bloques de roca a modo de falla, pero sin desarrollo evidente de fallas visibles, siendo las zonas de cizalla regiones de deformación dúctil localizada, a diferencia de las zonas de falla que son regiones de deformación frágil localizada, en la figura 6.32 se muestra la zona de falla al oeste de la playa Puinare, zona norte.



Fig. 6.32: Zona de Cizalla perpendicular a la estratificación,
Ubicación N: 1137634 y E: 318136.

6.6.- Análisis de las envolventes de deformación para las Islas Las Chimanas, Las Borrachas y El Morro de Barcelona

Para el sector de estudio existen un conjunto de estructuras geológicas, las cuales están bajo un control cinemático y dinámico común, dichos elementos estructurales se encuentran asociados, y en conjunto presenta características propias y distintivas. Las asociaciones estructurales se caracterizan por determinados patrones geométricos, cinemáticos, de distribución y de evolución.

Por tales características, es necesario aplicar conceptos de geología estructural puntuales, de manera de ensamblar las evidencias estructurales y su orden sistemáticos como se disponen en el espacio, y cuál es su explicación de acuerdo a los esfuerzos que generan el patrón de esfuerzo-deformación.

Las envolventes de deformación consiste de la superficie tangenciales a un conjunto de estructural bajo un mismo patrón, este patrón se define como características con similares disposiciones espaciales, por ejemplo una superficie definida por los ejes de charnelas de un conjunto de pliegues con similares características y relación de deformación, Hobbs, Means y Williams (1981).

Para la región de estudio se definieron tres envolventes a escala macroscópica, las cuales deben definirse de mayor a menor como:

6.6.1.- *Envolvente A*: esta superficie es de dimensiones regionales, su superficie contiene como estructuras principales el Despegue Extensional La Borracha, el Corrimiento del Morro de Barcelona y el Corrimiento de Chimana Grande, donde las formaciones del Cretácico Superior por esfuerzos compresivos mantiene un desplazamiento a lo largo de una plano de despegue entre los 30° a 60° en sentido sur, en la Isla Borracha este ángulo presenta valores entre 45° a 55°, mientras que en otras regiones es menor (de 30 a 45°). Por lo que, esta superficie está representada por dos bloques, el bloque A representado por aquellas formaciones al norte de las rampas de despegue o corrimiento, y el bloque B representado por las unidades al sur de las superficies de despegue. La relación entre ambos bloques es el desplazamiento ascendente que existe del bloque A por una superficie sobre el bloque B, figura 6.33.

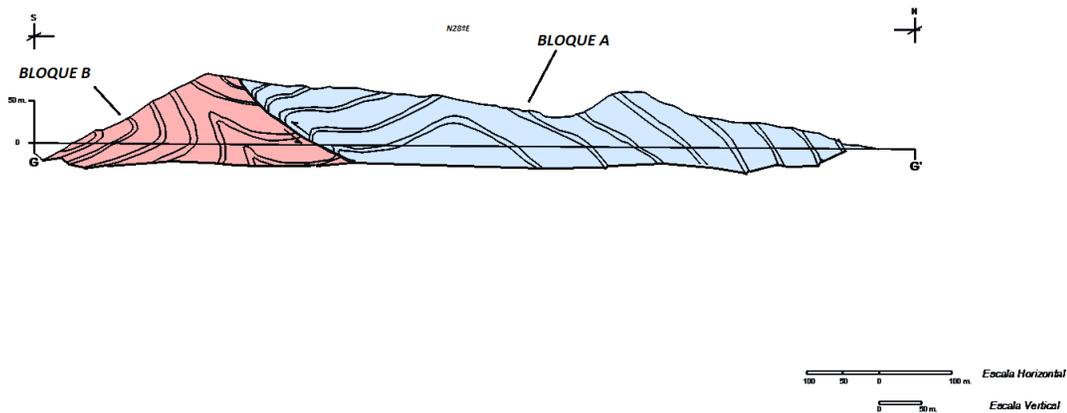


Fig. 6.33: Superficie envolvente A, la cual define la relación entre el bloque A con el B.

6.6.2.- *Envolvente B*: esta superficie envolvente está definida por pliegues de escala regional, representa estructuras plegadas de grandes dimensiones que envuelven un conjunto de estructuras (como las estructuras definidas de acuerdo a los datos de rumbo y buzamiento medidos en campo para en esta investigación). Véase la

figura 6.34, en esta se observa el pliegue anticlinal definido entre las superficies rojas, las unidades litológicas no representan un elemento de definición para estas estructuras, ya que se ubican dentro de esta mega-estructura.

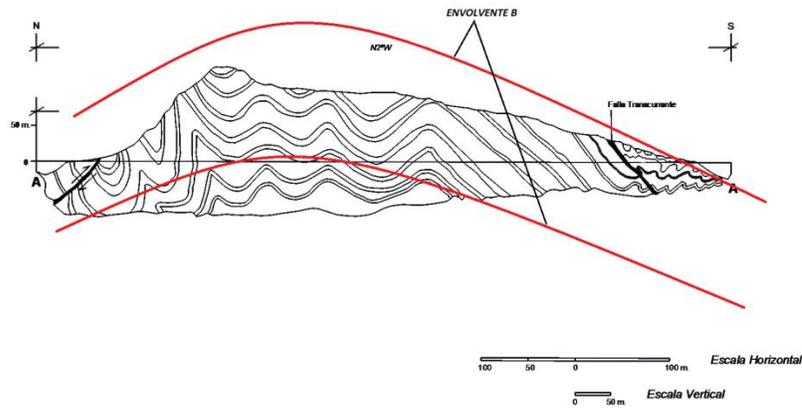


Fig. 6.34: Superficie envolvente B, la cual está definida por la superficies (3D) o líneas rojas (2D).

6.6.3.- *Envolvente C*: está representada por estructuras de tercer orden que pueden ser definidas a escala regional local o de detalle, como es el caso de los pliegues del extremo sur de la Isla Chimana Grande, en el sector Puinare. Véase la figura 6.35 donde se observa la envolvente definida por las líneas de charnela de estos pliegues. Esta envolvente no es muy característica en el sector, sin embargo al estudiarse localidades puede exagerarse las estructuras que lo definen debido a los esfuerzos puntuales en algunas regiones.



Fig. 6.35: Envolvente C definida por las líneas de charnela de los pliegues.

6.6.4.- *Envolvente D*: Esta definidas a escala a detalle, como es el caso de las estructuras estilolíticas, véase la fig.6.28, 6.29, 6.30, y 6.31.

6.7.- Estilo estructural de la región que comprenden las Islas Las Borrachas y Las Chimanas, y el Morro de Barcelona

La diversidad de estilos estructurales definidos por el desplazamiento de rumbo con convergencia de bajo ángulo al norte de la Placa Sudamericana por la parte sur de La Placa Caribe, así como el grado de acortamiento y engrosamiento cortical del mismo, siempre ha estado relacionado por el contacto desarrollado entre ambas placas. Como se dijo anteriormente, uno de los principales análisis está enfocado con las asociaciones estructurales de los distintos elementos estructurales, ya explicados en los apartados anteriores dentro de este capítulo.

Los estilos estructurales es un término muy usado, pero aun así no posee una precisión definida por algún autor, aunque dicho término corresponde a la forma característica de deformación por la asociación estructural característica. Los estilos estructurales varían de acuerdo a: El régimen cinemático y dinámico, a la litología, a la intensidad de los esfuerzos y a los niveles estructurales.

Del último punto, definiremos el estilo estructural de acuerdo a las estructuras geológicas con la configuración espacial actual, entonces el esquema a desarrollar será el siguiente:

6.7.1.- *Régimen cinemático y dinámico*, está siendo definido por la zona de contacto convergente, de desplazamiento de rumbo con componente transpresiva, y con efecto de acortamiento en las unidades litológicas que la componen.

6.7.2.- *Litología*, pueden generarse dos estilos, uno que involucre el basamento y otro que no, para la región de estudio no se involucra el basamento solo

la cobertera, por lo que será una tectónica de piel delgada o epidérmica, denominada también tectónica de cobertura o cobertera, Mattauer (1976).

6.7.3.- *Intensidad de los esfuerzos*, Mattauer describe la intensidad de acuerdo a la disposición espacial de los esfuerzo con referencia a las estructuras geológicas, véase la figura 6.36.

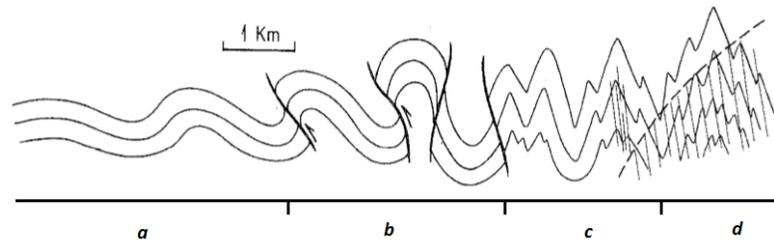


Fig. 6.36: Variación de la forma del plegamiento en función de la intensidad tectónica, Mattauer (1976).

Para la zona de estudio, se puede ubicar que la magnitud de la intensidad tectónica está representada por la división “b”, como muestra la figura 6.36.

6.7.4.- *El nivel estructural*, este factor esta siendo definido por la presión, la temperatura, la presencia de fluidos y el tiempo, que ha sufrido la roca o las unidades que representan los cuerpos deformados para generar dichas estructuras.

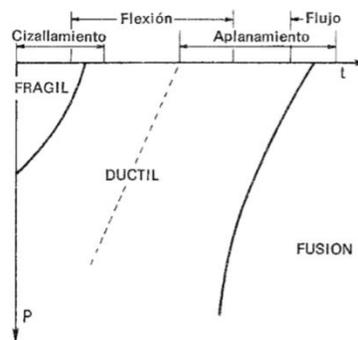


Fig. 6.37: Relación entre la presión y temperatura en la determinación del estado de formación de las estructuras geológicas, Mattauer (1976).

En figura 6.37, y de acuerdo a las descripciones observadas en campo para las unidades estudiadas, se destaca que las rocas (Formación Querecual y Río Chávez) estuvieron sometidas a una relación de Presión y Temperatura que corresponde a un estado de la materia entre frágil y dúctil (flexión). El estado dúctil se demuestra al conjunto de pliegues descritos y cartografiados en el Anexo -mapa geológico de la zona-, mientras que el estado frágil puede demostrarse por la generación de diaclasas como consecuencia de los esfuerzos puntuales a las rocas.

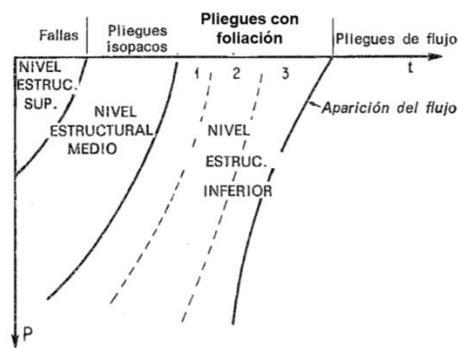


Fig. 6.38: Niveles estructurales de acuerdo a las características de las estructuras geológicas reportadas, Mattauer (1976).

En la figura 6.38 se muestra la zonificación del nivel estructural de acuerdo a la presencia de fallas, el plegamiento, los pliegues con foliación y los pliegues de flujo. Para el caso de las islas Las Chimanas y Las Borrachas, y el Morro de Barcelona el nivel estructural es superior e medio. Véase el apartado 6.2.

Por lo anterior, el estilo estructural para la región de estudio se define como la evolución estructural del frente tectónico estilo alpino de las Islas Las Chimanas y Las Borrachas, y el Morro de Barcelona, producto de los esfuerzos puntuales medianos generados por el desplazamiento oeste-este con componente aproximada de 25° entre la Placa Caribe con respecto a la Placa sudamericana.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS DE CUENCAS Y AMBIENTES SEDIMENTARIOS

INTRODUCCIÓN

Las secuencias sedimentarias presentes en las Islas Borrachas y Chimanas, y Morro de Barcelona para el período del Cretáceo Superior, están representada en la base por la Formación Querecual, la cual está constituida por una alternancia homogénea de limolitas y calizas o marlitas, con frecuente presencia de concreciones esferoidales, elipsoidales y discoidales de variadas dimensiones, asimismo se describen pseudoconcreciones hacia la mitad de la secuencia y, al tope de esta secuencia se hace presente el chert y las capas de limolitas y calizas son cada vez menores en espesor, para que finalmente de forma transicional la secuencia cambie sus características litoestratigráficas, y se defina una nueva unidad “*Formación Río Chávez*”.

La Formación Río Chávez no había sido cartografiada por otro(s) autor(es) hasta la fecha en las Islas Borrachas y las Chimanas debido a la escasa información que se manejada hasta entonces, sin embargo, Vivas y Macsotay (1995) habían mencionado la posibilidad de que esta unidad y sus características litoestratigráficas puedan redefinirse en lo que hasta ahora había sido cartografiado como Formación San Antonio en el sector.

Téngase claro que para definir o actualizar la nomenclatura de una unidad litoestratigráfica se debe cumplir con todos los aspectos que señala, bien sea el Código Norteamericano de Estratigrafía (Edición 2010) o la Guía Estratigráfica Internacional (1981), los cuales manejan un similar marco conceptual para explicar la definición y nomenclatura de las unidades estratigráficas, y la aplicación de su terminología.

Para la región de estudio la *Formación Río Chávez* representa el tope del Cretácico Superior, y se describe como una secuencia homogénea de calizas silíceas (con chert), de color negro que meteoriza a amarillo pálido con tonos grisáceos, que suelen definir cuerpos elipsoidales chérticos, con especial característica en su color negro.

Cabe destacar que para el *Capítulo IV: Estratigrafía Local* se describen a mayor detalle los aspectos litoestratigráficos para las unidades antes mencionadas, subdividiéndose estas en litofacies y haciendo especial énfasis en sus características geométricas “espesor de las capas o alternancias”, cuyo aspecto fue necesario para establecer la correlación espacial de la misma unidad en diferentes regiones, apoyándose con el reconocimiento realizado en las fases de campo, en los análisis espaciales de las fotografías aéreas, en las columnas estratigráficas realizadas para cada sección levantada, y en los resultados referidos en el *Capítulo V: Bioestratigrafía*, este último de relevancia para alcanzar el propósito.

Para el último punto citado en el anterior párrafo, los aspectos bioestratigráficos, se diseñó una tabla de *Distribución Batimétrica de Microfósiles*, además de apoyarse de icnofósiles, y la presencia de minerales o procesos químicos, que en su conjunto permitan inferir las condiciones de depositación de los sedimentos dentro de la cuenca.

Finalmente, se describió de forma esquemática la extensión de la cuenca para una determinada edad para cada unidad litoestratigráfica del Cretácico Superior. Se destaca que este capítulo será complemento para el *Capítulo VI: Geología Estructural de la Región al Norte de Barcelona*.

7.1.- Estudio de los Ambientes Sedimentarios (factores estratigráficos, y parámetros intrínsecos de las rocas: físicos, químicos y biológicos)

Para realizar un análisis detallado del ambiente sedimentario es necesario evaluar y hacer una estrecha relación entre las consideraciones estratigráficas, traza mineralógicas y de fósiles, consideraciones paleo-batimetría, y análisis espacial de los datos geológicos (columnas estratigráficas, descripciones litológicas, y consideraciones macro-micro paleontológicas, y análisis espacial de la estructuras geológicas, entre otras), para cada una de las formaciones estudiadas e incluidas en este trabajo que den indicio a las condiciones paleo-ambientales, las cuales son nombradas a continuación:

7.1.1.- Principios de Superposición de los estratos (comparación entre este estudio y los anteriores)

De acuerdo a la datación geocronológica (por medio de la bioestratigrafía) y al *Principio de Superposición de los Estratos*, se presentan rocas en superficie que describen una secuencia sedimentaria de mayor a menor edad de lutitas, lutitas arenáceas y areniscas, las cuales aumentan sus espesores al tope, esta secuencia se conoce en la literatura como Formación Chimana.

Posteriormente fue depositada de forma transicional una intercalación de limolitas calcáreas, marlitas y/o calizas, denominada Formación Querecual, cuyas paleo-facies fue posible diferenciarlas internamente por las especies fósiles contenidas (en su conjunto) y los espesores que describían cada una de ellas al momento de depositarse, describiendo secuencias de series rítmicas y cíclicas; Es importante destacar que estas secuencias podían seguirse lateralmente por cientos de kilómetros en muchas de los afloramientos, facilitando los métodos para su correlación espacial, al final de la depositación la secuencia tiende a disminuir sus espesores y la presencia de

concreciones sulfurosos y de chert en las capas aumenta en porcentaje, dando inicio a las facies de la siguiente unidad litoestratigráfica.

Finalmente, la intercalación de limolitas y calizas o marlitas cambian de forma transicional a capas de marlitas silíceas o calizas silíceas, con espesores muy variables, y cuya característica litoestratigráfica son capas negras que meteorizan a gris oscuro u negro, con presencia de abundantes vetillas y vetas de calcita, los cuales rellenan los espacios generados producto de los esfuerzos regionales de la roca (planos de diaclasas, vetas o vetillas), esta secuencia ha sido definida como Formación Río Chávez, Furrer y Castro (1995). Véase los anexos del orden secuencial de las formaciones estudiadas (anexo X)

En resumen, para los afloramientos al norte de Puerto La Cruz, en las Islas Borrachas y Chimanas, y el Morro de Barcelona fue deposita de más antigua a más joven la Formación Chimana, Formación Querecual y la Formación Río Chávez, véase la figura 7.1, donde se muestra las relaciones estratigráficas de este estudio con respecto a las anteriores.

7.1.2.- Relación relativa presencial entre los organismos presentes en las rocas

De acuerdo a la identificación de micro-organismos para cada una de las unidades estudiadas -Querecual y Río Chávez- se logran determinar la relación presencial entre foraminíferos plantónicos y bentónicos, los cuales muestra una relación equivalente en cuanto a especies identificadas y a la relación relativa entre plantónicos/bentónicos comparando los resultados entre la unidad supra con la infra, sin embargo, las secciones analizadas demuestran que la presencia de fósiles para la Formación Río Chávez es mucho menor, es decir la abundancia de especies fósiles sin especificar su especie disminuye con respecto a la unidad infra-adyacente.

Por lo tanto, en la Formación Querecual la abundancia de micro-organismos es sustancialmente mayor, de manera que aunque el número de organismos identificados en las muestras analizadas sea menor, su representación es mucho mayor en abundancia. Agregando de igual forma que, la relación de foraminíferos bentónicos en la Formación Querecual es mucho mayor que en la Formación Río Chávez, considerando que la presencia de foraminíferos plantónicos presentes tiende a aumentar en relación con la presencia de foraminíferos bentónicos, de la unidad infra a la unidad supra. Ver anexos Cartas Faunales para las Formaciones estudiadas.

De todo esto se resume que, esta relación ha sido ampliamente usada por paleontólogos para referir que los ambientes que presentan menores organismos bentónicos son de profundidades batiales a abisales, ya que las condiciones para que estos se desarrollen disminuyen al aumentar la profundidad, así que la Formación Querecual se desarrolló en un ambiente de menor profundidad que la Formación Río Chávez.

7.1.3.- Principio de Sucesión o Superposición Faunística

De acuerdo a las cartas faunística realizadas a cada unidad estudiada para esta investigación, los organismos identificados presentan una evolución continua en la taxonomía de las especies, por lo que sus características tienden a variar desde la unidad infra-adyacente hasta la supra-adyacente. Esto puede ser revisado en las tablas de Seigle y Dunn, para 1979.

7.1.4.- Tipo de estratificación para las secuencias (macro)

El análisis del tipo de estratificación considera dos acepciones: una genética y otra geométrica, por tal razón será importante analizarla desde el punto de vista de la naturaleza de los sedimentos, del tipo de transporte y las condiciones del ambiente.

La estratificación de las formaciones Querecual y Río Chávez, de acuerdo a la clasificación de Campbell (1967) en Corrales *et al.* (1977), describe una estratificación ondulada paralela; Sin embargo, en Corrales *et al.* (1977) se incluye la clasificación de Ricci Luchi (1970), en donde las secuencias de Querecual y Río Chávez se enmarca como una *estratificación paralela, discontinua y lenticular*.

7.1.5.- *Textura de las unidades litoestratigráficas y su relación con los cinturones de Wilson (1975)*

Las rocas sedimentarias pueden ser clasificadas y agrupadas en unidades litoestratigráficas de acuerdo a sus características texturales y a las relaciones heterogéneas con las unidades infra y supra adyacentes de las mismas, siendo entonces enmarcadas dentro de esta clasificación (Cinturones de Wilson, 1975) por las descripciones líticas propias y características de la secuencia que la diferencia de estas últimas mencionadas, esto fue descrito en el capítulo II, del apartado 2.1.2.1. Corrales, *et al.* (1977) incluyen dentro de estos aspectos texturales: el tamaño de grano, clasificación de acuerdo a las partículas, forma y empaquetamiento de los constituyentes del sedimento y roca.

De acuerdo a la descripción petrográfica presentes para cada una de las unidades litoestratigráficas descritas para el área de estudio, se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la tabla 7.1:

Tabla 7.1. Tabla resumen de los resultados petrográficos para este estudio

Unidad Litoestratigráfica	Muestra		Clasificación Dunham (1962)	Clasificación Folk (1962)
	Muestra de Mano	Muestra Petrográfica		
Formación Querecual	M-46	M46 Paralela	Wackestone	Biomicrita
	M-83	M83 Perpendicular	Wackestone	Micrita con Fósiles
	M.23	M23 Perpendicular	Wackestone	Biomicrita

Continuación Tabla 7.1				
	M.14	M14 Paralela	Wackestone	Biomicrita
	M-51	M51 Perpendicular	Wackestone	Biomicrita
	M.13	MB13 Paralela	Wackestone	Biomicrita
		MB13 Perpendicular		
	M.10	MB10 Paralela	Wackestone	Biomicrita
		MB10 Perpendicular		
	MB2	MB2 Perpendicular	Mudstone	Micrita con fósiles
MB2 Paralela				
MB1	MB-1 Perpendicular	Wackestone	Biomicrita	
	MB-1 Paralela			
Formación Río Chávez	M.8	MB-8 Perpendicular	Wackestone	Biomicrita
		MB-8 Paralela		
	M1	M-1 Perpendicular	Mudstone	Micrita con fósiles
		M-1 Paralela		
	M5	MB5 Perpendicular	Mudstone	Micrita con fósiles
		MB5 Paralela		
M.7	MB7 Perpendicular	Mudstone	Micrita con fósiles	
	MB7 Paralela			
M20	MB20 Perpendicular	Mudstone	Biomicrita	
M31	MB-31	Mudstone	Micrita con fósiles	
	Perpendicular			
	MB-31 Paralela			

De acuerdo a los resultados petrográficos y texturales junto con la clasificación de los cinturones de Wilson (1975), la Unidad Litoestratigráfica “*Formación Querecual*” presenta un ambiente sedimentario de transición entre “*Plataforma marginal*” a “*Plataforma de mar abierto*”. Por otro lado, “*Formación Río Chávez*” de acuerdo a la clasificación petrográfica y a los cinturones de Wilson (1975), fue enmarcada en un ambiente de “*Plataforma de mar abierto*” a “*Cuenca*”. Se destaca que las muestras petrográficas estudiadas fueron descritas y clasificadas de acuerdo a la clasificación de Dunham (1962) y Folk (1962), para la Formación Querecual se

enmarcan por lo general, como *wackestone* y *biomicrita*, respectivamente a las clasificaciones mencionadas; por otro lado, la Formación Río Chávez fue clasificada como *mudstone* y *micrita con fósiles*, respectivamente. Para ambas unidades estratigráficas es posible ver la tendencia de las muestras en unificarse dentro de un tipo en particular de roca, de acuerdo a la descripción y clasificación de las muestras, sin embargo, algunas muestras manifestaron ambientes de transición entre una unidad y otra, debido a la proximidad de estas al tomarse cerca del contacto entre ambas unidades litoestratigráficas.

La siguiente tabla 7.2 muestra los cinturones de Wilson en 1975, donde la descripción esta acuerdo a los siguientes parámetros: diagrama del corte de la sección y número de facies, facies o micro-facies, litología, color, tipo de grano y textura de depositación, estratificación y estructura sedimentaria, biota, y por ultimo terrígenos clásticos, mezclados o inter-capas.

La figura 7.1 muestra en tres dimensiones los cinturones en los que han sido depositados las formaciones Querecual y Río Chávez, obsérvese de la figura la región sombreada con amarillo ocre, donde se desarrolla los ambientes de *Cuenca*, *Plataforma de mar abierto*, y *Plataforma marginal*; Cabe destacar que la formación Querecual fue depositada y paso transicionalmente a la litología de la Formación Río Chávez, de forma transicional.

Tabla 7.2. Secuencia Idealizada de los Cinturones de Facies Estandars (Wilson, 1975)

Cinturones de Wilson	Cuenca	Plataforma mar abierto	Plataforma marginal	Frente de talud	Arrecife orgánico de margen de plataforma	Arena de borde de plataforma	Plataforma marina abierta	Plataforma marina con circulación restringida	Plataforma evaporítica
Diagrama del corte de la sección y número de facies									
Facies	1 - Espinita 2 - Calclimita bioclástica 3 - Micrita pelágica mudstone o wackestone bioclástico	2 - Calclimita bioclástica, 8 - Wackestone roca en bloques, 9 - Wackestone y mudstone ricos en bloques, 10 - Packestone resaca y retrabajados en micritas.	2 - Calclimita bioclástica, 3 - Micrita pelágica, mudstone o wackestone bioclástico, 4 - Microbrecha o packestone bioclástico-bioclástico.	4 - Microbrecha o packestone bioclástico - bioclástico, 5 - Granstone, packestone o fusilstone bioclástico, 6 - rubstone arenofal.	7 - Bourstone, 11 - Granstone con bioclásticos en cemento, 12 - Coquina, granstone o rubstone bioclástico, 13 - Granstone bioclasto de incrustaciones, 14 - Laga, 15 - oolita, granstone de coque.	11 - Granstone con bioclásticos en cemento espático, 12 - Coquina, granstone o rubstone bioclástico, 13 - Granstone bioclasto de incrustaciones, 14 - Laga, 15 - oolita, granstone de coque.	8, 9, 10, 16 - Pelosparta o granstone peloidal, 17 - Pelosparta o granstone de granstone, 18 - Granstone de foraminíferos.	16, 17, 18, 19 - Lufarita, 21 - Micrita espongiométrica, 22 - Micrita pura no laminada, 23 - Mudstone y fusilstone con bioclásticos gruesos.	20 - Mudstone, estromatolitos, algas, 23 - Micrita pura no fosilifera, homogénea no laminada, anhidrita ortorómbica redar.
Litología	Litas oscura o silíceas, delgadas capas de calizas (cuencia localizada) raras de evaporitas con sales.	Calizas muy fosilíferas interestratificadas con marlitas; capas con buena estratificación.	Calizas de grano fino, con algunos casos de chert.	Variabilidad por la dependencia de energía de agua de pendiente ascendente.	Masiva caliza - dolomita	Calcarena-oolita limo-arenosa o dolomita	Variabilidad de carbonatos y clásticos	Generalmente dolomita y caliza dolomítica	Dolomita irregularmente laminada y anhidrita; puede gradar a capas rojas
Color	Marrón oscuro, negro o rojo	Grís, verde, rojo y marrón	Oscuro a claro	Oscuro a claro	Claro	Claro	Oscuro a claro	Claro	Rojo, amarillo, marrón
Tipo de grano y textura depositacional	Caliza mudstone; calc-silíceo fina	Bioclástica y todo wackestone con fósil, alguna calc-silíceo	Principalmente mudstone con algo de calc-silíceo	Caliza silíceo y bioclástica wackestone - packestone bioclástica con variación en los tamaños	Bourstone y bolvas de granstone; packstone	Granstone bien escogido, redondeado	Gran variedad de texturas de granstone a mudstone	Pulver, estratificación lobulada, mudstone y granstone, mudstone laminado; bioclásticos gruesos wackestone en canales	
Estratificación y estructura sedimentaria	Laminación en mm, estratificación rítmica, laminación cruzada	Retrabaja en fondo; capas delgadas a medias nodulosas onduladas. Capas donde sus superficies muestran sistemas	Laminación menor, a menudo capas masivas. Lentas sedimentarios; bloques y bloques exóticos; capas rítmicas	Desprendimientos suaves de sedimentos, sobre sed estratificados biocásticos desprendidos; bloques exóticos	Masivas estructuras orgánicas o estructuras abiertas; con cavidades cubiertas; Laminación contraria a la gravedad	Estratificación cruzada; común la festoneada	Prominentes trazas de oraciones	Cap de base, estromatolitos laminados, granstone, estratificación, cortes de plomo de dolomita, estratificación cruzada de arenitas en canales	Anhidrita y gypsum; rosales, nodulos, estratificación bandeada e irregular; Caliche
Temperos clásticos mezclados o intercapas	Limo de cuarzo y limolitas, siltstone fino granos clásticos	Limo silíceo, siltstone, limilla, segregada en capa	Algunos limos, limolitas y siltstone gradados finamente	Algunos limos, limolitas y siltstone gradados finamente	Ninguna	Solo arena cuarzosa mezclada	Clásticos y carbonatos muy bien segregados en capas	Clásticos y carbonatos muy bien segregados en capas	Bloque por viento, sedimentos derivados de mezclas; clásticos pueden ser muy importantes unidades
Biota	Exclusivamente fauna pelágica nerítica preservada abundante sobre planos estratificados	Diversidad de fauna: epifauna y infrauna	Detritos bioclásticos derivados de desizamientos	Colonias mayores de bloques y detritos bioclásticos	Colonias construidas con sanalaciones en bolvas; comunidades desarrolladas in situ	Vivos desarrollados in situ o por trasladados de deslizamientos	Fauna marina; esponjas, moluscos, amefites, algas, etc.	Fauna muy limitada; principalmente gasteropodos, foraminíferos y ostracodos	Fauna no autóctona, excepto por los estromatolitos

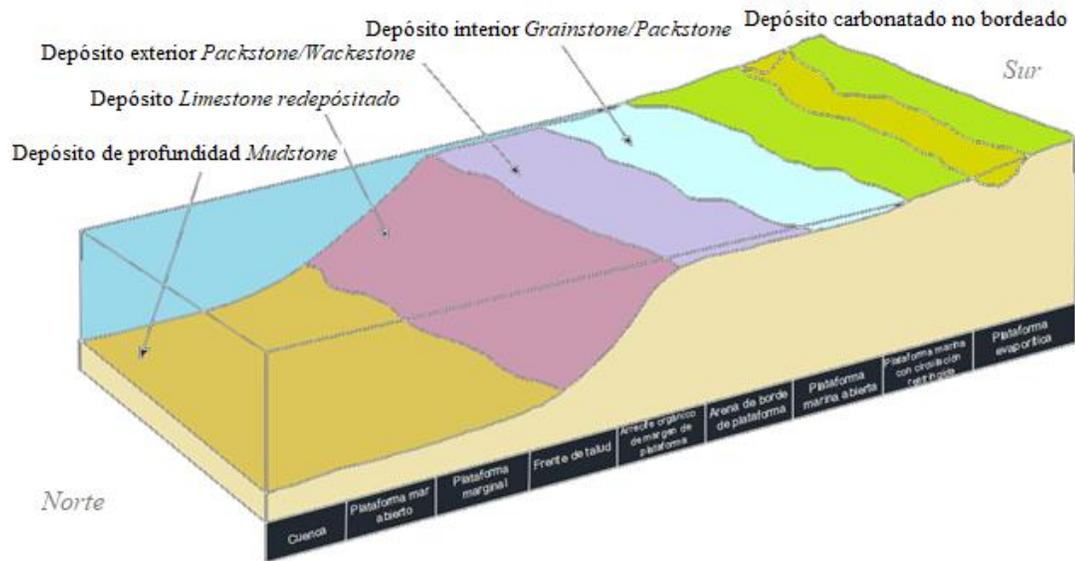


Fig. 7.1: Se observa una representación de los cinturones de Wilson (1975), el espacio sombreado en amarillo ocre representa la paleo-geografía de formación de las formaciones Querecual y Ríos Chávez.

Observación textural de la roca, dependiendo del tipo de sedimento que conforma la roca, Griffiths (1967): De acuerdo a los estudios realizados por Griffiths (1967) en Corrales *et al.* (1977), estos señalan que al aumentar la distancia de procedencia del sedimento que conforma la roca con respecto a su depositación final, este sufre un proceso de transformaciones en su forma y química, por lo que los sedimentos de mayor variabilidad mineralógica y con tamaño mayor presentarán menor transporte y su procedencia estará relativamente cerca de la roca madre, serán de menor madurez textural y mineralógica; al aumentar la distancia de procedencia del sedimentos, estos presentarán variabilidad de minerales y los tamaños tenderán a disminuir (recuérdese que el tamaño de los granos van de canto hasta limos).

Para las unidades litoestratigráficas del Cretácico Superior (Querecual y Río Chávez) estudiadas en las Islas Borrachas y Chimanas, y Morro de Barcelona, se presentan sedimentos maduros texturalmente y mineralógicamente. Véase la figura 7.2, la cual es la representación gráfica de los parámetros mineralógicos y texturales.

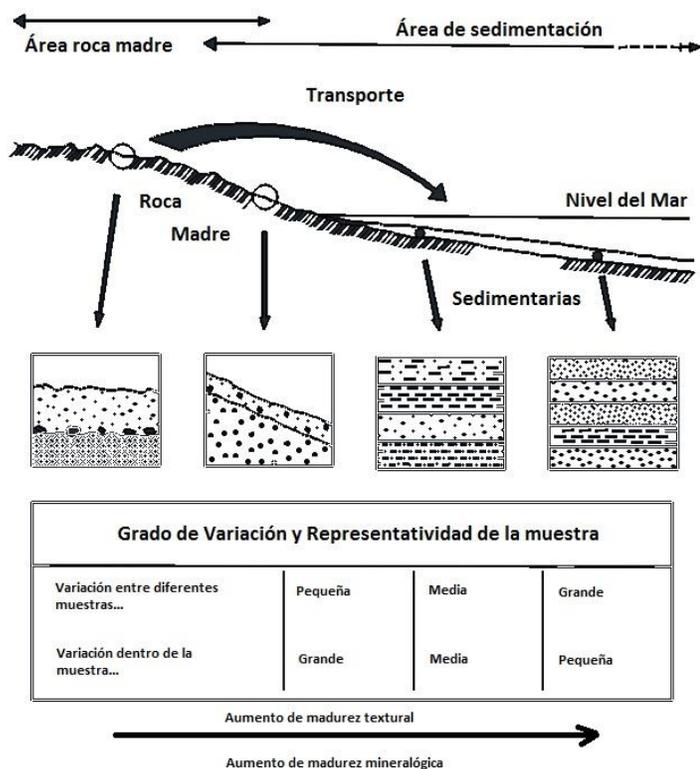


Fig. 7.2: Representación conceptual de la teoría de Griggifs (1967),
Figura tomada de Corrales *et al.* (1977) y modificada.

Estratificación y orientación de los granos, de acuerdo a las estructuras sedimentarias de orden interno descritas por Corrales *et al.* (1977), se destaca que la Formación Querecual a escala micro y macro presentan laminas, donde la orientación de los granos tiene una clara preferencia de sus componentes de orden interno (paralela a la estratificación); Esta característica descrita, a menudo, puede observarse a escala macro, ya sea por diferencia de coloración interna, y/o por la diferenciación de dureza que definen las láminas en respuesta a la erosión de la roca, permitiéndose observar bandas, una de mayor resistencia sobre una de menor resistencia, y así sucesivamente.

De lo anterior, la Formación Río Chávez presenta las mismas estructuras descrita para Querecual, aunque está es más perceptible debido a la diferenciación de los componentes que conforman las láminas, y esto se acentúa en la descripción de las características físicas en superficie.

7.1.6.- Estructuras orgánicas

De acuerdo a las clasificaciones referidas por Corrales *et al.* (1977), este la sub-divide en dos importantes grupos, los cuales son los siguientes:

- a. Organismos constructores de rocas.
- b. Pistas, galerías y perforaciones.

Para la unidad Río Chávez descrita en este estudio, fue posible identificar marcas del segundo grupo, los cuales han sido definidos como el conjunto de organismos que “*pueden desarrollarse sobre sedimentos no consolidados, siendo en ocasiones prácticamente simultáneas a la sedimentación, o bien por el contrario, originarse sobre rocas totalmente consolidadas*”... Corrales *et al.* (1977).

Para la Formación Río Chávez se describen estructuras determinadas por actividades de organismos en la superficie, esta es la Facies Zoophycus el cual se desarrolla en un paleo-ambiente de mar profundo (Seilacher, 1954), aunque frey *et al.* (1990) lo redefinió y agrega que esta icnofacies se hallaban relacionada además a factores dinámicos. En resumen, la condición dominante de la icnocoenosis de Zoophycos es la baja energía hidrodinámica, escasa circulación de agua, pero abundante materia orgánica en los sedimentos (Osgood y Szmuc, 1972). Véase en la figura 7.3 los diferentes tipos de estructuras orgánicas según las distintas profundidades.

En un recuento histórico, Vivas y Macsotay (1993,1999) ya habían descrito la icnofacies Zoophycos para esta secuencia del Cretáceo Superior, Formación Río Chávez, sin embargo, es importante destacar que en la literatura actual esta facies está siendo clasificada bajo el siguiente medio de origen: son de ambiente marino en zona batial, de baja energía y desarrolladas en rocas mudstone, Bromley (1996).

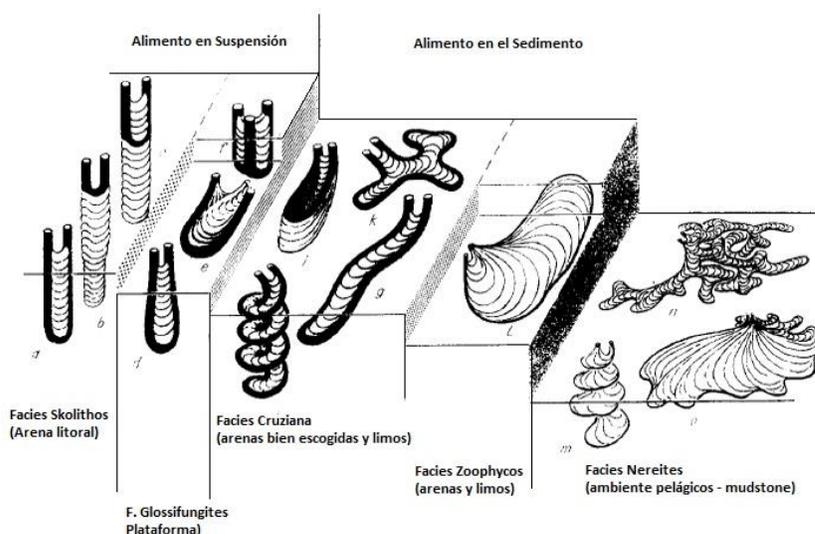


Fig. 7.3: Tipos de estructuras sedimentarias orgánicas de acuerdo a las profundidades. Tomada de Corrales *et al.* (1977).

7.1.7.- Estructuras sedimentarias diagenéticas

Las estructuras sedimentarias han sido clasificadas en dos grupos, las de precipitación donde se encuentran los nódulos, las concreciones, las rosetas las esferulitas, las geodas, y las septarias, mientras que las de disolución son los estilolitos, las superficies estilolíticas, impresiones en granos y cantos de arena, superficies suaves y finalmente conos encajados.

Para las unidades litoestratigráficas descritas en superficie se determinaron concreciones para la Formación Querecual, donde la presencia de chert es de mayores proporciones hacia el tope de la unidad, cerca del contacto con la unidad supradacente; Esto implica que dicho mineral se produjo a altas profundidades, cuya génesis probablemente es contemporánea a la sedimentación de la roca, en donde la roca sufre un proceso de deshidratación por la compactación, proceso que se describe por Corrales *et al.* (1977).

Mientras que para la Formación Río Chávez se hace frecuente la descripción de nódulos y concreciones de chert, con forma discoidal, la presencia de esta estructura es indicativa de ambiente anóxico de alta profundidad, donde se tiene un proceso de reemplazamiento de los sedimentos de que componen la roca por sílice (Chert), Corrales *et al.* (1977).

7.1.8.- *Minerales traza de ambientes sedimentarios*

Para las secuencias fue posible el reconocimiento de tres importantes minerales como componentes de las rocas estudiadas:

Glauconita, se encuentra en bajas proporciones en las secciones petrográficas de la Formación Río Chávez, la presencia de este mineral indica ambientes marinos en donde su proceso de formación está asociado a condiciones anaeróbicas o reductoras, asociándose a la existencia de sulfuro de hierro, aunque no está estrechamente relacionado a esta última característica. El origen de este mineral se forma a profundidades cercanas a los 50 metros por debajo del nivel de mar, aunque algunos autores refieren que dicho mineral se asocia a profundidades mayores entre los 400 a 600 metros por debajo del nivel del mar, Pettijohn (1970). El proceso de formación de la glauconita asociado con la formación de nódulos infiere profundidades de formación entre los 50 a 1000 metros, aunque son más frecuentes entre los 300 a 400 metros, Corrales *et al.* (1977).

Pirita, sulfuro de hierro, cuya formación está asociada a procesos hidrotermales a temperaturas intermedias, y reacciones acuosas de hierro y sulfuro a temperatura ambiente, donde puede agruparse con ambientes anóxicos y posterior a la sedimentación; Se desconoce la etapa diagenética de la roca a la cual se forma la pirita.

Chert, mineral de sílice, cuya proceso de formación es diagenético tardío con dos posibles enriquecimientos de sílice: precipitado por saturación en el agua intersticial o por restos de restos de esqueletos de microorganismos, esta última hipótesis es la más aceptada tanto para sedimentos terrígenos como para fangos carbonatados; las unidades estudiadas se describe este proceso a partir la zona de transición entre las formaciones Querecual y Río Chávez, siendo característico en esta última mencionada.

7.1.9.- *Distribución batimétrica de acuerdo al contenido fósil*

Para la Formación Querecual el registro fósil de foraminíferos plantónicos *Hedbergella*, *Heterohelix*, *Praeglobotruncana* y *Rotalipora*, son indicativos para un origen marino, de plataforma externa a talud medio, lo cual había sido anteriormente mencionado por autores que han sido recolectados por el L.E.V. (1997).

La presencia en la Formación Río Chávez de especies fósiles y sus estudios para su interpretación paleo-geográfica, se tienen los géneros *Heterohelix*, *Globotruncana*, *Rugogloberina* y *Globorotalia* como especies de foraminíferos plantónicos, sumado a especies bentónicas, *Gavilinella* y *Neobulimina*, los cuales en conjunto indica ambiente de origen marino, plataforma externa a batial superior (aguas profundas).

Véase loa anexos de Batimetría elaborados en este estudio para la Formación Querecual y Río Chávez.

7.2.- *Aplicación de “Tipos de Plataforma Carbonáticas: Una aproximación Genética” de L. Pomar (2001)*

L. Pomar (2001) realiza un enfoque genético considerando la variabilidad de los depósitos entre plataformas carbonatadas, a tal efecto describe cuatro parámetros intrínsecos para evaluar la distinción en los tipos de plataforma, los cuales considera

fundamentales la caracterización de su modelo; el autor considera parámetros y su posterior evaluación de plataformas carbonáticas antiguas y actuales. Los aspectos a considerar se enumeran y describen a continuación, como resumen del trabajo de L. Pomar (2001):

a.- *factores que afectan al desarrollo de las plataformas de carbonatos*, todas las aproximaciones sintéticas a la clasificación de las plataformas carbonatadas se realizan de acuerdo con las características fisiográficas/morfológicas, tales como el perfil depositacional, el tamaño y la fijación o el desprendimiento a la masa terrestre y, como en el caso de las plataformas ahogadas, según la evolución a través del tiempo. Sin embargo, no se consideran factores genéticos en estos enfoques sintéticos, aunque las plataformas carbonatadas están limitadas por el clima, la morfología, el ancho, la circulación y la orientación del margen.

Todos estos factores fundamentales pueden reorganizarse de acuerdo con su influencia en el desarrollo de la plataforma carbonatada: 1) El apego o desprendimiento depende de factores extra-cuencas, como la topografía antecedente y el ajuste tectónico. 2) El tamaño de la plataforma está controlado en gran medida por los ciclos de nivel del mar de orden inferior, así como por la topografía heredada y el ajuste tectónico. 3) El perfil de deposición, además de todos los factores anteriores, también la plataforma depende del lugar de acumulación, que a su vez depende del tipo y cantidad de sedimento de carbonato que se está produciendo, los loci de producción y el régimen hidráulico y la energía. Además, la producción de carbonato depende de las condiciones intra-cuenca (temperatura, disponibilidad de nutrientes, salinidad, concentración de oxígeno, etc.). 4) La evolución a través del tiempo afecta a todos los factores anteriores, pero también incluye la evolución biológica.

b.- *Perfil de equilibrio de la plataforma*, en los sistemas de deposición, los patrones de estratos y la arquitectura de facies se desarrollan en respuesta al flujo de sedimentos, que depende de la velocidad y localización de los sedimentos, la energía

hidráulica y la movilidad de los sedimentos (tamaño y densidad de grano) y el espacio disponible para la acumulación de sedimentos. El alojamiento depende de: (1) nivel de base (un equilibrio dinámico entre la energía hidráulica y el suministro de sedimentos); (2) perfil de deposición de la topografía antecedente (morfología del suelo de la cuenca); Y (3) cambios relativos del nivel del mar.

c.- *Proporción depositacional en carbonatos: un enfoque genético*; la mayor diversidad de perfiles de depositación y distribución de los cinturones (de facies) refleja diferencias importantes en los factores genéticos. Debido a que la energía hidráulica depende de las condiciones oceanográficas en la cuenca, las diferencias entre los sistemas carbonáticos y terrígenos deben relacionarse con las diferencias en la entrada de sedimentos. En consecuencia, en un régimen de nivel de mar estable, la variabilidad de los perfiles de deposición entre las plataformas carbonatadas puede considerarse como el equilibrio entre los diferentes tipos de sedimentos que se producen, los lugares de producción de sedimentos y la energía hidráulica. La dispersión de sedimentos depende de la interacción entre el tipo de sedimento (densidad relativa, tamaño y forma de los granos) y la energía hidráulica en los *loci* de producción, y es frecuentemente modificada por procesos biológicos (unión, desconcierto, etc.) y cementación.

d.- *Producción y dispersión de los carbonatos*, los componentes esqueléticos bentónicos son los constituyentes más llamativos de las plataformas carbonatadas, mientras que la producción significativa de carbonatos ocurre en los océanos abiertos, principalmente a partir de la producción planctónica. La producción de carbonatos directamente (organismos autotróficos y mixotróficos) o indirectamente (organismos heterótrofos) depende de la fotosíntesis y, en consecuencia, de la penetración de la luz en la columna de agua. La producción de carbonato no esquelético, como las pellets fecales y las ooides, también es significativa, aunque se produce principalmente en condiciones de poca profundidad. Esta dependencia de la producción de carbonatos sobre la penetración de la luz permite considerar tres grupos principales de biota

bentónica de acuerdo con la dependencia de la luz, aunque hay muchos otros parámetros ecológicos involucrados en el control del rango batimétrico de distribución biótica en el fondo marino.

1) La biota eufótica o fótica, se refiere a organismos (autótrofos y mixotróficos) que necesitan condiciones de luz relativamente altas y viven en entornos de aguas poco profundas (la zona eufótica). Esta zona puede ser agitada o de baja energía (lagunas). Su límite inferior puede definirse como la profundidad máxima de crecimiento de coral hermatípico vigoroso (por ejemplo Milliman, 1974, Hallock & Schlager, 1986). La profundidad máxima de esta zona es de unos 40 ± 50 m en aguas muy claras, y más comúnmente de unos 20 ± 30 m. Las algas verdes y los corales son los grupos más característicos de la biota eufótica en los mares modernos. Otros organismos extintos como los estromatoporoides y los rudistas, aunque su dependencia con la luz es incierta (Wood, 1993), también fueron probablemente características de la zona eufótica.

2) La biota oligofótica se refiere a organismos (autótrofos y mixotróficos) que pueden habitar ambientes con bajos niveles de luz. Pueden vivir en zonas sombreadas de aguas someras o más profundas en la cuenca. En la cuenca, esta "zona oligofótica" se caracteriza por una disminución de la luz y a veces de la temperatura (Milliman, 1974). El límite inferior de esta zona depende del coeficiente de penetración de la luz en el agua de mar, pero se encuentra típicamente en el margen de profundidad de 50 ± 100 m en aguas claras. Las algas rojas y un número de foraminíferos más grandes son características de esta zona. La zona oligofótica puede ser agitada durante las tormentas, pero las corrientes pueden desempeñar el papel principal en el movimiento y transporte de sedimentos.

3) Biota foto-independiente se refiere a los organismos heterotróficos que no requieren luz. Pueden vivir en cualquier ambiente, dependiendo de factores limitantes tales como requerimientos de sustrato, suministro de alimentos, desplazamiento

competitivo, temperatura, salinidad o energía hidráulica. Bryozoans, moluscos, crinoides, braquiópodos y esponjas son características de esta biota.

TIPOS DE PERFIL DEPOSITACIONAL

Las sucesiones de las plataformas carbonatadas contienen un amplio espectro de perfiles depositacionales entre dos miembros finales: depósitos con bordes y rampas homoclinales (Fig. 7.4). Para explicar esta variabilidad, se puede considerar un gran número de posibles escenarios de interacción entre los tipos de producción de sedimentos y la energía hidráulica. Sin embargo, por simplicidad, sólo unos pocos escenarios son considerados y todos ellos se producen exclusivamente en un sistema dominado por olas unido a una forma terrestre.

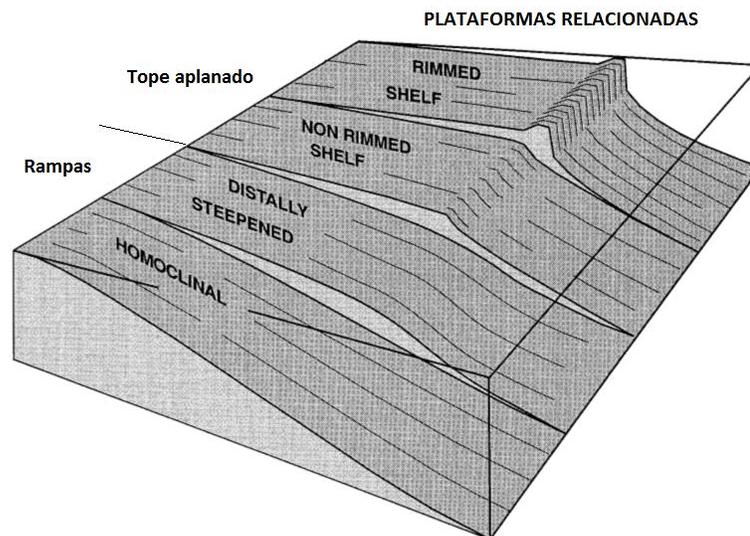


Fig. 7.4: Tipos de plataformas carbonáticas de acuerdo a L. Pomar (2001). Traducción, Homoclinal: Homoclinal, Distally Steepened: Distalcialmente con tope aplanados, Non Rimmed Shelf: Superficies sin bordes; Rimmed shelf: Superficies con bordes.

Arquitectura producida por biota eufótica, un primer escenario a considerar es la biota eufótica de la estructura, como los arrecifes de coral modernos, que domina la zona de alta energía de poca profundidad. En este contexto, el armazón producido por

esqueletos de gran tamaño y organismos incrustantes resistirá a la acción de las olas y, por consiguiente, puede desarrollarse una acumulación rígida en la zona de máxima energía de las olas hasta el nivel del mar.

Otros tipos de plataformas enmarcada en bordes, el borde rígido en el margen de la plataforma puede ser producido ya sea por esqueleto orgánico construido por un marco de roca, por cemento químico/bioquímico, o por ambos. A través de las plataformas fanerozoicas, con bordes de marcos, muy diferentes a las modernas plataformas de arrecifes, se desarrollaron como resultado de las diferencias en ambos tipos de procesos de producción de cuadros (bióticos y/o químicos) y loci de producción.

Biota productora de grava en la zona eufótica, otro escenario posible a considerar es un sistema de carbonatos dominado por esqueletos de gránulos a escombros o incluso por bloques de roca. Estos esqueletos grandes fueron producidos en la zona eufótica por el hábitat de la plataforma de sustrato blando, como los rudistas, corales y estromatoporoides en algunas plataformas Mesozoicas. Dependiendo del régimen hidráulico, los bioclastos de grano fino a grueso pueden ser desprendidos de la plataforma, construyendo una pendiente de deposición, mientras que los esqueletos de tamaño de grava permanecerán sobre todo en la plataforma. Estos grandes esqueletos también pueden actuar como barrera hidrodinámica en depósitos hacia la parte exterior, si producen alguna elevación del margen, pero actúan principalmente como una zona de disipación de energía hidráulica. De este escenario de producción y dispersión de sedimentos resultará un tipo de plataforma de carbonato abierta.

Biota productora de grava en la zona oligofótica, otro escenario posible a considerar es un sistema carbonatado que produce sedimento de grano grueso más profundo en la zona oligofótica, como puede ser el caso con algas rojas y algunos foraminíferos mayores, particularmente durante el Terciario. En este contexto, los componentes esqueléticos de grano grueso producidos en la zona eufótica poco profunda pueden

aglomerarse hasta alcanzar el próximo equilibrio depositacional, pero posteriormente se desplazarán hacia abajo y en el mar en respuesta a tormentas y corrientes. Sin embargo, los esqueletos gravelizados producidos en la zona oligofótica más profunda se acumularán principalmente in situ, siendo sólo episódicamente movidos por corrientes o durante tormentas excepcionales. En este escenario, el locus principal de deposición se localizará hacia abajo, a una profundidad de agua particular, en la zona oligofótica. Allí, se formará una pendiente como resultado del aumento de la velocidad de sedimentación resultante de la acumulación tanto de componentes esqueléticos "in situ" de tamaño de grava como de sedimentos arraigados barridos de la zona eufótica más superficial. El resultado será una rampa distalmente acentuada (véase fig. 7.4), con el ángulo de la pendiente, obviamente, dependiendo del arreglo sedimentario (Kenter, 1990) y la intensidad y frecuencia de la tormenta/corriente (procesos de reelaboración).

Biota productora de lodo, otro escenario a considerar es un sistema de carbonatos dominado por la producción de carbonato de grano fino. Los sedimentos producidos en la zona eufótica poco profunda se desprenderán fácilmente del estante, pero los sedimentos producidos en la zona oligofótica son más o menos dependientes de la profundidad de la "acción erosiva con base de onda" (Sonnenfeld & Cross, 1993) pueden permanecer en su mayor parte en su lugar. No obstante, las corrientes de baja velocidad pueden mover las finas hacia aguas más profundas. Wright y Faulkner (1990) fueron los primeros en formular hipótesis sobre las bajas tasas de producción de carbonatos en aguas poco profundas y una producción más uniforme con profundidad para explicar el origen de las rampas homocinales durante el Carbonífero. El ángulo de reposo del sedimento grano es muy bajo (Kenter, 1990) y el perfil de deposición resultante del sistema dominado por lodo será rampa homoclinal. Sin embargo, el transporte hacia abajo del carbonato producirá una protuberancia sutil, resultante del aumento de la sedimentación en la rampa central. El gradiente de la pendiente será una función del tamaño del grano. Este es, de hecho, el patrón común en muchas sucesiones de rampa antiguas, en las que el volumen de

sedimentos carbonatados en la zona de la rampa media está compuesto en gran medida de lodo y excede al de la rampa interna (Burchette y Wright, 1992). De acuerdo con el régimen hidráulico y los procesos de disipación de energía en la zona dominada por fricción de ondas, los componentes de grano grueso pueden acumularse en entornos de aguas poco profundas como depósitos de playa o de bancos de arena.

Biota productora de carbonato foto-independiente, los organismos heterotróficos que no requieren luz, como los bryozoarios, crinoides, braquiópodos y esponjas, han sido importantes productores de carbonato a través del Fanerozoico. Han sido particularmente significativos durante los tiempos en que los metazoos de formación de armazones eran raros o ausentes y, de acuerdo con el modelo de limitación de nutrientes de Wood (1993), como alimentadores de productores primarios planctónicos, durante períodos de aumento del suministro de nutrientes. Sin embargo, su potencial de preservación puede ser bajo porque el aumento del suministro de alimentos también aumenta las tasas de bioerosión (por ejemplo, Hallock, 1988). Pueden vivir y ser abundantes en la zona fótica superficial y ondulada o en la zona afótica de baja energía dependiendo del suministro de alimento u otros factores limitantes.

Aquí se pueden considerar dos escenarios principales. Si la producción de carbonatos se produce en la zona poco agitada, la reelaboración y el desprendimiento de la capa inferior producirán un perfil de deposición intermedio entre la plataforma abierta y la rampa homoclinal, dependiendo del tamaño dominante de los componentes esqueléticos (Kenter, 1990) y del régimen hidráulico. Si la producción de carbonatos se produce por debajo de la base del barrido de onda/corriente (acción erosiva con base de ola), el producto resultante puede ser un montículo que se aglomerará hasta alcanzar el nivel de barrido y, a este nivel, los flancos comenzarán a progresarse. Un ejemplo de un estante abierto compuesto de bioclastos de grano grueso de biota foto-independiente es el estante de Tierra Blanca en las montañas de Sacramento, Nuevo México. Es un prisma grueso de encrineta con una ruptura de pendiente definida

formada por deposición pasiva durante un período de relativa estabilidad tectónica (Ahr, 1989).

Los montículos de barro de carbonato han sido abundantes desde el último Precámbrico a través del Paleozoico y declinaron tanto en diversidad como en abundancia durante el Mesozoico, desde el Triásico hasta el Cretácico (Bosence & Bridges, 1995). El papel que desempeñan diferentes biomas microbianos y metazoarios, algunos procesos diagenéticos tempranos tales como la calcificación del filamento y la degradación, así como la precipitación del cemento, en la creación de una variedad de estructuras y de texturas del meso y de micro-escala está bien documentado (Monty, 1995).

Clasificación de las Secuencias Estratigráficas de la Formación Río Chávez y Formación Querecual para el Modelo “Tipos de Plataforma Carbonáticas: Una aproximación Genética” de L. Pomar (2001)

De menor a mayor edad

Formación Querecual: Para los cuatro factores explicados para *Modelo de Clasificación de L. Pomar (2001)* estos han sido analizados para la secuencia carbonática base del Cretáceo Tardío en la región de estudio, los puntos son los siguientes:

a.- *Factores que afectan al desarrollo de la plataforma de carbonatos*, dentro de este punto la historia menciona la importancia del análisis de las características paleo-ambientales y topográficas antes del desarrollo de una plataforma carbonática para la secuencia de Querecual. En tal sentido, la unidad infra-adyacente fue definida como la Formación Chimana, considerada por Macsotay (1980) de origen marino, plataforma externa a batial superior (?), de acuerdo a Vivas (1987) “consiste de una serie predominantemente lutítica (85%), la cual presenta intercalaciones de capas

delgadas de marlitas lenticulares, areniscas cuarzosas y glauconíticas, lentes de limolita ferruginosa, concreciones y septarias ovoidales, de diámetro centímetro, constituidas de marlitas y arcilitas clacáreas-verde oliva.”

Vivas (1987) menciona que *la Formación Chimana suele variar su espesor de 50 a 225 m en el Archipiélago Guaiquerí Manare*, por lo que la cuenca presenta variaciones de profundidad lateralmente; esto evidencia que las secuencias habían desarrollado mayores espesores en zonas más que en otras o que la influencia tectónica para la región influyo en el desarrollo depositacional. De acuerdo a los afloramientos descritos, en la Isla Borracha, Vivas (1987) describe una secuencia de 60 m de espesor a la parte occidental, para este trabajo los afloramientos descritos en la Isla Chimana Grande se midió un espesor máximo de 150 m, pero que suele variar debido a la configuración espacial de los afloramientos con relación a la complejidad estructural actual, Von Der Osten (1954) había reportado un espesor máximo de 139 m hacia la parte oriental de la referida isla. Para la zona de Cumana en el estado Sucre no se presenta la secuencia de Chimana, la Formación Querecual descansa sobre la secuencias superiores de la Formación Barranquín.

De lo anterior, se considera que la Formación Chimana se restringe a la parte oriental del Archipiélago Guaíquerí-Manare, véase los mapas Barcelona, Santa Fe y Cumaná en Benaím y Caicedo (2008) y Apéndice G “Correlación Estratigráfica Regional de la formaciones Río Chávez y Querecual en la Serranía Interior Tramo Oriental” de este trabajo.

Según las características mencionadas, se interpreta una plataforma con anomalías en su paleopropundidad, es decir, variante, sin embargo fue una plataforma donde se desarrolló fauna de moluscos bentónicos, ammonites (en gran número), gasterópodos y bivalvos, citado en Vivas (1987, pág. 72), por lo que fue una plataforma abierta, y cuyas organismos habitaron profundidades de 320 ± 20 m, Macsotay (1980) en Vivas

(1987). Se destaca que estos organismos son generadores de sedimentos carbonáticos (producción de carbonato).

El perfil de equilibrio para la Formación Chimana está por encima o superior de la línea base de equilibrio, esta línea se define como la superficie límite de acción (parte superior) y des-acción (parte inferior) de las corrientes marinas (sin influencia de tormentas y acciones del oleaje), esto se evidencia por el contraste litológico al describir la Formación Chimana, se destaca la sedimentación siliciclástica: arenisca cuarzosa, marlitas y limolitas ferruginosas, esto hace suponer un transporte de los sedimentos a zonas más profundas, sin embargo el 85% de la presencia de lutitas en la Formación Chimana es convincente para deducir una profundización de la cuenca “etapa transgresiva”, en donde la arquitectura sedimentaria esta influenciada por sedimentos menores, que generan secuencias cada vez más representadas por sedimentos finos.

Se destaca que la secuencia para la Formación Chimana, en sus características genéticas se describe el desarrollo de un hábitat en una zona de Biota Oligofótica, que evolucionan a un hábitat más profundo.

De acuerdo a los tipos de plataformas descritos en el Modelo Genético de L. Pomar (2001), la Formación Chimana se enmarca en *Biota productora de grava en la zona oligofótica*.

De esto, la Formación Chimana se estaría desarrollando en una plataforma de *Biota productora de grava en la zona oligofótica*, cuya herencia de procesos de depositación evoluciona durante una etapa transgresiva y cuyas profundidades son variantes de este a oeste (sin distinguir las mayores o menores, las cuales dependerán de los componentes genéticos de la secuencia de Querecual).

b.- *Perfil de equilibrio de la plataforma*, para la secuencia descrita para la Formación Querecual la línea base de equilibrio está relativamente en su parte superior, véase la fig. 7.5.

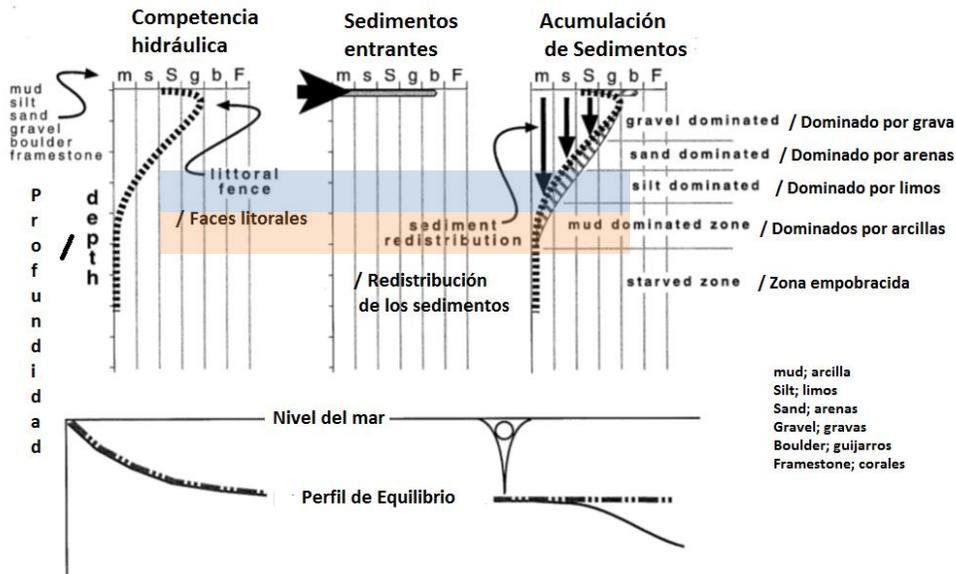


Fig. 7.5: Relación de la competencia hidráulica, los sedimentos entrantes y la acumulación de sedimentos con respecto del perfil de equilibrio, tomado y modificado de L. Pomar (2001).

De acuerdo a la fig. 7.5, se muestra las características líticas y su relación con la competencia hidráulica, de acuerdo al gráfico las características líticas que describe la secuencia de Querecual muestra que estas fueron depositadas a profundidades relativamente considerables, el recuadro azul muestra la zona correspondiente para el Modelo de L. Pomar (2001), asimismo es importante considerar que para la cuenca los sedimentos entrantes y su acumulación, la cual es dominada por los limos, hacia la parte inferior de la figura se muestra un gráfica del Perfil de Equilibrio, en la cual si se relaciona los tres parámetros anteriores, la Formación Querecual estaría por encima de este la línea. El recuadro naranja corresponde a la Formación Río Chávez.

c.- *Proporción depositacional en carbonatos: un enfoque genético*; de acuerdo a las descripciones presentadas en el capítulo IV, la secuencias que describen la Formación

Querecual es una intercalación de limolitas calcáreas y marlitas o calizas, las cuales presentan laminaciones que pueden ser observadas a escala mesocóspica, pero que a escala micro se puede observar un arreglo paralelo y una disposición de los sedimentos paralelos a las capas, por lo que la energía hidráulica tuvo una influencia relativa para esta arreglo, aunque es de acotar que la energía es leve, además que los sedimentos de menor tamaño quizás fueron transportados desde la línea de costa hasta el interior de la cuenca.

d.- *Producción y dispersión de los carbonatos*, los sedimentos generadores de estas rocas son carbonáticos, una porción es de foraminíferos plantónicos (en su mayoría) y bentónicos (minoritariamente), otros sedimentos lo constituyen fragmentos carbonáticos de fósiles (a escala micro).

Otros elementos, han sido la presencia de bivalvos, la frecuencia de amonitas y de gasterópodos, presentes en toda la secciones estudiadas, y las estructuras sedimentarias químicas abundantes son las concreciones, las cuales tienden a variar de forma desde su parte basal hasta el tope, estas son esferoidales, discoidales y elipsoidales, sus tamaños varían de acuerdo a la posición estratigráfica, hacia la base tienden hacer de mayores dimensiones y comúnmente son discoidales hacia la parte media disminuyen sus dimensiones y sus formas varían a elipsoidales, ya hacia la parte superior son elipsoidales y esferoidales, cerca del contacto con la secuencia supra-adyacente las formas son elipsoidales y amorfas en muchos de los casos y la presencia de azufre es notoria, léase el capítulo IV para mejor especificación.

Por estas razones dadas, se considera que la secuencia de la Formación Querecual está siendo generada por una biota oligofótica, un poco más profunda que la Formación Chimana, donde los procesos siliciclásticos no presentan ningún efecto en la sedimentación, véase la fig. 7.6

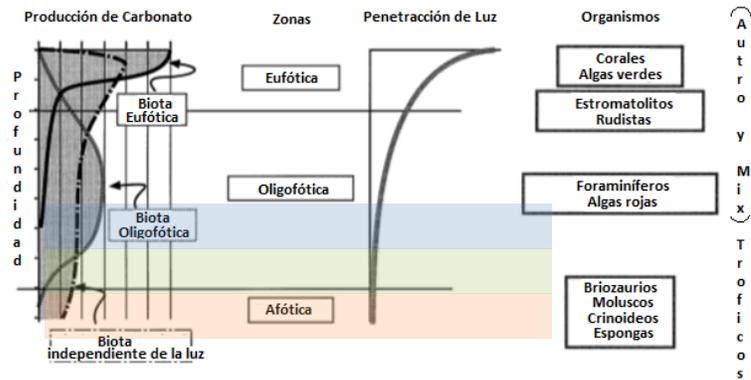


Fig. 7.6: Relación entre la producción calcárea y las zonas bióticas, tomado y modificado de L. Pomar (2001).

La fig. 7.6., se observan tres recuadros, uno azul, uno verde, y otro naranja, el primero de estos corresponde a la Formación Chimana, mientras que la segunda fue remarcada para la Formación Querecual, de acuerdo a las descripciones y los datos de campo. El recuadro naranja corresponde a la Formación Río Chávez.

La fig. 7.7., muestra en la (A) la producción de carbonatos en plataforma oligofótica y eufótica, cuyos sedimentos son llevados a zonas más profundas para su depositación, mientras que la (B) muestra la producción de sedimentos carbonáticos en zonas profundas mayormente y producción de sedimentos carbonáticos con tasas menores para las partes más someras.

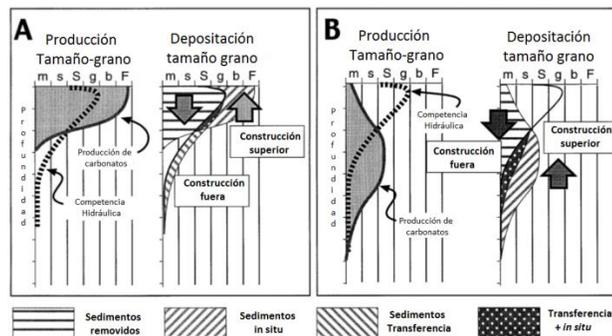


Fig. 7.7: A) Producción de sedimentos carbonáticos hacia la parte interna de la plataforma y llevados a las zonas más profundas, B) sedimentos carbonáticos generados a profundidades mayores que las generadas hacia las partes someras –menos profundas). Tomado y modificado de L. Pomar (2001).

De la fig. 7.7., se deduce que la Formación Querecual por las características líticas y por estudios petrográficos, se corresponde con el gráfico (A).

La Formación Querecual corresponde por las características antes descritas a una zona *Biota productora de lodo*.

Formación Río Chávez:

a.- *factores que afectan al desarrollo de las plataformas de carbonatos*, la unidad anterior al desarrollo depositacional de la Formación Río Chávez es la Formación Querecual, esta última se describió y aplico la clasificación de *Modelos de Plataformas carbonáticas de L. Pomar (2001)*, y cuyo resultado para la clasificación fue *Biota productora de lodo*.

La tectónica no fue remarcada en el desarrollo de estas facies sedimentarias, sin embargo a finales de la depositación de la Formación Río Chávez la cuenca reinvierte la profundización que se estaba desarrollando desde el Cretáceo inferior (Formación Barranquín), y se vuelve regresiva, por lo que no se tiene evidencia de secuencias (destrucción de la cuenca) hasta el Plioceno según Vivas y Macsotay (1996), esto puede ser influencia de la tectónica (mayor), con respecto de la relación con la subsidencia y/o regresión/transgresión.

De acuerdo al estudio, la Formación Querecual está desarrollada en una zona oligofótica, desarrollada en una zona de borde de bajo ángulo; se asume este último parámetro por la disposición de las capas de limolitas y calizas o marlitas, las cuales están depositadas sobre una superficie inclinada, al considerar esta característica y al progresar un régimen transgresivo de las aguas, la siguiente secuencia sedimentaria tendría una plataforma horizontal, la cual es la herencia por los procesos genéticos de la cuenca.

b.- *Perfil de equilibrio de la plataforma*, de acuerdo a los estudios petrográficos y la descripción de los afloramientos para la secuencias sedimentarias de la Formación Río Chávez, se evidencia una depositación más tranquila de sedimentos menores en tamaño (tipo mudstone, véase la clasificación petrográfica de las muestras en el capítulo IV y la fig. 7.5).

Para el desarrollo de esta secuencia, las facies sedimentarias se dan por debajo del Perfil de Equilibrio, por lo tanto, no es afectada por la energía hidráulica (la acción del oleaje y/o ciclos de tormentas), sin embargo, solo a escala microscópica se observa una laminación o una disposición de los componentes sedimentarios paralelos con influencia de corrientes hidráulica de muy baja energía.

c.- *Proporción depositacional en carbonatos: un enfoque genético*; La arquitectura de las rocas genera una roca carbonática compacta, tipo mudstone (Dunham, 1962), donde se estuvieron desarrollando foraminíferos planctónicos y bentónicos, cuyo hábitat es de plataforma intermedia a aguas profundas (véase anexo de batimetría de la Formación Río Chávez). La presencia relativa de fósiles disminuye considerablemente con respecto a la secuencia infra-adyacente o anterior.

Se destaca la Facies Zoophycus, la cual se desarrolla en un paleo-ambiente de mar profundo (Seilacher, 1954 y 1958), la condición dominante de la icnocoenosis de Zoophycos es la baja energía hidrodinámica, escasa circulación de agua, pero abundante materia orgánica en los sedimentos (Osgood y Szmuc, 1972).

d.- *Producción y dispersión de los carbonatos*, la producción de carbonatos está relacionado estrechamente por sedimentos carbonáticos in-situ y transportados, foraminíferos bentónicos y plantónicos, y fragmentos de algas. La secuencia se depositó en una zona de Biota afótica o foto-independiente. Véase la fig. 7.6.

Por las características anteriores, la Formación Río Chávez de acuerdo al Modelo de L. Pomar (2001) corresponde a una zona de *Biota productora de carbonato foto-independiente*. Véase el anexo XI: Interpretación de paleo-profundidad y ambientes en los perfiles de plataforma por parámetros genéticos.

7.3.- Ambiente Sedimentario y Análisis de Cuenca

De acuerdo a los puntos estudiados como referentes para la interpretación de los ambientes sedimentarios que se desarrollaron durante la depositación de las unidades litoestratigráficas del Cretáceo Tardío, se menciona lo siguiente:

a.- En el Cretáceo Medio cesa la sedimentación de ambiente de plataforma que venía desarrollándose para la acumulación de los sedimentos de la Formación Chimana, de acuerdo a estudios anteriores, para el sector de estudio.

b.- La sedimentación o las facies sedimentarias habrían sido asentadas en una plataforma (base) relativamente sin variaciones en batimetría contrastantes para la región estudiada, de acuerdo al anexo que se refiere a las correlaciones de las secuencias levantadas se presentan sedimentación que indican períodos rápidos en la variación del nivel del mar o profundización de la cuenca, sin contraste en la variación de sus componentes litológicos.

c.- Por la presencia de micro-organismos se interpreta la profundización paulatina de la cuenca, los foraminíferos planctónicos son más abundantes en ambientes profundos, son pocas las especies bentónicas que se desarrollan para el ambiente señalado. Se destaca que de acuerdo al estudio petrográfico, con especificaciones bioestratigráficas, se sugiere en estos que para la Formación Río Chávez el número de especies que habitaron bajo estas condiciones habrían disminuidos considerablemente al compararse a la biota que se desarrolló durante la ecología de la Formación Querecual, la cuales fueron contrastantemente mayores.

d.- El estudio por los Cinturones de Wilson indica que las características descritas para las unidades del Cretáceo Tardío se encuadran para la Formación Querecual en un ambiente que esta desde Plataforma Marginal a plataforma de mar abierto, lo cual interpreta que las facies desarrolladas en un principio fueron profundizándose de manera gradual, hasta alcanzar ambiente de plataforma de mar abierto a cuenca, de forma transicional, donde se desarrolló la Formación Río Chávez, esto evidentemente son profundidades entre los 2000 a 4000 m. por debajo del nivel del mar, sin embargo la secuencia no llegaría a este último margen de profundidad mencionado durante su proceso de formación.

e.- Las secuencias descritas para las unidades, mencionadas en el capítulo IV, las capas presentaban gran extensión lateral donde los extremos presentaban continuidad lateral si una capa con similares características solapaba en su extremo, haciendo la continuidad de las mismas. Por lo que las condiciones de depositación solo variaron en profundidad mas no en condiciones que alteraran el proceso de formación de las capas. Asimismo, por el estudio petrográfico se observa que los sedimentos provienen de la parte sur de la región, siendo constante durante el estudio, a excepción de las facies sedimentarias desarrolladas en los alrededores de la isla borracha, cuyas profundidades de formación fueron mayores, y el proceso de formación de las concreciones fue ideal para desarrollarlas entre 1 a los 2,5 metros de diámetro mayor. Por lo que respecta a esta última consideración, para la cuenca se interpreta que este sector fue relativamente de mayor profundidad en su formación, o que en su defecto el proceso de formación de las concreciones fue de mayor intensidad en sus componentes.

f.- Griffiths (1967) en su modelo describe que las cuencas que presenten sedimentos de granulometría limo y poca variedad en su mineralogía, son indicativos de sedimentos que han sido transportados de zonas lejanas, o en su defecto son generados in-situ (común para las calizas o marlitas); de esta primera premisa se tiene la madurez para

ambas categorías mencionadas. Se destaca de igual forma, que los márgenes más alejado en un ambiente marino son el batial y el abisal, por lo que, por este punto, se interpreta que las formaciones estudiadas fueron desarrollados en estas condiciones sedimentarias y paleo-geográficas mencionadas, evolucionando en una etapa de profundización de la cuenca.

g.- Las facies Zoophycus permite interpretar un ambiente de aguas profundas para la Formación Río Chávez.

h.- Las concreciones y nódulos de chert en la formación Río Chávez son formados en un ambiente anóxicos de aguas marinas profundas, donde sus condiciones de depositación fueron tranquilas (se corresponde a la petrografía estudiada para la Formación Río Chávez – Mudstone en su mayoría -), y la sustitución de los componentes por sílice fueron ideales.

i.- El chert presente hacia el tope de las facies sedimentarias de la Formación Querecual indica la profundización de la cuenca y las condiciones generadoras para la formación de chert (sílice), asimismo el paso transicional a las condiciones paleo-ambientales que dieron origen a la Formación supra-adyacente, Formación Río Chávez.

j.- Glauconita es autigénico y de formación en aguas frías, la presencia de este mineral en la petrografía para la Formación Río Chávez indica un ambiente de aguas profundas, entre los 200 a 1000 m bajo el nivel del mar.

k.- Pirita, la pirita son indicativas de ambientes anóxicos en la cuenca. Los estudios petrográficos son indicativos de varios ambientes anóxicos durante o posterior a las secuencias de la formación Querecual. En este contexto los autores Patricia Lugo, Irene Truskowski, Liliana López, Salvador Lo Mónaco (2009) refieren una

investigación, en donde uno de sus objetivos principales fue estudiar las condiciones redox (oxido reducción) de la Formación Querecual.

l.- De acuerdo a los fósiles recolectados e identificados en la petrografía elaborada para las unidades del Cretáceo Tardío, se sostiene que la Formación Querecual fue producto de un proceso sedimentario marino, de plataforma externa a talud medio. Mientras que la Formación Río Chávez se desarrolló en ambiente de origen marino, plataforma externa a batial superior. Ambas unidades estratigráficas se estuvieron desarrollando en una etapa de profundización de la cuenca.

m.- La correlación estratigráfica de las unidades se basó en la comparación de las unidades en el espacio, partiendo de la descripción litoestratigráfica y su contenido fósil (como principal aspecto de correlación), y esta se fundamenta en las características descritas en las columnas estratigráficas con las respectivas divisiones para cada una de las unidades. Véase en el anexo VI: la correlación espacial de las unidades por sección levantada.

n.- De acuerdo al tipo de plataforma de L. Pomar (2001) la Formación Querecual se desarrolló en una Plataforma Distancialmente aplanada “Distally Steepened”, las secuencias que definen la Formación Querecual se desarrolló en un sistema transgresivo, desde al borde la plataforma a la rampa (talud), y con bajo ángulo del plano o cuenca sedimentaria; la transgresión continuo y comenzó a desarrollarse en zonas más profundas las secuencias de la Formación Río Chávez, aunque el proceso transgresivo situó la cuenca sedimentaria en una zona relativamente horizontal comparada con la secuencia infra-adyacente. Véase Anexo VIII: Extensión Paleogeográfica de la Formación Querecual y Formación Río Chávez.

En la tabla 7.3 se muestra el contenido fósil o la identificación de los organismos para cada una de las secciones petrográficas (con interés bioestratigráfico), asimismo puede observarse si corresponde a foraminíferos plantónicos o bentónicos; de la

misma manera se muestra la abundancia relativa de los organismos presentes al nombrarlos en las secciones petrográficas, sin embargo esta característica no fue desarrollada en la investigación como cuantificación absoluta, sino cuantificación relativa (como se definió en este capítulo en el apartado de la abundancia relativa de foraminíferos bentónicos con respecto a los plantónicos).

Tabla 7.3: Identificación de los foraminíferos plantónicos y bentónicos de acuerdo a la sección petrográfica.

Unidad Litoestratigráfica	Muestra		Foraminíferos Plantónicos	Foraminíferos Bentónicos
	Muestra de Mano	Muestra Petrográfica		
Formación Querecual	M-46	M46 Paralela	<i>Globigerinelloides sp.</i> <i>Heterohelix globulosa</i> <i>Heterohelix reussi</i> <i>Heterohelix sp.</i>	-
	M-83	M83 Perpendicular	<i>Globigerinelloides bolli</i> <i>Globigerinelloides sp.</i> <i>Heterohelix globulosa</i> <i>Heterohelix reussi</i> <i>Heterohelix sp.</i> <i>Rotalipora appenninica</i> <i>Ticinella primula</i>	<i>Simplalveolina simplex</i>
	M.23	M23 Perpendicular	<i>Heterohelix sp.</i>	-
	M.14	M14 Paralela	<i>Globigerinelloides sp.</i>	-
	M-51	M51 Perpendicular	<i>Biticinella breggiensis</i> <i>Globigerinelloides alvarezi</i> <i>Globigerinelloides sp.</i> <i>Heterohelix reussi</i> <i>Heterohelix sp.</i> <i>Ticinella primula</i>	-
	M.13	MB13 Paralela	<i>Heterohelix sp.</i> <i>Heterohelix globulosa</i> <i>Ticinella primula</i>	-

		<u>Continuación Tabla 7.3</u>		
		MB13 Perpendicular	<i>Heterohelix sp.</i>	
	M.10	MB10 Paralela	<i>Heterohelix globulosa</i> <i>Heterohelix moremani</i> <i>Heterohelix sp.</i>	-
		MB10 Perpendicular	<i>Heterohelix reussi</i> <i>Globigerinelloides sp.</i> <i>Heterohelix sp.</i>	-
	MB1	MB-1 Paralela	<i>Ticinella prímula</i> <i>Globigerinelloides breggiensis</i> <i>Hedbergella simplex</i> <i>Globigerinelloides caseyi</i> <i>Heterohelix reussi</i> <i>Heterohelix sp.</i>	-
		MB-1 Perpendicular	<i>Globigerinelloides caseyi</i> <i>Heterohelix sp.</i> <i>Planomalina buxtorfi</i> <i>Praeglobotruncana stephani</i> <i>Ticinella prímula</i> <i>Whiteinella aprica</i>	-
	MB2	MB2 Perpendicular	<i>Heterohelix sp.</i> <i>Heterohelix reussi</i> <i>Marginotruncata imbricata</i>	<i>Istriloculina sp.</i> <i>Placopsilina cenomana</i>
		MB2 Paralela	<i>Globigerinelloides breggiensis</i> <i>Heterohelix reussi</i>	<i>Bolivininopsis sp</i>
	M77	M77 Perpendicular	<i>Heterohelix reussi</i> <i>Heterohelix sp.</i>	-
		M77 Paralela	<i>Heterohelix reussi</i> <i>Rotalipora appenninica</i>	-
	Formación Río Chávez	M.8	MB-8 Perpendicular	<i>Globigerina frínga</i> <i>Heterohelix moremani</i>

		Continuación Tabla 7.3	
	MB-8 Paralela	-	<i>Gavelinella sp.</i> <i>Neobulimina subregularis</i>
M1	M-1 Perpendicular	<i>Globorotalia conicotruncata</i>	-
	M-1 Paralela	<i>Globigerina fringa</i>	-
M5	MB5 Perpendicular	<i>Globotruncanita elevata</i>	-
	MB5 Paralela	<i>Globigerinelloides prairiehillensis</i> <i>Globotruncana sp.</i> <i>Heterohelix reussi</i> <i>Globorotalia uncinata</i> <i>Globigerina augibina</i>	<i>Gavelinella nacatochensis</i> <i>Istriculina? Sp.</i>
M.7	MB7 Perpendicular	<i>Heterohelix glabrans</i> <i>Heterohelix sp.</i> <i>Globorotalia inconstans</i>	<i>Nezzazata sp.</i>
	MB7 Paralela	<i>Heterohelix glabrans</i> <i>Ventilabrella eggeri</i> <i>Ventilabrella glabrata</i>	-
M20	MB20 Perpendicular	<i>Globorotalia praecursoria</i> <i>Rogoglobigerina reicheli</i> <i>Schackoina sp.</i>	<i>Nezzazata sp.</i>
M31	MB-31 Perpendicular	-	<i>Nezzazata sp.</i>
	MB-31 Paralela	<i>Heterohelix carinata</i> <i>Heterohelix globulosa</i> <i>Heterohelix moremani</i> <i>Ventilanrella sp.</i>	<i>Gavelinella sp.</i>

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1.- Conclusiones

La investigación de las rocas del Cretácico Superior en las Islas Chimanas y Las Borrachas, y el Morro de Barcelona, al norte del estado Anzoátegui, se describen la Formación Querecual y Formación Río Chávez (antes de esta investigación, esta última había sido denominada *Formación San Antonio*), dando importantes aportes con interés estratigráfico y estructural.

Formación Querecual: de acuerdo a la descripción litoestratigráfica para la localidad ha sido una roca homogénea donde se reporta un espesor máximo (en la isla Chimana del Sur) de 200,83 m, representada por intercalaciones rítmicas y cíclicas de limolitas de color marrón oscuro que meteoriza a tonalidades rojizas parduzcas, y calizas y/o marlitas negras que meteorizan a gris oscuro a gris claro con tonalidades rojizas claras con espesores de capas (para el tipo de roca) de pocos centímetros a máximo 5 metros, con concreciones elipsoidales, esferoidales y discoidales, cuyos diámetros mayores no sobrepasaban los 60 cm, a excepción de los reportados para los afloramientos de la Isla Borracha, donde estaban en el orden de los 1,5 a 2 m, y en cuyos casos sus núcleos presentaban moldes de *Ammonites* entre 5 a 50 cm. Para las secuencias del tope fueron descritas calizas o marlitas con chert en pocas cantidades, aunque sus concentraciones suele puntualizarse en las concreciones; Las concreciones varían sus formas de elipsoidales a cilindros achatados, con apariencia a formas de gotas, donde sus dimensiones no fueron descritas mayores a los 10 cm, sin embargo se reportó que los núcleos son sulfurosos y férricos.

El contacto infrayacente y suprayacente es transicional con la Formación Chimana y la Formación Río Chávez, respectivamente. El paleoambiente de esta unidad es de

origen marino, de plataforma externa a talud medio, de acuerdo a los fósiles recolectados y a los estudios planteados para este estudio.

La Edad de la Formación Querecual en las Islas: Chimana Grande, Borracha, Chimana del Sur y Chimana del Oeste se considera que fue un desarrollo sedimentario desde el Albiense Superior hasta el Turoniense, donde han sido identificados especies foraminíferas plantónicas y bentónicas, que han tenido concurrencia en los periodos mencionados.

De acuerdo a los resultados de petrografía, las rocas calcáreas son *wackestone* por la clasificación de Dunham (1962) con considerable presencia de micro-organismos bentónicos y plantónicos, por otro lado para clasificación de Folk (1962) se define como biomicrita o micrita con fósiles; la puntual presencia de chert indica una diagénesis temprana, en condiciones tranquilas.

Se observan estructuras sedimentarias: por orden interno de sus componentes presentan láminas, por presión/disolución estilolitas, y por procesos químicos, las concreciones.

La unidad suprayacente a la Formación Querecual en esta región fue definida por Clemente González de Juana (1948) como la Formación San Antonio (ultima cartografía hasta la fecha), pero de acuerdo a estudios locales propios de esta investigación se redefine la nomenclatura de esta unidad en Formación Río Chávez; Asimismo se realizó la correspondencia de la Formación Río Chávez local a escala regional, corroborando lo escrito por Vivas y Macsotay (1999), donde ha sido incluida dentro del Dominio Archipiélago Guaqueri-Manare que representa la franja norte del estado Anzoátegui (de este a oeste) hasta al norte de Cumana

Para el contexto regional la zonas aledañas a la ciudad de Cumana en su parte sur-este se define la Formación Río Chávez como una secuencia con similares características

a las reportadas para este estudio: paleo-ambientales, litoestratigráficas y de edad; De igual forma las características reportadas por Furrer y Castro (1999) a la franja continental de las rocas del Cretácico Superior, entiéndase Morro de Barcelona o Lecherías, donde sus esfuerzos se enfocan en la re-definición de la Formación Río Chávez como unidad formal.

Por lo tanto, *Los Dominios Tectono-Estratigráficos Del Cretácico-Neógeno en Venezuela Nor-Oriental* definidos por los geólogos Vivas y Macsotay (1995), se corresponden a las unidades descritas por estos mismos autores para el archipiélago Guaquerí-Manare, en especial en las Islas Chimanas y Las Borrachas, donde habían sido reportadas y cartografiadas hasta la fecha como Formación San Antonio, pero de acuerdo a los datos suministrados en esta investigación corresponden a la Formación Río Chávez.

Revisión Cartográfica: Guillaume *et. al.* (1969 y 1972) lo habían cartografiado en la Isla Borracha como Grupo Guayuta, sin diferenciar las formaciones dentro de este, mientras que Clemente González de Juana (1948) lo había cartografiado en la Isla Chimana Grande como Formación San Antonio, en los anexos correspondientes a los mapas Geológicos de esta investigación se cartografía la Formación Río Chávez, para ambas islas. Se destaca que las secuencias descritas en el continente hubo una correlación con rocas de similares edades, pero su descripción lítica no es correspondiente con las reportadas en la zona de estudio.

La Formación Río Chávez se define como una secuencia homogénea de caliza o marlita silíceas (con chert) en donde en el Morro de Barcelona fue medido un espesor de 103 m, mientras que en las Islas Borracha y Chimana Grande el espesor está cercano a los 39 m, y para el sector Los Naranjos en la Isla Chimana Grande (al este) se mide un espesor de 112 m; la presencia de chert es característica de esta formación, las capas van de los pocos centímetros y no sobrepasan los 3 metros.

Como estructuras sedimentarias se observan a microscopio disposición o arreglo de sus componentes en láminas, las cuales no pueden observarse en macro; por otro lado, en frecuente la presencia de vetillas calcíticas o estilolitos, las cuales son generadas por procesos presión/disolución.

El contacto infrayacente es transicional con la Formación Querecual, y discordante con sedimentos del cuaternario sin diferenciar.

La edad de la Formación Río Chávez en la Islas Chimana Grande y Borracha, además del Morro de Barcelona, se consideran como una secuencia sedimentaria desarrollada desde finales del Turoniense (Cretáceo) hasta el Selandiense (Paleoceno), destacando que Vivas y Macsotay (1995) ya habían referenciado el rango de tiempo para la unidad.

Se considera que la Formación Río Chávez es de origen marino, plataforma externa a batial superior (aguas profundas), de acuerdo al registro fósil reconocido para esta investigación, lo había sido anteriormente puntualizado por Macsotay et al (1980).

De acuerdo al tipo de plataforma de L. Pomar (2001) la Formación Querecual se desarrolló en una Plataforma Distancialmente aplanada “Distally Steepened”, las secuencias que definen la Formación Querecual se desarrolló en un sistema transgresivo, desde al borde la plataforma a la rampa (talud), y con bajo ángulo del plano o cuenca sedimentaria; la transgresión continuo y comenzó a desarrollarse en zonas más profundas las secuencias de la Formación Río Chávez, aunque el proceso transgresivo situó la cuenca sedimentaria en una zona relativamente horizontal comparada con la secuencia infra-adyacente.

De acuerdo a las características texturales evaluadas en las secciones petrográficas se define esta roca como *Mudstone*, por la clasificación de Dunham (1962), mientras

que la clasificación de Folk (1962) la enmarca o como biomicrita o micrita con fósiles (foraminíferos).

De acuerdo a la disposición de los elementos topográficos en el espacio y su relación geológica en común fueron definidos tres archipiélagos: *Archipiélago Las Borrachas*, *Archipiélago Morro de Barcelona* y *Archipiélago Las Chimanas*.

Dentro de la estructuras definidas para la región de estudios, y de acuerdo a la cartografía presentada en esta investigación se reportaron: anticlinales simétricos, pliegue tumbado, sinclinales simétricos, pliegues isoclinales y apretados, falla por corrimiento en Borracha (*Despegue Extensional de La Borracha*), falla por corrimiento en Chimana Grande, y el deslizamiento capa sobre capa entre las formaciones Querecual y Río Chávez al sur de Chimana Grande -Sector Puinare-. Las imágenes 2D generadas por las líneas geofísicas por el método eléctrico Dipolo-Dipolo permiten ver el contraste de las respuestas de ambas rocas ante la emisión del campo eléctrico al subsuelo, La Formación Querecual presentó respuestas entre 15 a 35 de resistividad, mientras que la Formación Río Chávez está por encima de 38,5. Las interpretaciones geofísicas permitieron ver el contraste en subsuelo y definir las estructuras en el espacio, afianzando las estructuras geológicas cartografiadas en superficie.

En este trabajo se considera las estructuras geológicas en un nivel superior y medio (*Mattauer M. ,1976*) por el análisis de los esfuerzos, en donde predomina un esfuerzo cortante en su mayoría, de componente unidireccionales (acción/reacción), producto del paso de la Placa Caribe de forma transcurrente este-oeste con componente de incidencia de ángulo de 25° en dirección NWN a SES; Sin embargo los efectos en las geoformas dependerán del estado de esfuerzo como resumen a una serie de componentes puntuales, los cuales genera el contraste geológicos en algunas regiones, ejemplo las estructuras geológicas de la Isla Borracha (pliegues isoclinales

y apretados) con respecto a las estructuras geológicas en la Isla Chimana Grande (pliegues simétricos con la línea de charnela en emersión hacia sus extremos).

Se definen cuatro envolventes de deformación para las Islas Las Chimanas y Las Borrachas, y El Morro de Barcelona:

- Envolvente A: esta superficie es de dimensiones regionales, su superficie contiene como estructuras principales el Despegue Extensional La Borracha, el Corrimiento del Morro de Barcelona y el Corrimiento de Chimana Grande.
- Envolvente B: esta superficie envolvente está definida por pliegues de escala regional, representa estructuras plegadas de grandes dimensiones que envuelven un conjunto de estructuras (como las estructuras definidas de acuerdo a los datos de rumbo y buzamiento medidos en campo para en esta investigación).
- Envolvente C: está representada por estructuras de tercer orden que pueden ser definidas a escala regional local o de detalle, como es el caso de los pliegues del extremo sur de la Isla Chimana Grande, en el sector Puinare.
- Envolvente D: Esta definidas a escala a detalle, como es el caso de las estructuras estilolíticas.

Fueron analizados otros factores indicativos de esfuerzos-deformación en las rocas del Cretácico Superior, como es la descripción de superficies presión/disolución: *Estilolitas (escala macro)*, *Estilolitas (escala micro)*, y *Zona de falla*. El proceso de formación de las estilolitas se debe a los esfuerzos transversales de las componentes principales, donde su magnitud habría sido lo suficiente predominante sobre las otras componentes o dirección de los esfuerzos para la generación del proceso presión-disolución, de tal forma que el efecto es la ruptura de un plano perpendicular a las estructuras plegadas, mientras que la zona de cizalla representan el desplazamiento de bloques de roca a modo de falla, pero sin desarrollo evidente de fallas visibles, siendo las zonas de cizalla regiones de deformación dúctil localizada, a diferencia de las zonas de falla que son regiones de deformación frágil localizada.

El estilo estructural para la región de estudio se define como la evolución estructural del frente tectónico estilo alpino de las Islas Las Chimanas y Las Borrachas, y el Morro de Barcelona, producto de los esfuerzos puntuales medianos generados por el desplazamiento oeste-este con componente aproximada de 25° entre la Placa Caribe con respecto a la Placa Sudamericana.

8.2.- Recomendaciones

a.- Se recomienda realizar un estudio de geofísica en sísmica reflexión con el propósito de observar la continuidad lateral de las secuencias estratigráficas, la evaluación del límite existente entre la Formación Querecual y Formación Chimana, y el análisis en tres dimensiones de la disposición de las secuencias en el subsuelo,

b.- Estudio cronoestratigráfico y bioestratigráfico a detalle para definir el límite Cretácico-Paleogeno (K-T) en el Morro de Barcelona, de manera de enriquecer la literatura geo-científica y concretar la expectativa y el interés de muchos investigadores en evaluar el límite K-T.

c.- Se recomienda realizar modelos matemáticos conceptuales para permitir comprender las relaciones esfuerzo-deformación desarrolladas en las secuencias cretácicas, de forma de aproximar el estilo de deformación del sector estudiado, además de establecer los efectos puntuales de la influencia de la Placa Caribe sobre la geología estructural para las secuencias cretácicas al norte de Puerto La Cruz-Barcelona.

d.- Realizar un estudio quimicoestratigráfico, evaluando las condiciones químicas del proceso de formación y el ambiente que da origen a las concreciones presentes en la Formación Querecual, debido a los cambios existentes desde la base hasta el tope de

dicha secuencia, además de establecer criterios comparativos laterales para las variaciones que existan en la paleo-cuenca.

e.- Ensamblar los resultados estratigráficos de esta investigación con el modelo de *Dominios Tectónico-Estratigráficos* de Vivas y Macsotay (1995).

f.- Establecer el límite transgresión-regresión dentro de las secuencias estratigráficas de la Formación Río Chávez (de presentarse), y establecer relaciones considerando el marco tectónico y subsidencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Audemard, F. (2004). *Geodinámica Avanzada*. Material ilustrativo de apoyo al Curso. Universidad Central de Venezuela.
- Audemard, F., Romero, G., Rendon, H. y Cano, V. (2005). *Quaternary fault kinematics and stress tensors along the southern Caribbean from faultslip data and focal mechanism solutions*. Earth Science Reviews, 69: 181-233 p.
- Ball, M., Harrison, C., Supko, P., Bock, W., Maloney, N. (1969). *Fallamiento Normal a lo Largo del Límite Meridional del Mar Caribe, Bahía de Unare, Venezuela*. Boletín Informativo. Vol. 12, Nº 2, 23-41 p.
- Bellizzia A. (2008). *Sistema Montañoso del Caribe. Borde Sur de la Placa Caribe ¿Es una Cordillera Aloctona?*. Boletín de Geología, Publicación Especial Nº 15. 107-126 p.
- _____ y Dengo G. (2008). *El Sistema Montañoso del Caribe, Norte de Sur América*. Boletín de Geología, Publicación Especial Nº 15. 150-158 p.
- Blanco B., y Giraldo C. (1992). *Síntesis Tectono-Estratigráfica de la Cuenca Tuy-Cariaco y Plataforma Externa*. VI Congreso Venezolano de Geofísica. 47 p.
- Bolli, H., Saunders J., Perch-Nielsen K. (1985). *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press. Londres-Inglaterra. 996 p.
- Bromley, R. (1996). *Trace Fossils, Biology, Taphonomy and Applications*. Inglaterra. Segunda Edición, Chapman & Hall. 361 p.
- Caicedo G. y Benaim N. (2009). *Mapa Geológico-Estructural de Barcelona*. Instituto Nacional de Geología y Minería, en proceso de publicación.
- _____ (2009). *Mapa Geológico-Estructural de Cumana*. Instituto Nacional de Geología y Minería, en proceso de publicación.
- _____ (2009). *Mapa Geológico-Estructural de Santa Fé*. Instituto Nacional de Geología y Minería, en proceso de publicación.
- _____ (2009). *Mapa Geológico-Estructural de Santa Inés*. Instituto Nacional de Geología y Minería, en proceso de publicación.
- _____ (2009). *Mapa Geológico-Estructural de San Mateo*. Instituto Nacional de Geología y Minería, en proceso de publicación.

- Caicedo G. (2010). *Mapa Geológico-Estructural de Hoja 7246-I-NO*. Informe Inédito.
- _____ (2016). *Mapa Geológico-Estructural de Puerto Píritu*. Informe Inédito.
- _____ (2016). *Mapa Geológico-Estructural de Boca Uchire*. Informe Inédito.
- Campos V., Osuna S. y Vivas V. (1980). *Geología del Borde Oriental del Frente de Montañas de la Serranía del Interior, Estados Miranda, Guárico y Anzoátegui*. Boletín de Geología, Ministerio de Energía y Minas. Caracas-Venezuela. Vol. XIV. N° 26. 106-196 p.
- Cebull, S. (1972). *Fallas de Crecimiento y su Marco Tectónico, Venezuela Oriental*. Boletín de Geología. Publicación Especial N° 5. 2410-2417 p.
- Cloos, H. (1948). *The Ancient European Basement Blocks – Preliminary Note*. Am. Geophys, Union Trans. 29 p.
- Coaracy O., Gandolfo B. y Faraco J. (2007). *O arranjo pólo-dipolo como alternativa ao dipolo-dipolo em levantamentos 2D de eletrorresistividade*. Rev. Bras. Geof. vol.25 no.3.
- Corrales I., Rosell J., Sanchez L., Vera J., y Vilas L. (1977). *Estratigrafía*. Editorial Rueda. 717 p.
- Dallmus, K. (1965). *Structural Evolution of the Eastern Venezuela Basin*. Boletín Informativo. Volumen 8, N° 1. 1-33 p.
- Dengo, G. (1972). *Problemas de las Relaciones Geológicas entre América Central y la Región del Caribe*. Boletín de Geología. Publicación Especial N° 5. 2419-2435 p.
- Dirección General Sectorial de Desarrollo Urbanístico y la Dirección de Planeamiento Urbano (1980). *Hojas H14, I14, J12, J13 y J14, escala 1:5.000*. Ministerio del Desarrollo Urbano. C.A. Técnica Cartográfica. Venezuela-Anzoátegui.
- Dirección de Cartografía Nacional (SA). *Hoja Preliminar 7246-I-NO y 7246-I-NE*. Ministerio de Obras Públicas. Venezuela-Caracas.
- _____ (1972). *Hoja de Barcelona*. Ministerio de Obras Públicas. Venezuela-Caracas.
- _____ (1998). *Misión 0401188, Escala 1:20.000*. Ministerio de Obras Públicas. Venezuela-Caracas.
- _____ (1992). *Misión 0401174, Escala 1:5.000*. Ministerio de Obras Públicas. Venezuela-Caracas.

- Dirección General Sectorial de SERVIGEOMIN (1997). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Boletín de Geología, Publicación Especial N° 12. Tercera Edición Caracas. M. J. Editores C.A. 828 p.
- Dirección de Geología (1956). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Boletín de Geología, Publicación Especial N° 1, Editorial Sucre. Caracas-Venezuela. 728 p.
- Dirección de Geología (1970). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Boletín de Geología, Publicación Especial N° 4. Segunda Edición. Editorial Sucre. Caracas-Venezuela. 756 p.
- Dunham R. (1962). *Classification of Carbonate Rocks according to depositional texture*. American Association Petroleum Memory I. 108-221 p.
- Dunn, D. (1979). *Stratigraphic distribution paleogeno planktonic foraminifer*. Houston Technical Services Center. 1 p.
- Folk R. (1962). *Spectral subdivision of limestone types*. Editorial HAM. American Association Petroleum Memory I. 62-84 p.
- Frey R., Pemberton S. y Saunders T. (1990). *Ichnofacies and Bathymetry: a passive relationship*. Journal Paleontology, 64(1): 155-158 p.
- Freymueller, J., Kellogg, J. N. y Vega, V. (1993): *Plate motions in the north Andean region*. Journal of Geophysical Research, 98: 21853-21863 p.
- Furrer, M y Castro M. (1997). *Nuevas Unidades Propuestas por Aguasuelos Ongeniería Sobre Datos Inéditos de Lagoven S.A., en la Cuenca oriental de Venezuela*. Ministerio de Energía y Minas. Dirección Sectorial de SERVIGEOMIN. Volumen XVIII, Número 31, 17-23 p.
- Garbán G., López L., Mónaco S. Lo y Lira A. *Condiciones Paleambientales de Sedimentación en la Formación Querecual, Edo. Anzoátegui, Venezuela*. Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano, Sociedad Venezolana de Geólogos. Tomo I, 303-310 p.
- Garner A. H. (1926). *Suggested Nomenclature and Correlation of Geological Formations in Venezuela*. Amer. Inst. Min. Metall. Eng. Trans. 677-684 p.
- González De Juana, Iturralde de Arozena J. y Picard X. (1980). *Geología de Venezuela y de sus cuencas Petrolíferas*. Caracas. Editorial Foninves, 2 tomos.
- Guillaume, H., Boli, H. M. Beckmann, J. (1969). *Estratigrafía del Cretáceo Inferior en la Serranía Del Interior, Oriente de Venezuela*. Compañía Shell de Venezuela LTD., Caracas. 1-56 p.

- _____ (1972). *Estratigrafía del Cretáceo Inferior en la Serranía Del Interior, Oriente de Venezuela*. Boletín de Geología. Publicación Especial N° 5 Tomo III. 1-56 p.
- Hay, J. y Aymard, R. (1977). *El Cretáceo en el Subsuelo de Anzoátegui y Parte de Monagas Cuenca de Venezuela Oriental*. V Congreso Geológico Venezolano. Memoria Tomo IV. Ministerio de Energía y Minas y la Sociedad Venezolana de Geólogos. 1557-1574 p.
- Hedberg H. (1937). *Estratigrafía de la Sección del Río Querecual en el Noreste de Anzoátegui, Venezuela*. Boletín de Geología y Minería – Ministerio de Fomento. Caracas-Venezuela. 253-265 p.
- Hedberg H. (1950). *Geology of the Eastern Venezuelan Basin (Anzoategui-Monagas-Sucre Eastern Guárico portion)*. GSA Bull; 1137-1216 p.
- _____ y Pyre, A. (1944). *Stratigraphy of northeastern Anzoátegui, Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull. 28 (1): 1-28 p.
- Hydrographic Office United States (1940). *Bahia de Pozuelos and Approaches*. U. S. Navy.
- Higgs, R. (2009). “*Caribbean-South America oblique collision model revised*”. The Geological Society of London. 20 p.
- Hobbs B., Means W. y Williams P. (1981). *Geología Estructural*. Ediciones OMEGA. Barcelona-España. 518 p.
- Hollis, H. (1980). *Guía Estratigráfica Internacional*. Sudcomisión Internacional de clasificación Estratigráfica de la Comisión de Estratigrafía de la UICG. Editorial REVERTE. 205 p.
- Hung, E. (2005). *Thrust belt interpretation of the Serranía del Interior and Maturín subbasin, eastern Venezuela*. Geological Society of America Special Papers, 394, 251–270 p.
- Instituto Nacional de Estadística (1997-2007). *Datos Meteorológicos, Estación Meteorológica 80419 Barcelona, Estado Anzoátegui*. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2013-2016). *Boletín Climático Mensual, desde enero del 2013 a diciembre de 2015*. Ministerio de Eco-socialismo y Aguas. Estado Miranda.
- Jacome, M. I., Kuszniir, N., Audemard, F., y Flint, S. (2003). Tectono-stratigraphic Evolution of the Maturin Foreland Basin: Eastern Venezuela, 735–749 p.

- James K. (1997). *Distribution and Tectonic Significance of Cretaceous – Eocene Flysh – WildFlysh Deposits of Venezuela and Trinidad*. Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano, Sociedad Venezolana de Geólogos. Tomo I, 415-421 p.
- Karsten, H. (1970). *Contribución al Conocimiento de las Rocas al Norte de Venezuela*. Boletín Informativo. Vol. 13. Nº 1. 5-16. p.
- _____ (1970). *Sobre las Relaciones Geognósticas en el Norte de Venezuela*. Boletín Informativo. Vol. 13. Nº 1. 17-42. p.
- Kellogg, J. y Vega, V. (1995): *Tectonic development of Panama, Costa Rica and Colombian Andes: Constraints from Global Positioning System geodetic studies and gravity*. Special Paper Geological Society of America, 295: 7590.
- Kostadinoff J., Bjerg E., Mogessie A., Raniolo A., Alvarez G. y Santiago E. (2004). *Prospección geofísica del yacimiento Las Águilas, provincia de San Luis*. Rev. Asoc. Geol. Argent. v.59 n.1 Buenos Aires.
- Lamb, J. (1970). *Demonstration of Overtuned Structure Beneath The Quiriquire Oil Field, Venezuela*. Boletín Informativo. Vol. 13. Nº 7. 187-198 p.
- Liddle (1928). *The Geology of Venezuela and Trinidad*. J. P. MacGowan, Fort Worth (Texas). 552 p.
- _____ (1928). *The Geology of Venezuela and Trinidad*. 2da. Edición, Paleont. Res. Inst., Ithaca (New York): 890p.
- Lugo P., Truskowski, López y Lo Mónaco (2009). *Evaluación bioestratigráfica y geoquímica de la Formación querecual aflorante al noreste del Estado Anzoátegui, Venezuela*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias de la Tierra, Revista de la Facultad de Ingeniería. V (24), Caracas-Venezuela. 16 p.
- Martin, C. (1972). *Interpretación Tectónica de la Parte Norte de América del Sur*. Publicación especial Nº 5. Tomo IV. 2477-2482 p.
- Mattauer, M. (1976). *La deformación de los materiales en la corteza terrestre*. Omega,. Barcelona, p. 524.
- Mayerhoff, H. (1965). *Structure of the Antilles*. Boletín Informativo. Vol. 8, Nº 2. 37-46 p.
- Macsoyay O. (1977). *Observaciones sobre el Neotectonismo Cuaternario Cuaternario en el oriente de Venezuela*. Bol. Geol. (Caracas) Publ. Esp. 7, II:985-996 p.

- _____ (1980). *Mollusques benthiques du Crétacé inferior: un méthode de corrélation entre la Téthys mésogéenne et le domaine paléoCaracibe (Venezuela)*. Thèse, Lyon, 158 p. 27 fig.
- _____ y Bladier I. (1987). *La Zona de Fallas Neotectónicas de Cumana, En La Región del Golfo de Cariaco, Venezuela*. Boletín de Geología del Ministerio de Energía y Minas. Vol. XVI, N° 29. 129-166 p.
- Marcucci, E. (1976). *Las Ftanitas del Cretáceo Superior de Venezuela Occidental y Oriental: Tipo, Origen, Ambiente de Formación y Cambios Diagéneticos*. Boletín de Geología. Publicación Espacial N° 7. 1277-1291 p.
- Metz, H. (1964). *Geology of the El Pilar Fault Zone State of Sucre, Venezuela*. Department of Geology Princeton University and Dirección de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos. 1-98 p.
- Minster, J. y Jordan, T. (1978). *Present day plate motions*. Journal of Geophysical Research, 83: 5331-5354 p.
- Nalsen M. y Prieto R. (1985). *Levantamiento Experimental de Sísmica de Reflexión en el Norte de Monagas*. VI Congreso Geológico Venezolano-Memoria Tomo VII. 5136-5181 p.
- North, F. (1965). *The Curvature of the Antilles*. Boletín Informativo. Vol. 8, N° 2. 47-65 p.
- Osgood R. y Szmuc E. (1972). *The Trace Fossil Zoophycos as an Indicator of Water Depth*. Bulletin of American Paleontology, 62(271): 5-22.
- Ostos, M. (1990). *Evolución Tectónica del Margen Sur-Central del Caribe Basado en Datos Geoquímicos*. Geos N°30. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, UCV. 294 p.
- Palma, M., Audemard, F. y Romero, G. (2010). *Nuevos mecanismos focales para Venezuela y áreas vecinas 2005-2008: importancia de la densificación y distribución de la Red Sismológica Nacional*. Revista Técnica de Ingeniería Universidad del Zulia, 33 (2): 114 p.
- Parnaud, F., Gou, Y., Pacual, J. C., Truskowski, I., Gallango, O., Passalacqua, H., y Roure, F. (1995). *Petroleum Geology of the Central Part of the Eastern Venezuelan Basin*. 741-756 p.
- Peirson, L. (1965). *Geology of the Guárico Mountain Front*. Boletín Informativo. Vol. 8, N° 7. 183-214 p.
- Pennington, W. (1981). *Subduction of the eastern Panama Basin and Seismotectonics of northwestern South America*. Journal of Geophysical Research, 86: 10753-10770 p.

- Pérez, O., Bilham, R., Bendick, R., Velandia, J., Hernández, N., Moncayo, C., Hoyer, M. y Kozuch, M. (2001): *Velocity field across the southern Caribbean plate Boundary and estimates of Caribbean/South American plate motion using GPS geodesy 1994-2000*. *Geophysical Research Letters*, 28: 2987-2990 p.
- Pettijohn, F. (1970). *Rocas Sedimentarias*. EUDEBA, Editorial Universitaria de Buenos Aires, segunda edición. 731 p.
- Premoli, Silva y Sliter (1994). *Cretaceous planktonic foraminifera*. International School on planktonic foraminifera, 3er course: cretaceous. Verga y Rettori eds. Universities of Perugia and Milan (Italia), 283 p.
- Renz, H. (1961). *Correlation of Geologic Formations in Venezuela*. Boletín Informativo, Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo, Volumen 4, Número 6. 199-203 p.
- Rod E. y Maync W. (1954). *Revision of lower cretaceous stratigraphy of Venezuela*. Boletín de la AAPG. Volumen 38, Parte I, 196-283 p.
- Rod, E. (1967). *Paleotectonic reconstruction of the Antillean-Caribbean area for the close of the Carboniferous*. Boletín Informativo. Vol. 10, N° 7. 197-204 p.
- Rosales, H. (1960). *Estratigrafía del Cretáceo-Paleoceno-Eoceno, de la Serranía del Interior, Oriente de Venezuela*. Boletín de Geología, Venezuela, Publicación Especial N° 3, Tomo II, 471-495 p.
- _____ (1972). *La Falla de San Francisco en el Oriente de Venezuela*. Boletín de Geología. Publicación Especial N° 5. 2322-2335 p.
- _____ (1976). *Excursión N°5, Venezuela Nor-oriental – Serranía Del Interior*. Boletín de Geología. Publicación Espacial N° 7. 467-493 p.
- Salvador, A. (1962), *Proposed Simplification of the Stratigraphic Nomenclature in the Eastern Venezuela Basin*. Boletín Informativo. 153-202 p.
- Schubert, C. (1988). *Neotectonics of the La Victoria fault zone, north central Venezuela*. *Anales Tectonicae*, 2: 5866 p.
- Seilacher A. (1954). *Die geologische Bedeutung fossiler lebensspuren*. *Deutsche Geol Gesellesch Zeitsch*, 105: 277-315 p.
- Seiglie y Dunn (1979). *Stratigraphic distribution cretaceous planktonic foraminifera*. Houston Technical Services Center. 1, 2 y 3 p.
- Servicio Técnico de Minería y Geología (1948). *Mapa Topográfico y Geológico de la Zona Puerto La Cruz – Pertigalete, Hoja A y B, dibujado por D. Parra*,

- escala 1:10.000*. Recopilado del Servicio Técnico de Minería y geología del Ministerio de Fomento. Venezuela-Caracas.
- Stainforth, R. (1969). *The Concept of Seafloor Spreading Applied to Venezuela*. Boletín Informativo. Vol. 12. N° 8. 255-274 p.
- Sykes, L., McCann, W. y Kafka, A. (1982). *Motion of the Caribbean plate during the last 7 million years and implications for earlier Cenozoic movements*. Journal of Geophysical Research, 87: 10656-10676 p.
- _____ (1958) *Zur ökologischen Charakteristik von Flysch und molass*. Ecl Geol Helveticae, 51: 1062-1079 p.
- _____ (1962). *Stratigraphy and Paleontology of the type section of Santa Anita Group and overlying Merecure Group, río Querecual, stated Oof Anzoátegui, northeastern Venezuela*. AVGMP. Bol. Inf., Caracas. 5 (4): 89-108 p.
- Trenkamp, R., Kellogg, J., Freymueller, J. y Mora, H. (2002). *Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations*. Journal of South American Earth Science, 15: 157-171 p.
- Ughi, A. (2011). *Flexión litosférica en la zona de subducción oceánica Caribe-Atlántico, características elásticas y edad de las placas*. Geología Colombiana, vol 36. 19 p.
- USGS (2004). *Color Code According to the United States Geological Survey*. Estados Unidos.
- USGS (2006). *FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization*. Estados Unidos.
- Varela P. (1997). *Geotermia y Pull-Apart en Formación, Estado Sucre, Venezuela*. Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano, Sociedad Venezolana de Geólogos. Tomo II, 477-483 p.
- Vivas y Macsotay (1999). *Field Guide-Book Prepared for LASMO VENEZUELA b.v*. Independent Geological Consultants, Informe Inédito. Marzo. 79-84 p.
- Vivas, Macsotay, Furrer y Alvarez (1988). *Inyecciones Clásticas*. Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos, Número 34. 3-33 p.
- _____ (1987). *Bioestratigrafía del Cretáceo de la Región de Bergantín Santa Inés, Estado Anzoátegui, Venezuela Nor-Oriental*. Boletín de Geología del Ministerio de Energía y Minas. Vol. XVI, N° 29. 3-128 p.

_____ (1995). *Dominios Tectono-Estratigráficos del Cretácico-Neógeno en Venezuela Nororiental*. Boletín de Geología Publicación Especial N° 11, Tomo II, 24-152 p.

Von der Osten, E. (1954). “*Geología de la Región de la Bahía de Santa Fe, Estado Sucre*”. Bol. Geol. 3(8):123-211 p.

Weber, G., Dixon, T., DeMets, C., Ambeh, W., Jansma, P., Mattioli, G., Saleh, J., Sella, G., Bilham, R. y Pérez, O. (2001). *GPS estimate of relative motion between the Caribbean and South American plates, and geological implications for Trinidad and Venezuela*. Geology, 29 (1): 7578.

Yoris, F. (1985). *Revisión de la Estratigrafía del Cretáceo inferior al sur y este de la Serranía del Interior, Venezuela nororiental*. Sexto Congreso Geológico Venezolano. Caracas. SVG. 1307-1342.

_____ (1988). *Consideraciones sobre la Formación Querecual de Venezuela nororiental*. Bol. Geol. SVG. Caracas.

http://www.granadanatural.com/blog.php?codigo_blog_categoria=7

<http://www.geophysics.com/maging3>

<https://natureduca.com/geologia-geodinamica-interna-tectonica-de-placas-03.php>

<https://es.slideshare.net/iessuel/pliegues-geolgicos>

<http://geologiaestructuralpetrolero.blogspot.com/2014/09/descripcion-y-clasificacion-de-pliegues.html>

http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/05.htm

<http://post.geoxnet.com/blog/geologia-estructural/>

APÉNDICES

APÉNDICE A: 10.1.- Geografía Física

10.1.1-- Introducción

Uno de los principales aspectos a considerar para iniciar una investigación geológica es el conocimiento de las condiciones físicas y meteorológicas del área, por lo tanto, para el primer aspecto es necesario establecer un modelo descriptivo basado en la agrupación de las unidades topográficas de acuerdo a sus expresiones y rasgos físicos en común; mientras que la segunda, se citaron del Instituto Nacional de Estadística (1997-2007) los factores meteorológicos de mayor relevancia.

Para describir las unidades topográficas es preciso ampliar los límites de la región de estudio, con el propósito de evaluar los contrastes a escala regional y comprender las expresiones geográficas más relevantes, por lo que se establece un sector el cual se extiende desde las Islas al Norte de Barcelona: Chimanas Grande, Chimana del Sur, Chimana del Oeste, Chimana del Este, El Borracho, Los Borrachitos y Borracha, además del Morro de Barcelona y los rasgos topográficos que existe entre las inmediaciones de la Bahía de Pozuelos y la Ciudad de Puerto La Cruz.

Los rasgos y expresiones geográficas serán descritas por las imágenes de los mapas, fotografías aéreas e imágenes satelitales, por tal motivo fue preciso definir la región de estudio topográfico dentro de las coordenadas Norte: 1.124.000 hasta 1.142.000 y Este: 304.000 hasta 327.000, de acuerdo al mapa a 1:100.000 de la Dirección de Cartografía (1972). Se destaca el uso de los siguientes mapas topográficos para la descripción de los rasgos topográficos:

a.- *Hojas H14, I14, J12, J13 y J14, escala 1:5.000*, Dirección General Sectorial de Desarrollo Urbanístico y la Dirección de Planeamiento Urbano (1980).

b.- *Hoja Preliminar 7246-I-NO y 7246-I-NE, escala 1:25.000*, Dirección de Cartografía Nacional (SA).

c.- *Mapa Topográfico y Geológico de la Zona Puerto La Cruz – Pertigalete, Hoja A y B, dibujado por D. Parra, escala 1:10.000*. Servicio Técnico de Minería y Geología (1948).

De igual manera se usarían las fotos aéreas de las misiones:

a.- *Misión 0401188, Escala 1:20.000*. Dirección de Cartografía Nacional (1998).

b.- *Misión 0401174, Escala 1:5.000*. Dirección de Cartografía Nacional (1992).

Por otro lado, los parámetros meteorológicos citados fueron por las mediciones realizadas de la Estación Meteorológica de Barcelona 80419 -anuales-, los parámetros que propiamente lo definen son los siguientes: humedad, insolación, precipitación, radiación y temperatura.

10.1.2- Relieve

Los rasgos topográficos del sector están siendo descritos por medio de la franja comprendida desde el sector Oeste de Guanta -Bahía de Bergantín- hasta el Morro de Barcelona, y la zona Norte de dicha franja, la cual consiste de las Islas Borracha, Los Borrachitos, El Borracho, Chimana del Oeste, Chimana Grande, Chimana del Sur y Chimana del Este, como se muestra en la figura 10.1.



Fig. 10.1: Región Norte-Oeste de Anzoátegui, la zona sombreada azul representa la franja del Morro de Barcelona a la Bahía de Bergantín, mientras que la anaranjada son las Islas al Norte de la ya mencionada franja: Desde la Isla Borracha hasta Chimana del Este, base cartográfica Oficina de Hidrografía de los Estados Unidos - Hydrographic Office United States (1940).

De acuerdo a los rasgos topográficos analizados, la región se divide en las siguientes unidades:

10.1.2.1.- Unidad I, unidad de colinas o cerros alineados de este a oeste (filas asimétricas con topes amesetados): Abarca un área de 24 Km² a nivel regional comprendiendo la zona central de la figura 10.1, en específico el sector sureste y noreste.

Esta unidad topográfica ha sido dividida en dos importantes subregiones, la marina y la continental, la primera de esta subregiones abarca la islas Chimana Grande, Chimana del Este, Chimana del Oeste y Chimana del Sur, la segunda subregión está

representada por el Cerro Vellorín, Cerro El Chaure y Cerro Guaraguao, ubicados estos en los alrededores de la Ciudad de Puerto La Cruz, véase el mapa topográfico anexo.

La primera subregión está limitada con el Mar Caribe, mientras que la Segunda Subregión, su contacto es con la Unidad III: Planicie Costera. Para el Cerro El Chaure mantiene un contacto al norte y este con el Mar Caribe, similarmente al sur en su extremo oeste, para la parte sureste esta en contacto con la Unidad III: Planicie Costera.

Esta unidad I se caracteriza por relieves abruptos, de filas alargadas asimétricas, sub-paralelas, y con orientación preferencial de este a oeste; las filas alargadas son separadas por valles en V, de similar orientación que las filas. Se destaca que los valles en “V” son asimétricos, aunque las pendientes al sur y norte no presenta un patrón definido, se puede describir al norte y al sur vertientes con pendientes entre los 45 a 75° o de 30 a 45°, respectivamente.

Los puntos de mayor elevación para esta unidad están entre los 240 a 280 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), como es el caso del Morro de Chimana en la Isla de Chimana Grande y el Cerro Vellorín, al este de Puerto La Cruz. Estos rasgos topográficos, característicos al sur de Chinana Grande, son interrumpidos o fragmentados por bahías o ensenadas, las filas para este sector no son mayores de los 60 m.s.n.m.

El contacto de esta Unidad I de Colinas y Cerros con la unidad III de Planicie Costera es transicional en continente, mientras en las zonas marinas está en contacto directo con el mar. Para La Unidad de Colinas y Cerros fue posible realizar tres tipos distinciones basadas en su contraste topográfico, los cuales son: filas estrechas, toposformas de tope amesetado y valles asimétricos.

10.1.2.1.1.- Tipo 1, filas estrechas: Ocupa poco más de los 4/5 de la Unidad I, cubriendo la mayor parte de la isla Chimana del Este, la parte norte de la Isla Chimana Grande, y la zona norte y sur de la isla Chimana del Sur, además de presentarse en el Cerro Guaraguao, Vellorín y El Cheure en la parte continental.

Este tipo de forma topográfica corresponde a relieves montañosos, con alturas que oscilan entre los 60 a 280 m.s.n.m., presentan formas alargadas, con trayectoria lineal como en la zona central de Chimana Grande o con trayectorias arqueadas o curvas, con concavidad al sur, tal caso se presenta en el Cerro El Chaure y Cerro Vellorín; generalmente estas filas tienen una orientación este a oeste, con declive de 5 a 7° para la misma dirección.

Las laderas son asimétricas e irregulares, siendo las de las zonas norte las de mayor pendiente, con relieves escarpados y crestas agudas, y las del sur son relieves más suaves, con relieves de cuesta.

Las filas alargadas son paralelas entre sí, siendo delimitadas por valles o relieves de colinas bajas, no mayores a los 60 m. s.n.m., dentro de la misma unidad, o están en contacto con la unidad de planicie costera.

10.1.2.1.2.- Tipo 2, topoformas con tope amesetados: ocupan alrededor de un 10% de la unidad I, siendo más frecuentes hacia la zona sur de la Isla Chimana Grande, zona central de la Isla Chimana del Sur, sur de la Isla Chimana del Este y la zona sur de los Cerros El Chaure y Guaraguao.

Estas topoformas presentan en su mayoría topes amesetados, redondeados y alineados de este a oeste, generalmente interrumpidas por rasgos topográficos, ya sean valles o bahías o ensenadas, véase la zona sur de Chimana Grande en el mapa topográfico anexo; El conjunto de colinas o topoforma amesetadas son coalineales en la zona sur de la Isla Chimana Grande, y paralelas a las filas estrechas y a los valles. Las alturas máximas son de 60 m.s.n.m., y perfiles asimétricos, siendo relieve escarpados en la zona norte, mientras que en la zona sur relieves de cuestras, crestón o crestas.

Hacia la parte central de la Isla Chimana del Sur, la zona sur de los Cerros El Chaure y Guaraguao, estas expresiones se describen aisladas, pero presentan similares características topográficas que las mencionadas en el párrafo anterior.

Sus límites son con los valles o depresiones dentro de la misma unidad en la parte marina y continental, aunque en esta última suele ser o con la misma unidad I o con la planicie costera de la unidad III.

10.1.2.1.3.- Tipo 3, Valles o Depresiones alineados: ocupa alrededor del 10% de la unidad I, siendo delimitado geográficamente en la zona central de la Isla Chimana Grande y Chimana del Oeste por el relieve Tipo 1 y 2 de la Unidad I, para Chimana del Sur estos relieves se presentan en la zona sur, y frecuentemente son delimitados por el relieve de colinas.

Los Valles son delimitados por laderas escarpadas a la parte norte, y laderas con relieve tipo cuesta o cresta a la parte sur, por lo que su perfil es asimétrico. Los fondos son amplios pero encajados dentro de los relieves tipo 1 y 2, asumiendo una orientación paralela, este-oeste. En la parte central de la isla Chimana Grande, el valle describe una inclinación de este a oeste, de aproximadamente 7 a 10°. El drenaje que desciende a este valle presenta patrón paralelo o pseudo-paralelo, son intermitentes, y arrastra materiales de varios centímetros e incluso puede alcanzar y sobrepasar el metro.

En conclusión, la Unidad I está representada por rasgos topográficos con orientación preferencial este-oeste. Las filas estrechas y las topoformas con tope amesetado presenta un declive de este a oeste, alrededor de 7°, y las laderas que lo definen son escarpados al norte comúnmente y al sur es de relieve de cuesta o cresta, aunque esto

varía para la fila que está ubicada en la parte central de la Isla Chimana Grande. Se destaca que el perfil para ambos rasgos topográficos presenta asimetrías de sur a norte, y las alturas están comprendidas entre los 60 a 240 m.s.n.m.

De igual forma, se presentan topoformas elipsoidales o discoidales aisladas con topes amesetados, alineadas de este a oeste, y por lo general sus alturas no sobrepasan los 60 m.s.n.m. Los valles con alineación de este a oeste, y en ocasiones con declive en la misma dirección de 5°, representan el límite sur y norte de las topoformas 1 y 2.

10.1.2.2.-Unidad II, unidad de colinas o cerros con alineación noreste a suroeste (filas asimétricas): representa un área de 12 Km² a nivel regional, comprendiendo la zona noroeste y suroeste del sector de la figura 10.2.

Esta unidad presenta dos expresiones topográficas marcadas en la geografía, la primera ubicada en la región nor-occidental de la zona: la Isla Borracha, la cual es bordeada por aguas del Mar caribe y por dos islotes, el más cercano es El Borracho a 200 m. al sur, y Los Borrachitos ubicado aproximadamente a 3 Km. al suroeste, por otro lado, la segunda expresión lo representa el Morro de Barcelona, ubicado en el extremo oeste de la bahía de Pozuelos, obsérvese el mapa topográfico anexo.

El contacto de la unidad II con la unidad de planicie costera es apreciado hacia la zona occidental de la Bahía de Pozuelos -al noroeste de Lecherías- y en el Cerro Maguey; Por consiguiente, el extremo este del Morro de Barcelona entra en un marcado contacto, debido a los relieves escarpados que se interceptan con los de la planicie costera, esto es similar en los alrededores del Cerro Maguey, aunque menos pronunciadas.

Esta unidad está caracterizada por relieves abruptos y aislados, con alineación de sur a norte -o en su defecto N30°E-, los relieves en perfil sureste a noroeste puede ser simétrico (Morro de Barcelona) o asimétricos (Isla Borracha y Cerro maguey), definidos por acantilados o por relieves escarpados, o por relieves tipo crestas.

El punto de mayor altitud fue de 400 m.s.n.m., ubicado este en la Isla Borracha, en el Faro de Borracha. La expresión topográfica de menor altura se encuentra en el Morro de Barcelona, con solo 60 m.s.n.m.

Esta Unidad fue posible dividirse en dos expresiones topográficas: Los morros alargados y las colinas con topes amesetados.

10.1.2.2.1.- Tipo 4, Morros Alargados con poca amplitud en sus crestas: Ocupa el 95% de la unidad II, cubriendo la mayor parte de la Isla Borracha, El Morro de Barcelona y el Cerro Maguey. Las expresiones topográficas presentan alturas que van desde los 400 a 120 m.s.n.m., siendo mayores en la parte marina.

Este tipo de topoformas esta representada por morros con orientación norte-sur o N30°E, lineales, como es el caso del Morro de Barcelona, la Isla Borracha y Cerro Maguey. La zona de crestas es de poca amplitud, y están definidas por laderas escarpadas al sur-este y crestas hacia el nor-oeste, por lo que son asimétricas. Los morros aislados que definen esta Unidad son paralelos o pseudoparalelos entre sí.

10.1.2.2.2.- Tipo 5, Colinas aisladas con topes amesetados: este relieve ocupa el 5% de la Unidad II, distribuido en las Islas Los Borrachitos, El Borracho y al sur de Borracha, las alturas máximas para estos sectores son 40, 120 y 200 m.s.n.m., respectivamente.

Las expresiones topográficas para esta unidad presentan orientación N30°E, siendo de esta forma paralelo a la topoforma tipo 4; por otro lado sus topes son amesetados y su contorno es escarpados hacia el extremo oriental y de cuesta hacia la parte occidental.

Esta tipo de relieve está en contacto directo con el mar, y solo presenta un contacto con el relieve tipo 4 en la Isla Borracha.

En conclusión, la unidad II está siendo definidas por un conjunto de relieves con orientación preferencial N30°E, perfil asimétrico que queda definido por la laderas tipo escarpes hacia el sureste y laderas tipo cuesta al noreste; por lo general, son relieves aislados y están en contacto con el mar o relieves carentes de rasgos topográficos, como es el caso del contacto existente entre está y la planicie costera en el Morro de Barcelona.

10.1.2.3.- Unidad III, Unidad de Planicie Costera: esta unidad se encuentra ubicada en la parte continental que define la Bahía de Pozuelos, entre el Cerro Guaraguao y el Morro de Barcelona, abarcando un área de 17 Km², representando el 50% de las unidades topográficas descritas.

Esta unidad se caracteriza por una planicie costera que se extiende de este a oeste y es desprovista de rasgos topográficos; su contacto con las otras unidades ha sido descrito como transicional para las colinas amesetadas tipo Cerro Guaraguao y contrastantes para relieve tipo Morro de Barcelona.

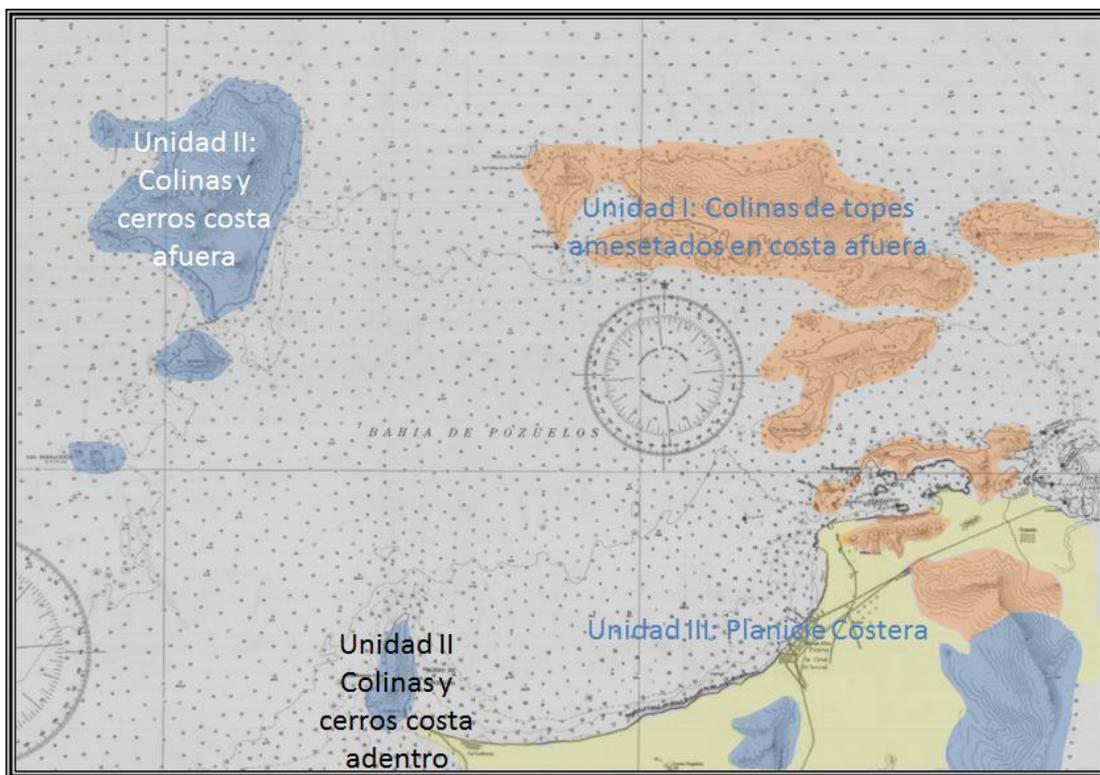


Fig. 10.2: Representación de las unidades Topográficas en la zona de Barcelona y las Islas al Norte: Borracha, Los Borrachitos, El Borracho, Chimana del Oeste, Chimana Grande, Chimana del Este y Chimana del Sur. Sombreado Anaranjado: Unidad I, Filas Estrechas y Colinas Amesetados y Valles, Sombreado Azul, Unidad II: Morros Alargados y Colinas Amesetadas, Sombreado en Amarillo, Unidad III: Planicie Costera.

10.1.3- Precipitación

En esta sección se tomarán datos mensuales del 2014 y 2015, y anuales desde 1993 al 2007 del Instituto Nacional de Estadística y Climatología (INAMEH). Para la región de estudio solo se conserva la Estación Meteorológica 80419-Barcelona en el Estado Anzoátegui, la cual ha registrado valores mensuales y anuales, por lo que se han sido tomados para ser graficados, y a partir de estos se han observado sus comportamientos anual y mensual de las precipitaciones en el sector, y sus intensidades.

La tabla 10.1, se presenta una tabla de doble entrada con el registro mensual de la estación Barcelona en el estado Anzoátegui entre los años 2014 y 2015, la última columna presenta el valor anual para los años antes referidos. Se destaca en la tabla los valores que se obtuvieron para los meses de junio, julio, agosto y septiembre. La Estación de Barcelona se encuentra localizada en las coordenadas latitud 10°27' y longitud 64°40' 58''.

Tabla 10.1: Registro mensual de precipitaciones en la estación 80419-Barcelona, en el estado Anzoátegui.
Medidas en milímetros.

Precipitación mensual registrada en la Estación 80419-Barcelona, Estado Anzoátegui													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
2014	17	1	0	7	4	58	83	78,8	63	34	20	19	384,8
2015	11	1	0	9	65	149	78	78,8	31,5	52	20	19	514,3

En la figura 10.3 se muestra de manera descriptiva las tendencias mensuales de la estación Barcelona, en donde se destacan los meses de mayor y menor intensidad de las precipitaciones.

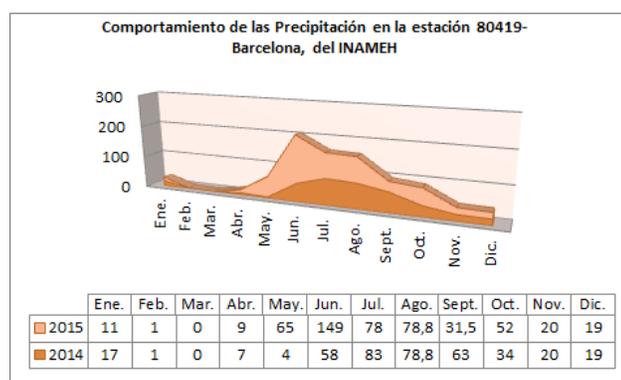


Fig. 10.3: Comportamiento anual, 2014-2015 del registro de precipitación mensual de la estación Barcelona.

Obsérvese que el registro mensual de la estación Barcelona presentan similar comportamiento en la concurrencia de los puntos de mayor y menor precipitación para los años 2014 y 2015, para una descripción continua se puede visualizar que los reportes del 2014 de menor precipitación suceden entre enero hasta mediados de mayo, y desde noviembre hasta diciembre, esta último registro presenta una continuidad hasta mediados de abril del 2015. Los meses en donde se tomaron las mayores intensidades han sido los meses de abril y octubre, para ambos años. Se destaca la tendencia modal de las gráficas.

Por otro lado, en la figura 10.4 se presentan los registros de precipitación en mm. (Milímetros) anuales desde el 1993 al 2007. Para el mismo se visualiza que los años que presentaron mayores precipitaciones fueron en los años 2004 y 2005, y las menores fueron registradas para los años 2007 y 2001.

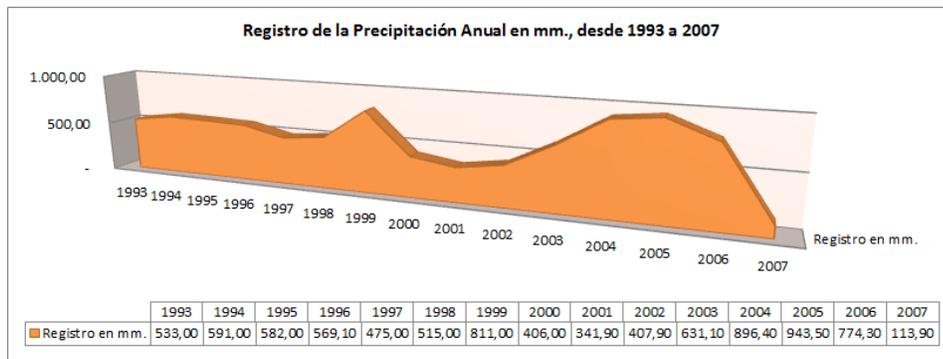


Fig. 10.4: Registro de precipitación anual de la estación Barcelona desde 1993 a 2007.

10.1.4.- Temperatura

La temperatura han sido tomadas de los boletines climatológicos mensuales registrados en la estación Corcovada del INAMEH desde enero a julio del 2014, se descartaron otros meses debido a que no fueron reportaron sus datos en dichos informes. La estación Corcovada se encuentra próxima a la Ciudad de Barcelona, cuyas coordenadas de ubicación son en longitud son 64°33'52'' y en latitud son 10°5'37''.

En la figura 10.5, se muestra de forma gráfica la temperatura en grados Celsius del promedio máximo y mínimo para los meses mencionados en el anterior párrafo, de igual forma las temperaturas máximas y mínimas. De acuerdo al gráfico se registran máximas temperaturas para los meses de abril y mayo del 2014, mientras que la temperatura menor fue a principio del 2014.

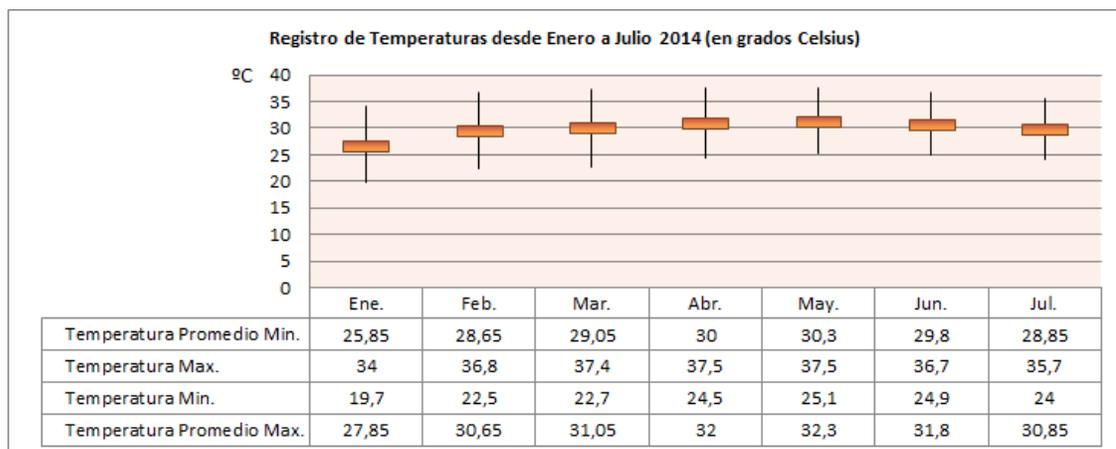


Fig. 10.5: Registro de temperaturas de la estación Corcovada del 2014 desde enero a julio, se toman como parámetros en grados Celsius: temperatura mínima, temperatura máxima, y las temperaturas promedios máximos y mínimos para los meses de enero a julio.

Por otro lado, el INAMEH público un reporte de temperatura media anual desde 1993 hasta el 2007, este se representa en el gráfico de la figura 10.6, donde la tendencia fue poco más de 26°C hasta registrase valores por encima de 28°C; la principal variación

fue reportada para el año 2007 con un descenso hasta los 22,86°C, la máxima fue reportada para el 2002 con un registro de 27,83°C.

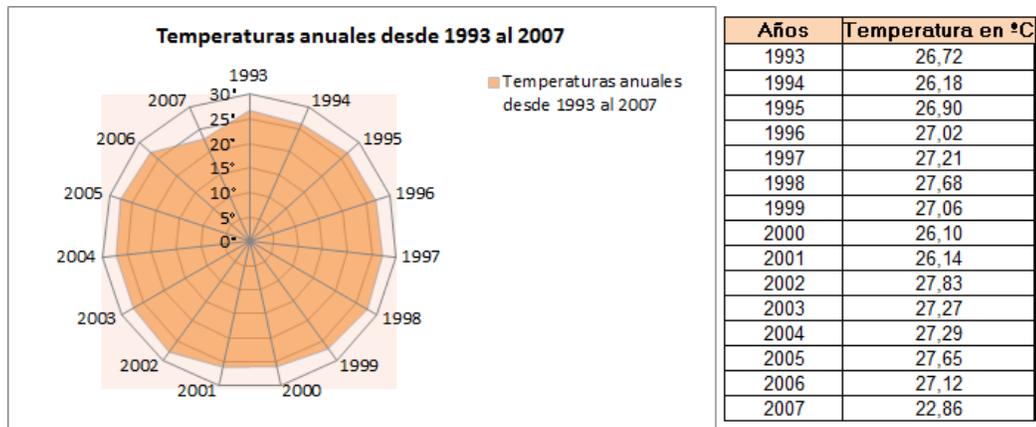


Fig. 10.6: Registro de temperaturas anuales en grados Celsius registradas en la estación Corcovada desde el 1993 al 2007.

10.1.5- Humedad Relativa

La humedad relativa ha sido reportada como alta de acuerdo a los datos registrados en la estación Corcovada por INAMEH desde 1993 al 2007, esta oscila entre 69,67% a 80,75%, correspondiendo al 2006 y 2004 respectivamente. Este parámetro es dependiente de los períodos de máximas y mínimas precipitaciones, siendo menor la humedad relativa al ser menor la precipitación y mayor al aumentar la precipitación. Se puede destacar, que las humedades son inversamente proporcionales al aumentar la altura, por dicha razón las humedades han sido registradas elevadas para la región de Barcelona.

En la figura 10.7 se observa las variaciones de la humedad relativa desde el 1993 al 2007, con un promedio para este tiempo de 77,13%, durante ese mismo período se registró para el 2006 el mínimo con 69,67%, mientras que el máximo fue de 80,75% en el 2004.

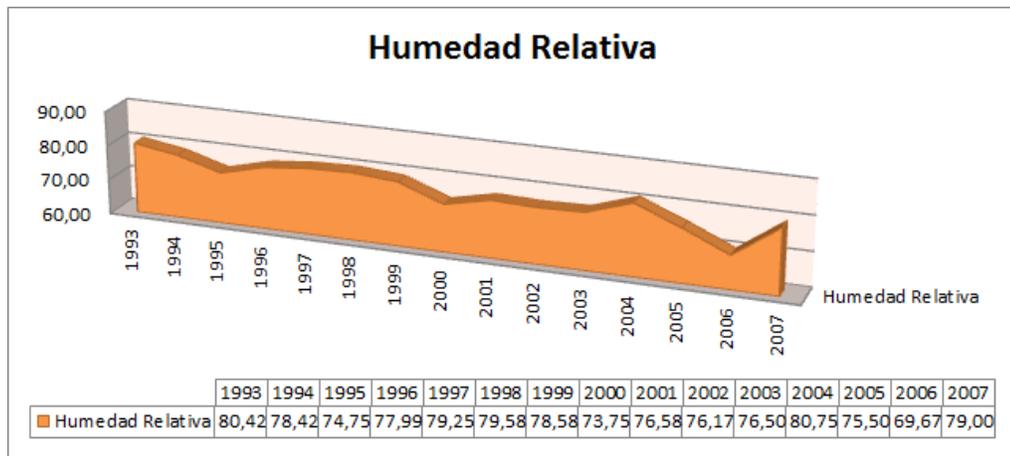


Fig. 10.7: se observa las variaciones de la humedad relativa desde el 1993 al 2007, registradas en la estación Corcovada. (Datos del INAMEH).

10.1.6- Insolación

Es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la tierra en un día concreto (insolación diurna) o en un año (insolación anual). Para la región de Barcelona o áreas circundante el INAMEH se registrarán en la estación Carcovada las mediciones anuales desde 1993 al 2007. La figura 10.8 muestra gráficamente los datos anuales de la insolación o radiación solar para el área de Barcelona.

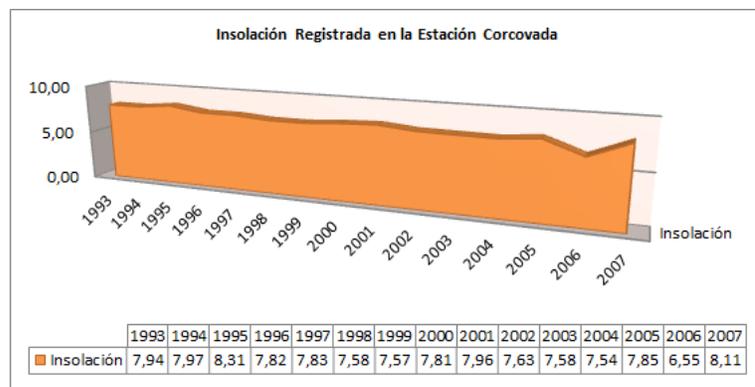


Fig. 10.8: Gráfico que Representa los Registros Anuales tomados de la Estación Corcovada desde 1993 hasta el 2007, datos suministrados por INAMEH.

En la figura 10.8 se puede observar la variación anual de los registros en la estación Carcovada, donde para 1995 y 2007 se observan los máximos valores registrados, por otro lado para el año 2006 fue posible datar el menor registro.

10.1.7- Radiación Solar

En la estación Carcovada fue posible obtener el registro de transmisión de ondas o partículas a través del espacio, desde 1993 al 2005. Se destaca para este parámetro

que la radiación del sol se define como la emisión en todas las longitudes de onda, pero tiene un máximo en la región de luz visible, estando compuesta esta por varios colores, que cuando se muestra forman la luz blanca. La figura 10.9 muestra la variación anual para la Radiación en la estación Carcovada desde 1993 al 2005, en los alrededores de Barcelona en el Estado Anzoátegui.

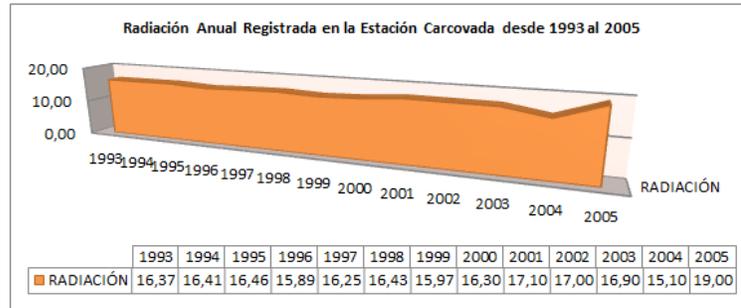


Fig. 10.9: Radiación Anual Registrada en la Estación Carcovada desde 1993 al 2005, datos suministrados por INAMEH.

En el gráfico de la figura 10.9 se dato el registro máximo para el 2005 en 19, mientras que su registro mínimo habría sido datado para el año anterior en 15,10.

10.1.8- Biotemperatura o la Biotemperatura Media Anual (en escala logarítmica)

En general, se estima que el crecimiento vegetativo de las plantas sucede en un rango de temperaturas entre los 0 °C y los 30 °C, de modo que la biotemperatura es una temperatura atmosférica corregida que depende de la propia temperatura y de la duración de la estación de crecimiento, y en el que las temperaturas por debajo de la de congelación se toman siempre como 0 °C, ya que las plantas se aletargan a esas temperaturas. Para la región de Barcelona en el Estado Anzoátegui se tiene una biotemperatura en algunos periodos del año entre 18 a 24°C, mientras que en otros son superiores a los 24°C, véase las medidas registradas por INAMEC en el subcapítulo 2.3.

10.1.9- Región Latitudinal

De acuerdo a las temperaturas del subcapítulo 2.3, se define que la Ciudad de Barcelona del Estado Anzoátegui está clasificada en una *Región Latitudinal* “Subtropical” y “Tropical”.

10.1.10- Pisos Altitudinales:

Con respecto a este punto, se puede determinar que Barcelona y sus alrededores pertenece a los *Pisos Altitudinales*: “Premontano y “Basal”.

10.1.11- Clases de Zona de Vida del Sistema Holdridge usada por la organización internacional de investigación científica multidisciplinaria

De acuerdo a la clasificación de Holdridge, la región de Barcelona y áreas aledañas ha sido clasificada en Bosque Muy Seco Tropical (bms-T).

10.1.12- Drenaje

Para la zona comprendida entre Barcelona, Puerto La Cruz y las islas al norte de Barcelona, en el estado Anzoátegui, se describen dos patrones de drenajes definidos por la presencia o no de estos, y por el sector a describir; A continuación se describen:

A.- El drenaje de la región norte, en las Islas Chimanas y Borrachas: Este sector ha estado desprovisto de un drenaje permanente, sin embargo para las islas Chimanas y las Borrachas a través de fotografías aéreas y mapas topográficos a detalle, sumado a las campañas geológicas de exploración fue posible observar relieves que describen surcos intermitentes de agua durante las temporadas de precipitación, en las trayectorias del drenaje fueron descrito fragmentos de cantos anguloso que han sido transportados aguas abajo junto con clastos de poco tamaño y sedimentos tipo arena, donde se intuye de estos una actividad intermitente en estos cauces durante ciertos periodos de tiempo en el año.

B.- El drenaje de la zona en Puerto La Cruz y Barcelona: Para la región de Puerto La Cruz y Barcelona, se identificaron drenajes provenientes del piedemonte del extremo oeste de la Serranía Interior Oriental, estos se colectan en la Salineta El Maguey o caños de origen artificial dentro de las ciudades, muchos de estos son drenajes intermitentes; De igual forma es posible observar depresiones topográficas que describen trayectorias de drenajes intermitentes para el sector señalado.

APÉNDICE B: 10.2.- Tabla de muestras de campo con coordenadas

A continuación se muestra la tabla en donde se muestra el código de la muestra, sus coordenadas y donde fue colectada.

Tabla 10.2: Coordenadas de las muestras colectadas por región.

Región Chimana Grande Sector Oeste-Puinare-			Región Chimana del Sur		
Código Muestra	Coordenadas		Código Muestra	Coordenadas	
	Norte	Este		Norte	Este
M.1	1137203.9	317961.8	M-46	1134628.0	321282.8
M.2	1137218.1	317950.2	M-47	1134683.1	321320.9
M.3	1137258.7	317870.4	M-48	1134786.8	321337.9
M.4	1137268.8	317862.1	M-50	1135070.4	321447.9
M.5	1137266.7	317863.9	M-51	1135169.9	321403.5
M.6	1137277.5	317847.5	M-52	1135248.2	321274.4
M.7	1137283.4	317842.5	M-53	1135239.7	321246.9
M.8	1137290.1	317837.3	M-54	1135339.2	321397.1
M.10	1137290.1	317838.6	M-55	1135437.1	321395.0
M.11	1137291.1	317837.3	M-56	1135468.9	321396.6
M.12	1137289.0	317837.6	M-57	1135534.0	321410.9
M.13	1137298.1	317838.0	M-58	1135549.0	321394.2
M.14	1137312.1	317838.5	M-59	1135554.6	321340.3
M.15	1137323.3	317844.5	M-60	1135610.9	321523.6
M.16	1137331.9	317850.7	M-61	1135664.9	321650.6
M.17	1137343.3	317847.5	M-62	1135678.4	321786.3
M.18	1137341.3	317848.6	M-63	1135684.0	321873.7
M.19	1137361.9	317823.4	M-64	1135700.6	321923.7
M.20	1137377.0	317821.8	M-65	1135768.9	321995.1
M.21	1137382.2	317760.4	M-66	1135433.3	321390.3
M.22	1137400.3	317750.4	Región Chimana del Oeste		
M.23	1137409.2	317754.3	Código Muestra	Coordenadas	
M.24	1137421.0	317733.4		Norte	Este
M.25	1137439.1	317729.1	M.67	1137977.8	316387.5
M.26	1137486.2	317704.6	M.68	1138099.5	316389.6
M.28	1137505.4	317623.4	M.69	1138228.6	316405.5
M.29	1137517.3	317615.6	M.70	1138416.0	316438.3
M.30	1137520.3	317612.2	M.72	1138442.4	316435.1
M.31	1137545.1	317593.5	M.73	1138493.2	316423.5
M.32	1137557.0	317588.4	M.74	1138508.0	316443.6
M.33	1137567.2	317583.5	M.76	1138604.3	316445.7
M.34	1137577.0	317562.4	M.77	1138683.7	316443.3
M.35	1137593.4	317535.4	M.78	1138866.0	316460.8
M.37	1137591.2	318509.0	M.79	1138903.1	316618.2
M.38	1137585.9	318494.9	Región Borracha		
M.39	1137554.7	318486.8	Código Muestra	Coordenadas	
M.40	1137353.8	318435.1		Norte	Este
M.41	1137465.0	319112.7	MB1	1138267.3	310708.3

Continuación tabla 10.2					
M.42	1137453.1	319128.6	MB2	1138266.4	310698.6
M.43	1137273.2	319112.7	MB4	1138267.4	310699.5
M.44	1137632.2	320784.6	MB5	1138301.1	310701.3
M.45	1137640.1	320714.5	MB6	1138311.9	310696.6
M.47	1137341.4	319660.1	MB7	1138233.3	310566.1
Región Chimana Grande Este –Los Naranjos-			MB8	1138330.9	310422.4
Código Muestra	Coordenadas		MB9	1138413.4	310372.5
	Norte	Este	MB10	1138430.4	310356.7
M-1	1136962.0	322520.6	MB11	1138440.4	310348.2
M-2	1136966.6	322511.6	MB12	1138489.1	310330.7
M-3	1136961.8	322509.1	MB13	1138600.4	310267.2
M-4	1136953.4	322475.9	MB14	1138677.7	310234.4
M-5	1136908.5	322435.7	MB15	1138790.9	310169.9
M-6	1136935.1	322387.3	MB16	1138829.0	310132.8
M-7	1136989.4	322357.8	MB17	1138930.6	310.101.1
M-8	1137016.9	322286.6	MB18	1139000.5	309919.0
M-9	1136928.2	322086.0	Región Morro de Barcelona		
M-10	1136802.5	322049.6	Código Muestra	Coordenadas	
M-11	1136735.7	322057.6		Norte	Este
M-12	1136645.3	322102.4	M1	1128751.1	313073.4
M-13	1136657.0	322128.9	M2	1128752.0	313074.4
M-14	1136760.7	322241.1	M3	1128753.0	313079.4
M-15	1136713.1	322319.4	M4	1128759.0	313080.4
M-16	1137053.9	322652.8	M6	1128780.1	313100.4
M-17	1136963.9	322743.8	M8	1128827.2	313113.4
M-18	1136871.8	322923.7	M9	1128829.0	313110.5
M-19	1137033.7	323043.3	M10	1128831.1	313111.4
M-20	1137071.8	323031.1	M11	1128831.1	313107.3
M-21	1137160.7	323083.5	M12	1128839.9	313112.4
M-22	1137258.1	323007.3	M13	1128841.9	313106.4
M-23	1137185.1	323266.6	M14	1128848.1	313102.3
M-24	1137078.2	323358.7	M15	1128848.2	313104.4
M-25	1136878.2	323452.9	M16	1128852.1	313107.5
M-26	1136828.4	323430.6	M17	1128860.1	313110.4
M-27	1136969.2	323528.0	M18	1128869.1	313098.3
M-28	1136999.9	323632.8	M19	1128870.0	313095.4
M-29	1137194.6	323204.2	M20	1128869.1	313093.4
M-30	1137376.6	322984.0	M21	1128874.1	313098.3
M-31	1137426.4	322851.7	M22	1128871.1	313090.3
M-32	1137270.8	322836.9	M23	1128868.1	313083.5
M-33	1137231.7	322755.4	M24	1128872.0	313078.5
M-34	1137253.9	322651.7	M25	1128873.1	313078.4
M-35	1137344.9	322579.7	M26	1128877.0	313081.5
M-36	1137410.5	322502.5	M27	1128870.0	313073.3
M-37	1137442.3	322421.0	M28	1128887.9	313072.4
M-38	1137489.9	322255.9	M29	1128892.1	313078.5
M-39	1137435.9	321972.2	M30	1128894.9	313062.4
M-40	1137411.6	321888.6			
M-41	1137423.2	321769.0			
M-42	1137476.1	321690.7			

Continuación tabla 10.2			
M-43	1137464.5	321493.9	
M-44	1137487.8	321463.2	
M-45	1137564.7	321419.6	

APÉNDICE C: 10.3.- Tabla de medidas de rumbo y buzamiento de estructuras planares (estratificaciones)

A continuación se presenta en la tabla 10.3 las estructuras planares, su medición y la ubicación geográfica -coordenadas UTM-, que han sido cartografiadas en los mapas geológicos anexos a esta investigación.

Tabla 10.3: Estructuras planares, su medición, y ubicación geográfica para esta investigación.

Región Chimana del Oeste			Región Puinare		
Estructura Planar	Coordenadas		Estructura Planar	Coordenadas	
	Norte	Este		Norte	Este
N12E47N	1137925.7	316390.3	N84E72S	1137436.4	316847.2
N24W24S	1137976.5	316373.3	N56E63N	1137534.0	316952.8
N19W46S	1138041.1	316392.4	N67E64N	1137603.1	316992.5
N34W22S	1138170.2	316407.2	N80E73N	1137385.6	317079.0
N36W42S	1138223.1	316421.0	N84E68N	1137468.1	317202.8
N6W23N	1138288.7	316432.6	N82W33S	1137599.1	317106.0
N14W18S	1138359.6	316438.9	N76W58S	1137597.5	317169.5
N36W41S	1138408.0	316437.0	N77W64S	1137653.9	317187.0
N54W27S	1138433.7	316430.5	N79W65N	1137472.9	317359.2
N59W56S	1138455.9	316452.7	N89W85N	1137495.1	317391.7
N82E8N	1138478.1	316468.6	N87E77S	1137598.3	317306.0
N78W52S	1138579.7	316447.4	N63W79N	1137593.5	317393.3
N69W74S	1138624.2	316443.2	N79W78N	1137458.6	317521.9
N18E22N	1138700.4	316432.6	N66E65N	1137490.3	317518.0
N56W18S	1138752.3	316432.6	N79W61N	1137545.9	317520.3
N12E24N	1138811.5	316463.3	N88W68N	1137585.6	317485.4
N14W30N	1138862.3	316496.1	N77E51S	1137694.3	317517.2
N9W42S	1138892.0	316573.4	N67E74N	1137642.7	317516.4
N6E28N	1138845.4	316621.0	N79W81S	1137611.0	317511.6
N5W39S	1138800.9	316648.5	N74W62N	1137598.3	317531.4
N25E44N	1139021.1	316745.9	N89W67N	1137584.8	317553.7
Región Borracha			N25W75S	1137684.0	317603.7
Estructura Planar	Coordenadas		N42W42N	1137567.3	317580.0
	Norte	Este	N74W48N	1137537.2	317602.1
N56E24N	1138247.2	310703.2	N89E79N	1137509.4	317621.1
N19W19S	1138195.3	310613.2	N88W72N	1137498.3	317625.9
N10E42N	1138227.1	310492.6	N75W81N	1137488.0	317702.0
N18E16N	1138311.7	310419.0	N87W79S	1137465.7	317740.2
N52E39N	1138322.4	310388.3	N84E82S	1137450.7	317723.5
N56E59N	1138384.8	310377.2	N77E79S	1137429.2	317725.9
N11W38N	1138409.6	310352.9	N83E81S	1137403.0	317731.5
N55E64N	1138431.9	310329.6	N82E83S	1137386.4	317738.6
N3E31N	1138527.5	310285.1	N86E81S	1137382.4	3178181.8
N81E42N	1138678.3	310224.8	N88W90+	1137367.3	317818.8
N38E31N	1138765.6	310162.9	N88E88S	1137354.6	317824.3
N71E20N	1138806.9	310129.6	N87W82S	1137326.8	317841.0
N4W14N	1138830.7	310110.5	N84W85S	1137308.6	317838.6
N45E43N	1138989.5	310137.5	N76W75S	1137292.7	317835.5
Región Barcelona			N76W73S	1137269.7	317859.3

Continuación tabla 10.3					
Estructura Planar	Coordenadas		N57W69N	1137255.4	317872.0
	Norte	Este	N68W67S	1137219.7	317945.8
N14E32N	1128573.9	312865.2	N79W24N	1137213.0	317961.5
N6E31N	1128720.0	312911.8	N79W52S	1137208.8	317956.2
N89E37N	1128906.2	312888.5	N79W24N	1137208,5	317960.5
N3E17N	1129145.4	312901.2	N87W80S	1137020.9	317920.9
N49W30N	1128751.7	313074.8	N83W79S	1137354.7	318426.8
N55W34,5N	1128785.6	313100.2	N83W86S	1137449.9	318402.5
N77W26N	1128825.8	313115.0	N67E71N	1137466.8	318390.8
N88W31N	1128861.8	313110.8	N66W74N	1137486.9	318409.9
N6E11,5N	1128872.4	313093.8	N83E79S	1137548.3	318421.5
N55W39N	1128910.5	313053.6	N61W73S	1137581.1	318441.6
N22E37N	1128942.2	313216.6	N68W90+	1137598.1	318471.2
N11W31N	1129111.5	313324.6	N74W89S	1137608.7	318482.9
N14W38N	1129185.6	313328.8	N85W54S	1137640.4	318350.6
N32E47N	1129272.4	313371.1	N69E54N	1137608.7	318292.4
N7W26N	1129346.5	313415.6	N85W84S	1137611.8	318207.7
N4W36N	1129378.0	313324.6	N89W84N	1137637.2	318140.0
N4W31N	1129547.6	313413.5	N60E59S	1137724.0	318136.8
N14E31N	1129577.2	313335.1	N72W74N	1137618.7	318490.3
N39W32S	1129803.7	313229.3	N82W48S	1137685.4	318433.1
N40E27N	1129854.5	313326.7	Región Morro Central Oeste		
N65E24N	1129909.5	313292.8	Estructura Planar	Coordenadas	
N26W25S	1129901.1	313180.6		Norte	Este
N30W20S	1130169.9	313064.2	N79W79N	1137213.9	319326.5
Región Chimana del Sur			N88E71S	1137315.5	319310.0
Estructura Planar	Coordenadas		N87E81N	1137396.5	319309.1
	Norte	Este	N81W74N	1137437.7	319297.9
N70W45S	1134430.3	320494.9	E-W70S	1137502.8	319423.4
N48W70N*	1134182.2	320585.4	N75E58S	1137588.5	319302.7
N59W85N*	1134110.2	320733.6	N85E40N	1137577.4	319183.6
N89W47S	1134245.7	320879.6	N83E40S	1137644.1	319085.2
N70W65N*	1134222.4	320941.0	E-W45N*	1137606.0	318980.4
N82W77S	1134249.9	320932.5	N36E36S	1137587,0	318931.2
N69W78S	1134260.5	321013.0	N63W89S	1137585.4	318918.5
N69W39S	1134309.9	321044.7	N21E31S	1137555.2	318939.2
N72W57S	1134440.4	321159.0	N87W85S	1137512.3	318996.3
N88W41S	1134484.8	321188.7	N87W86S	1137501.2	319069.3
N85W15S	1134637.2	321123.0	N87E83S	1137415.5	319124.9
N62E33N	1134690.2	321197.1	N81E79N	1137407.6	319155.1
N48E40N	1134637.2	321273.3	EW-90+	1137380.6	319072.5
N71E67N	1134692.3	321326.2	N79W76N	1137374.2	319139.2
N69E57N	1134789.6	321336.8	N83W84N	1137282.2	319123.3
N57E64N	1134834.1	321368.6	N88E83S	1137228.2	319123.3
N72E74N	1134914.5	321415.1	N85W48S	1137667.1	319600.8
N64E65N	1135056.3	321444.8	N80E67S	1137636.7	319821.7
N54W59N	1135075.4	321444.8	N86W79S	1137552.0	319709.2
N74E59N	1135149.5	321400.3	N89W89S	1137450.0	319636.5
N63N-S	1135164.3	321353.8	N80E88N	1137377.7	319637.8
N59W39S	1135240.5	321245.8	N80E85N	1137319.2	319877.2

Continuación tabla 10.3					
N74W42S	1135246.8	321269.1	N82E82S	1137575.8	320122.0
N89E66S	1135295.5	321326.2	N64E73N	1137638.0	320061.1
N67N39N	1135340.0	321400.3	N87E80N	1137639.3	320156.4
N78W48N	1135348.4	321578.1	N78E84S	1137688.3	320147.1
N81E49N	1135388.7	321408.8	N72E61S	1137727.9	320079.7
N86E33N	1135475.4	321396.1	N86W63S*	1137789.0	320304.0
N78E70S	1135513.5	321222.5	N84E77S*	1137731.9	320362.8
N88W60S	1135594.0	321021.4	N85E85N	1137679.0	320469.9
N86E65N	1135462.7	320809.8	N74W82N	1137671.1	320391.9
N88E65S	1135526.2	320788.6	E-W88N	1137585.1	320415.7
N87W76N	1135536.8	321410.9	N78E69S	1137399.9	320383.9
N89W83S	1135553.8	321387.6	N88E75N*	1137365.5	320361.4
N74E81S	1135553.8	321336.8	N82E74S	1137438.2	320528.1
N86E62S	1135657.5	321366.5	N86E80N	1137496.4	320475.2
N71E70N	1135591.9	321508.3	N77E80S	1137549.4	320522.8
N89E75S	1135613.0	321521.0	N84E77S	1137612.9	320562.5
N86E84S	1135623.0	321573.9	N77E80S	1137639.3	320610.1
N88W80S	1135564.3	321650.1	N82W72N*	1137705.5	320689.5
N62E76S	1135659.6	321648.0	N84E86N*	1137722.7	320778.2
N84E70S	1135689.2	321700.9	N82W79N	1137614.2	320733.2
N88E45N	1135043.6	321872.3	N82E87S	1137565.2	320742.4
N75W45S	1135083.9	321861.8	Chimana Grande Este –Los Naranjos-		
N77W45S	1135183.3	321870.2	Estructura	Coordenada	
N80W65S	1135354.8	321914.7	Planar	Norte	Este
N80W40N	1135365.4	321836.4	N75E75N*	1137668.0	321064.2
N78E73S	1135687.1	321842.7	E-W73N*	1137530.5	321087.4
N77E37S	1135682.9	321868.1	N75E80N*	1137790.8	321337.2
N63E66S	1135697.7	321918.9	N70E70S	1137695.6	321379.5
N88E50S	1135939.0	321846.9	N65E65S	1137773.9	321574.3
N88E60N	1135896.7	321897.7	N75E83N*	1137913.6	321815.6
N87E55S	1135841.6	321927.4	EW77S	1137975.0	321838.9
N68E66S	1135742.1	321952.8	N75E30N	1137356.9	321284.3
N85W85S	1135701.9	322050.1	N75W51S	1137558.0	321466.3
N80W80N	1135661.7	322069.2	N28E47N	1137486.0	321512.9
N74W45N	1135492.4	322126.3	N30E53N	1137464.8	321540.4
N81W46N	1135388.7	322175.0	N80E85N	1137280.7	321527.7
N83E50S	1135966.5	322009.9	N35E68N	1137471.2	321739.4
N83W60S	1135879.7	322160.2	N22E42S	1137441.6	321762.7
N73E50S	1135828.9	322257.6	N51E62N	1137422.5	321815.6
N87W55N	1135727.3	322280.9	N59E79S	1137403.5	321932.0
N80W55N	1135464.9	322376.1	N66E72S	1137435.2	322025.1
N74W48N	1135426.8	322670.3	N83E77N	1137268.0	321902.4
N70W60N	1135596.1	322621.6	N73E61N	1137486.0	322304.5
N85W55N	1135733.7	322517.9	N76E-S	1137354.8	322289.7
N80W45S	1135797.2	322617.4	N82E75N*	1137301.9	322268.5
N87W80S	1135909.4	322625.9	N60E45S	1137240.5	322262.2
N87W70N	1135960.2	322683.0	N83W56N	1137014.0	322245.3
N80W90+	1136036.4	322693.6	N78W45S	1136988.6	322188.1
N80E30S	1136087.2	322683.0	N89W36S	1136933.6	322082.3
N87E70S	1135994.0	322807.9	N81W36S	1136908.2	322035.7

Continuación tabla 10.3					
N83W50S	1135784.5	322723.2	N57E32N	1136851.0	322035.7
N83W65N	1135729.4	322841.8	N68E41N	1136802.3	322018.8
N70W55N	1135532.6	322930.7	N61E48N	1136738.8	322027.2
N70W75N	1135625.7	322985.7	N80E64N	1136675.3	322037.8
N83W60S	1135682.9	323025.9	N69E39N	1136645.7	322073.8
N10W70S	1135651.1	323152.9	N71W41N	1136679.6	322131.0
N84E60S	1135765.4	323106.4	N63E49N	1136755.8	322213.5
N85E90+	1135945.3	322992.1	N42E34N	1136721.9	322300.3
N70E70S	1135884.0	323123.3	N69E22N	1136783.3	322340.5
N81E90+	1135497.5	323144.5	N54E31N	1136899.7	322397.7
N75W45S	1135913.6	323216.4	N68E44N	1136880.6	322545.8
N-S45W	1135913.6	323309.6	N84W62N	1136933.6	322583.9
N82W90+	1135979.2	323256.6	N80E63N	1137054.2	322628.4
N86W70N	1136059.6	323284.2	N82W78N	1136959.0	322713.0
E-W70N	1136055.4	323208.0	N69E71N	1136978.0	322732.1
N-E45S	1136055.4	323138.1	N82E59N	1137026.7	322763.8
N77E55N	1136049.1	323051.3	N72E38N	1136880.6	322899.3
N70W60S	1136066.0	322992.1	N10W36S	1136954.7	322979.7
N82E45S	1136112.6	323182.6	N60E45S	1137259.5	322484.4
			N63E69S	1137431.0	322473.9
Chimana Grande Este –Los Naranjos-			N73E79S	1137411.9	322564.9
Estructura Planar	Coordenadas		N62E78S	1137515.6	322736.3
	Norte	Este	N76E74N	1137344.2	322626.3
N75W72S	1137174.9	323314.2	N88W75S	1137301.9	322660.1
N50W54S	1137075.4	323405.2	N69W38S	1137248.9	322696.1
N68W50S	1137342.1	323388.3	N61W46S	1137227.8	322808.3
N85W40N	1136819.3	323223.2	N86W51S	1137263.8	322884.5
N75E51N	1136658.4	323504.7	N75W51S	1137079.6	323115.2
N84E46N	1136825.6	323481.4	N75E65S	1137096.5	323015.7
N86W42N	1136870.1	323506.8	N74E56N	1137177.0	323062.3
N71W41S	1136965.3	323583.0	N76W62S	1137253.2	323051.7
N74W68S	1136994.9	323678.2	N61W58S	1137295.5	323043.2
N60W32S	1136880.6	323746.0	N69W59S	1137371.7	323028.4
N67W50S	1137124.1	323892.0	N78W72S	1137217.2	323174.5

(*) estructuras planares volcadas, (+) estructura planares verticales, las otras mediciones son estratificaciones regulares.

APÉNDICE D: 10.4.- Tabla de estaciones de trabajo para el análisis de los esfuerzos y su orientación

A continuación se muestra una tabla, que se refiere a las estaciones de trabajo para el análisis de los esfuerzos y su orientación en donde se hace referencia a las estaciones de trabajo, a la disposición espacial de las diaclasas, y a su ubicación geográfica:

Tabla 10.4: Estaciones de trabajo (ej. PSV2) para las mediciones de los sistemas de diaclasa

Ubicación Geográfica	Sector	Punto o estación de trabajo	Diaclasa	Coordenadas	
				Norte	Este
Isla Chimana Grande, Oeste	Puinare	PSV2	N68W67S	1137209,4	317947,8
			N35E84S		
		PN1	N16E77N	1137211,7	317949,1
			N57E25N		
			N5W84N		
			N57E25N		
		PSV1	N57W69N	1137232,4	317882,8
			N1E81N		
		PS2D	N68E19N	1137245,4	317867,8
			N67E28N		
			N69E21N		
			N71E29N		
			N12E76N		
N4E81N					
N19E72N					
N82E29N					
Isla Chimana Grande, Oeste	Puinare	PS3D	N52E34N	1137260,5	317861,7
			N52E38N		
			N51E21N		
			N41E24N		
			N54E29N		
			N57E31N		
			N6E87N		
			N21E89N		
			N32W87N		
			N12E86N		
			N6W86N		
			N21W84N		
		PS4D	N8E88S	1137318,5	317844,9
			N4E86N		
			N8E4S		
		PS5D	N4E3S	1137331,5	317845,9
			N8E81S		
			N3E89N		
			N10E39S		
			N16W4S		
			N9E88N		

		*Cont. Tab. 10.4			
		PS6D	N2E81N	1137397,1	317728,1
			N6W81N		
			N2E84N		
		PN1D	N6E66S	1137569,8	317558,5
			N14W58S		
			N6E68S		
			N29W27S		
			N24W43S		
			N56W27S		
		PN2D	N10W81S	1137587,8	317516,2
			N12W80S		
			N5W81S		
N69W19S					
N44W25S					
N49W37S					
PN3D	N33E72S	1137581,4	317396,6		
	N32E66N				
	N18E77N				
	N27E72S				
PN4D	N7E89N	1137590,9	317307,7		
	N1E59N				
	N14E87N				
	N2W74S				
PN5D	N2W62N	1137587,2	317169,1		
	N17E74S				
	N17E61S				
	N24E86N				
PN6D	N20E88S	1137645,0	317190,0		
	N82W33S				
PN7D	N26E87N	1137591,9	317107,1		
	N63W50N				
	N28E83N				
	N79W58N				
PN8D	N21E72N	1137595,1	316992,0		
	N29W82N				
	N17W64N				
	N12E38S				
PCHG1	N10E87N	1137690,2	318446,6		
	N71E44N				
	N23W77N				
	N54E53N				
	N4E63S				
	N20E48S				
PCHG2	N6E83S	1137612,1	318498,1		
	N14E73S				
	N12E76S				
	N59E34N				
	N54E31N				
	N39E19N				
PCHG3	N7E40S	1137605,5	318209,7		

Isla Chimana
Grande, Oeste

Puinare

			*Cont. Tab. 10.4		
			N16E55S		
			N35E26N		
			N7E87N		
			N1W74N		
			N26W18N		
PCHG4			N82W78S	1137548,6	318209,7
			N6E81N		
			N50E8N		
PCHG5			N7E86N	1137432,6	319131,7
			N16E89N		
			N9E29N		
			N36W32N		
PCHG6			N3W86S	1137433,9	319290,4
			N6E79S		
			N4E89N		
			N8W88N		
CHGMC1			N51E40N	1137691,6	320156,5
			N51E39N		
			N33W67N		
			N34W69N		
CHGMC2			N27W86S	1137314,7	319685,7
			N4E89N		
			N5W68N		
			N17W64N		
PCHGC1			N4W76N	1137596,6	320792,2
			N3W75N		
			N46W12S		
			N52W15S		
PCHGC2			N21W60N	1137570,1	320632,1
			N11W71N		
			N59E19N		
			N57E19N		
PCHGC3			N13E28N	1137481,5	320542,1
			N32E30N		
			N30W81N		
			N26W78N		
Isla Chimana Grande Sector Centro (sur)	Entre Bahía Olivito y Ensenada Eulalio	PCHG4	N13W76N	1136993,6	322319,0
			N6W72S		
			N4E64S		
			N4E70S		
			N61W50S		
			N8W86N		
		CHGNE2	N78W75N	1137016,7	322293,9
		CHGNE3	N74E55N	1137015,4	322268,8
		CHGNE4	N6W87N	1137015,4	322241,0
			N42E76N		
CHGNE5	N86E72S	1136683,3	322120		
	N11W81S				
CHGNE6	N19E87S	1136884,9	322531,8		
Isla Chimana Grande al este	Desde la Ensenada Eulalio a Punta Cañón	CHGNE	N13W76N	1136993,6	322319,0
			N6W72S		
			N4E64S		
			N4E70S		
			N61W50S		
			N8W86N		
		CHGNE2	N78W75N	1137016,7	322293,9
		CHGNE3	N74E55N	1137015,4	322268,8
		CHGNE4	N6W87N	1137015,4	322241,0
			N42E76N		
CHGNE5	N86E72S	1136683,3	322120		
	N11W81S				
CHGNE6	N19E87S	1136884,9	322531,8		

			*Cont. Tab. 10.4		
			N57E22S		
		CHGNE7	N4W81N N22W54N	1137058,0	322615,9
		CHGNE8	N17E59N	1136883,4	322893,7
			N35E68S		
			N34E64S		
			N17E72S		
			N6E87N		
			N4E74N		
		CHGNE9	N51W65S N51E75N	1137188,2	323057,2
		CHGNE10	N72W64S N13E84S	1137259,6	323047,7
		CHGNE11	N25E88N N14E76S	1137226,3	323171,5
		CHGNE12	N19E70S N63W45S	1137183,4	323311,2
		CHGNE13	N66E44N N5E40N	1137080,2	323401,7
		CHGNE14	N15W89N N17E79S	1136829,4	323474,7
		CHGNE15	N14E49N N51E42N	1136972,3	323571,6
		CHGNE16	N10E67S N15E86N	1137000,8	323679,5
		CHGNE17	N6W52N N38E69N	1137308,8	323036,6
		CHGNE18	N38E42N N22W84N	1137375,5	323022,3
		CHGNE19	N5W76S N77W57N	1137232,6	322796,9
		CHGNE20	N61E61N N10W70N	1137251,7	322693,7
		CHGNE21	N15W78N N17E74S	1137343,7	322623,8
		CHGNE22	N31W87N N18W43S	1137413,6	321930,4
		CHGNE23	N4W59S N32W53N	1137413,6	321930,4
CHGNE24	N53W88N N78W67S	1137477,1	321737,5		
Isla Chimana del Sur	desde la zona septentrional hasta Punta Barrigón	CHS1	N82W89N N33E75S	1134610,5	321219,0
		CHS2	N68W34S N24E50N	1134631,1	321360,3
		CHS3	N15E52S N12W84S	1134715,3	321363,5
		CHS4	N19W55S N71W46S	1134759,7	321396,8
		CHS5	N5W54S	1134842,3	321442,8

			*Cont. Tab. 10.4 N82W58S				
		CHS6	N13E43S N47W52S	1135161,4	321392,0		
		CHS7	N7E61S N76E62N	1135170,9	321273,0		
		CHS8	N4W69S N48E28N	1135267,7	321419,0		
		CHS9	N21E39N N18W59S	1135463,0	321431,7		
		CHS10	N39W42N N38W68S	1135483,6	321361,9		
		CHS11	N4W56S N11E75N	1135536,0	321547,6		
		CHS12	N15W81S N56E27N	1135591,6	321668,3		
		CHS13	N32W79S N23W56S	1135609,0	321861,9		
		CHS14	N3W74N N13E77N	1135613,8	321893,7		
		CHS15	N27E59N N14W74S	1135672,5	321979,4		
		CHS16	N16E82N N54W74N	1134413,1	321213,3		
		CHS17	N32E87S N72E64N	1134225,3	321065,2		
		CHS18	N1E69S N19E83N	1134185,6	321037,4		
		Isla Chimana del Oeste	Desde la parte septentrional hasta la Meridional	CHO1	N54W68N N88W68S	1138024,1	316424,0
				CHO2	N12E47S N82W76N	1138138,4	316427,2
				CHO3	N24E76S N83E87N	1138268,6	316443,0
				CHO4	N76E82N N28E61S	1138500,4	316471,6
CHO5	N2E47S N12E88N			1138649,6	316485,9		
CHO6	N31E74S N41E51N			1138724,2	316482,7		
CHO7	N22E54S N88W87N			1138906,8	316501,8		
Isla Borracha	Vertiente Sur	BORRAC1	N39W84S N15W64N	1138264,4	310675,9		
		BORRAC2	N16W87N N54W87S	1138198,2	310650,8		
		BORRAC3	N28W86N N81W84S	1138254,9	310472,2		
		BORRAC4	N3W85S N3W85S	1139124	310565		
		BORRAC5	N64W78S	1138318,6	310392,8		

			*Cont. Tab. 10.4 N76W83S				
		BORRAC6	N51W69S N29W77N	1138378,1	310379,6		
		BORRAC7	N62W74S N2W73S	1138400,6	310355,7		
		BORRAC8	N44W87N N27E62S	1138435,0	310335,9		
		BORRAC9	N32W56S N29E35S	1138487,9	310313,4		
		BORRAC10	N24W89S N72E44S	1138566,0	310275,1		
		BORRAC11	N74E89N N5W89N	1138747,2	310175,8		
		BORRAC12	N62W89S N28E57S	1138792,2	310136,1		
		BORRAC13	N11W82S N69E57S	1138974,8	310149,4		
		Morro de Barcelona	Zona central	A1	N10E83S	1128756,5	313086,8
					N73E71S		
					N11W89S		
					N76E65S		
N8W83S							
N86E56S							
N6E82S							
N70E75S							
N17E74S							
N75E67S							
A1.2	N13E83S			1128779,1	313105,4		
	N74E63S						
	N9E86S						
	N87E63S						
A2.1	N76E83S			1128827,1	313116,9		
	N81E89S						
	N11W64S						
	N73E87S						
A2.2	N12W56S			1128845,6	313114,5		
	N84E80S N7985N						
A2.3	N85E89N			1128839,4	313118,5		
	N1W88S						
	N16E87S						
	N13E84N						
A.3	N14E73S			1128808,1	313090,7		
	N21E67N						
	N32E88N						
	N44E83N						
	N9E88N						
	N83E78N						
	N10E63S						
N84E88N							

			*Cont. Tab. 10.4		
			N6E74N		
		A4	N11E81S	1128856,6	313107,4
			N44E82N		
			N2E64S		
			N23E69N		
			N71E88N		
			N77E87N		
		A5	N7E59S	1128858,8	313110,3
			N83E82N		
			N7E63S		

(*) Cont Tab. 10.4: Continuación tabla 10.4

APÉNDICE E: 10.5.- Metodología del procesamiento de los datos geofísicos

A continuación se hará un breve resumen de los ya establecido en el apartado “2.1.2.4.- *Levantamiento Geofísico, Método Eléctrico Dipolo-Dipolo*”, además de complementarla con el procesamiento de los datos tomados durante la fase de campo geofísico.

Se definieron cinco (5) líneas de estudio, las cuales se especificarán más adelante sus características. Para establecer la ubicación y evolución topográfica de las líneas fue utilizado un GPS navegador marca Garmin. Al definir las líneas de estudio se aplicaron en ellas técnicas de Ingeniería Geofísica en la modalidad de método eléctrico, específicamente en la configuración dipolo-dipolo (llamado también perfilaje eléctrico), para obtener las imágenes 2 D del subsuelo. El propósito de aplicar el método eléctrico es el determinar la distribución de resistividades en el subsuelo basados en mediciones superficiales que permita identificar los cambios laterales de las propiedades eléctricas.

En la figura 10.18 a 10.22 se muestra las ubicaciones para cada una de las líneas geofísicas planteadas en esta investigación, las cuales antes de iniciar los trabajos de campo fue necesaria la planificación de 5 líneas en la oficina (líneas 1, 2, 3, 4 y 5). Sobre los mapas son ploteados o buscarle una ubicación relativa para los puntos que determinan las extensiones, coordenadas de inicio y final de las líneas a ser consideradas. Estas coordenadas al introducirlas en el GPS navegador fue posible referenciar las líneas planificadas, y con ello, orientar las labores de campo.

Antes de iniciar los registros geofísicos en cada una de las líneas, primero se induce un campo eléctrico mediante la inyección de corriente, logrando las condiciones para captar la respuesta eléctrica del subsuelo en registros instrumentales. Tanto la inyección de corriente como el medir la respuesta del suelo son la base para calcular la resistividad aparente con la fórmula básica

$$\rho = \frac{V}{I} \times G \quad (1)$$

Donde, la intensidad de corriente (I) es la inyectada al subsuelo, la diferencia de potencial (V) es medido directamente en la superficie del suelo y el factor geométrico (G) se obtiene por la posición de los electrodos instalados en la superficie del terreno.

La figura 10.10 muestra la configuración de cuatro electrodos instalados en superficie y los puntos h, i, j, k, l (y) m están en profundidad donde proviene la respuesta eléctrica medida.

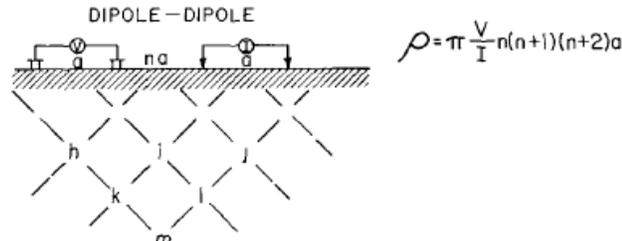


Fig. 10.10: Geometría de adquisición para imagen 2D. Variante Dipolo-Dipolo. Tomado de www.geophysics.com/maging3.

A medida que se desarrollan las mediciones, los electrodos o puntos de inyección y de medición van avanzando a lo largo de la línea de estudio hasta que se cubre la totalidad de la línea en cuestión.

La técnica de perfilaje eléctrico reproduce imágenes 2D con geometría similar a la de un trapecio invertido, por lo que es necesario definir longitudes mayores para las profundidades deseadas, al distanciar equitativamente los receptores, estos ampliarán el espectro en la vertical (en el subsuelo), debido a que los puntos se interceptarán a mayor profundidad, y creará la geometría para el subsuelo planteada, ya que la profundidad máxima de estudio se logra alejado del punto inicial o final de la imagen 2 D.

Aplicación: Se aplicaron cinco perfiles eléctricos con las siguientes características

- a.- Perfil Eléctrico “Chimana del Sur”, abertura entre los electrodos 20 metros (a), con siete (7) puestas de $n=1$ hasta $n=7$, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.
- b.- Perfil Eléctrico “Chimana Grande Sector Este – Los Naranjos”, abertura de 10 metros (a), con seis (6) puestas de $n=1$ a $n=6$, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.
- c.- Perfil Eléctrico “Chimana Grande Sector Oeste – Este de Playa Puinare”, abertura de 3 metros (a), con seis (10) puestas de $n=1$ a $n=10$, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.
- d.- Perfil Eléctrico “Borracha Sector Este – Centro”, abertura de 10 metros (a), con nueve (9) puestas de $n=1$ a $n=9$, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.
- e.- Perfil Eléctrico “Morro de Barcelona Sector Este-central”, abertura de 4 metros (a), con once(11) puestas de $n=1$ a $n=11$, y cada puesta fue realizada con 10 electrodos.

Detalles de la adquisición de datos eléctricos: Se colocan 10 electrodos con separación “a” metros entre cada uno, los dos primeros electrodos funcionan como inyectores de corriente con pulso de duración 4 segundos, los 8 electrodos restantes se mide la respuesta del suelo como diferencia de potencial, como se muestra en la figura 2.2. La emisión y recepción de corriente será realizada con el equipo Saris de la SCINTREX, y los electrodos respectivamente.

A continuación se muestran un conjunto de tablas donde se colectan todas las respuestas eléctricas de las cinco líneas o perfiles realizados en campo

Tabla 10.5: Datos Eléctricos de Chimana del Sur.

Datos para Perfil Geo eléctrico Chimana del Sur								
TOMA 1			TOMA 2			TOMA 3		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	16,15		AB 1-2	34,72		AB 1-2	34,65	
2-3	30,33		2-3	32,43		2-3	56,09	
3-4	19,18		3-4	46,75		3-4	78,79	
4-5	26,15		4-5	60,43		4-5	79,98	
5-6	32,09		5-6	60,96		5-6	101,5	
6-7	29,75		6-7	74,39		6-7	60,55	
7-8	35,66		7-8	45,63		7-8	74,11	
TOMA 4			TOMA 5			TOMA 6		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	47,45		AB 1-2	51,67		AB 1-2	66,15	
2-3	78,73		2-3	68,60		2-3	118,3	
3-4	166,2		3-4	98,03		3-4	98,28	
4-5	43,73		4-5	73,68		4-5	139,3	
5-6	167,3	168,6	5-6	95,77		5-6	123,7	
6-7	51,29	86,22	6-7	82,31		6-7	110,7	180,6
7-8	808,5	820,7	7-8	68,06		7-8	108,3	102,6
TOMA 7			TOMA 8 CIERRE			TOMA 9 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	95,02		AB 1-2	38,35		AB 1-2	91,12	
2-3	91,46		2-3	59,94		2-3	141,7	
3-4	141,8		3-4	70,70		3-4	151,9	
4-5	142,5		4-5	72,46		4-5	182,3	
5-6	135,6		5-6	71,61		5-6	108,1	
6-7	129,0	220,6	6-7	40,09	41	6-7		
7-8	71,06	84,55	7-8			7-8		
TOMA 10 CIERRE			TOMA 11 CIERRE			TOMA 12 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	111,0		AB 1-2	143,5		AB 1-2	148,5	
2-3	166,0		2-3	232,7		2-3	150,2	
3-4	207,5		3-4	176,6		3-4		
4-5	134,0		4-5			4-5		
5-6			5-6			5-6		
6-7			6-7			6-7		
7-8			7-8			7-8		
TOMA 13 CIERRE			TOMA 8 CIERRE			TOMA 9		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	103,0		AB 1-2			AB 1-2		

Tabla 10.6: Datos Eléctricos de Chimana Grande Sector Los Naranjos.

Datos para Perfil Geo eléctrico Chimana Grande Sector Los Naranjos								
TOMA 1			TOMA 2			TOMA 3		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	2,498		AB 1-2	1,51		AB 1-2	1,089	
2-3	2,638		2-3	2,086		2-3	2,696	
3-4	2,395		3-4	4,941		3-4	4,724	
4-5	6,278		4-5	8,099		4-5	7,791	
5-6	9,894		5-6	12,51		5-6	4,136	
6-7	15,22		6-7	1,581	2,705	6-7	22,04	
7-8	11,08		7-8	2732	2670	7-8	6,038	
TOMA 4			TOMA 5			TOMA 6		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	3,049		AB 1-2	5,532		AB 1-2	18,61	
2-3	4,715		2-3	10,84		2-3	33,96	
3-4	9,283	8,876	3-4	20,15		3-4	10,15	
4-5	10,29		4-5	0,935		4-5	43,83	
5-6	7,967		5-6	13,6		5-6	25,84	
6-7	6,93		6-7	32,72		6-7	39,78	
7-8	42,82		7-8	12,76		7-8	97,22	
TOMA 7 CIERRE			TOMA 8 CIERRE			TOMA 9 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	28,94		AB 1-2	9,6		AB 1-2	19,92	
2-3	10,19		2-3	35,24		2-3	24,9	
3-4	36,38		3-4	27,09		3-4	62,82	
4-5	21,59		4-5	54,05		4-5	195,2	
5-6	38,60		5-6	150,3		5-6		
6-7	110		6-7			6-7		
7-8			7-8			7-8		
TOMA 10 CIERRE			TOMA 11 CIERRE			TOMA 12 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	19,8		AB 1-2	54,02		AB 1-2	2,664	
2-3	79,25		2-3	29,97		2-3		
3-4	234,5		3-4			3-4		

Tabla 10.7: Datos Eléctricos de Chimana Grande Sector Puinare.

Datos para Perfil Geo eléctrico Chimana Grande Sector Puinare								
TOMA 1			TOMA 2			TOMA 3		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	67,25		AB 1-2	14		AB 1-2	14,93	
2-3	72,31		2-3	16,53		2-3	17,36	
3-4	74,32		3-4	17,83		3-4	26,14	
4-5	77,99		4-5	24,88		4-5	23,44	
5-6	103,9		5-6	22,72		5-6	24,34	
6-7	87,89		6-7	21,89		6-7	11,29	12,82
7-8	85,9		7-8	11,24		7-8	19,52	
TOMA 4			TOMA 5			TOMA 6		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	21,87		AB 1-2	43,31		AB 1-2	27,7	
2-3	35,27		2-3	145,3		2-3	32,14	
3-4	35,52		3-4	110,2		3-4	16,6	
4-5	30,1	27,6	4-5	54,8		4-5	26,54	
5-6	27,39		5-6	67,13	65,25	5-6	13,92	
6-7	14,44	14,59	6-7	49,87		6-7	22,02	
7-8	34,44		7-8	37,01		7-8	27,28	31,4
TOMA 7			TOMA 8			TOMA 9		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	30,93		AB 1-2	11,84	12,08	AB 1-2	17,23	
2-3	18,47	18,49	2-3	21,19		2-3	10,68	
3-4	30,16		3-4	11,95		3-4	18,93	
4-5	15,92		4-5	20,34		4-5	24,21	
5-6	25,80		5-6	26,29		5-6	23,85	
6-7	32,9		6-7	25,19	25,59	6-7	29,33	
7-8	30,71		7-8	30,23		7-8	18,77	18,93
TOMA 10			TOMA 11 CIERRE			TOMA 12 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	6,764		AB 1-2	20,79		AB 1-2	16,32	
2-3	11,87		2-3	26,13		2-3	16,43	
3-4	15,06		3-4	25,36		3-4	20,7	
4-5	13,63		4-5	32,52		4-5	11,8	
5-6	17,43		5-6	18,78		5-6	13,12	
6-7	10,21		6-7	20,74		6-7		
7-8	12,64		7-8			7-8		
TOMA 13 CIERRE			TOMA 14 CIERRE			TOMA 15 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	15,83		AB 1-2	19,92		AB 1-2	10,46	
2-3	21,53		2-3	13,43		2-3	12,94	
3-4	12,77		3-4	17,8		3-4		
4-5	14,75	14,4	4-5			4-5		
TOMA 16 CIERRE								
Electrodos	δ	Obs.						
AB 1-2	14,90							

Tabla 10.8: Datos Eléctricos de Isla Borracha, Vertiente Sur.

Datos para Perfil Geo eléctrico Isla Borracha, Vertiente Sur								
TOMA 1			TOMA 2			TOMA 3		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	32,72		AB 1-2	43,70		AB 1-2	34,77	34,57
2-3	37,40		2-3	43,37		2-3	47,8	
3-4	38,83		3-4	47,75		3-4	25,63	
4-5	39,71	38,34	4-5	21,52		4-5	22,07	
5-6	15,81		5-6	18,73		5-6	40,35	
6-7	13,50		6-7	32,22		6-7	119,3	
7-8	24,98		7-8	88,68		7-8	57,55	
TOMA 4			TOMA 5			TOMA 6		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	29,6		AB 1-2	27,80		AB 1-2	44,82	
2-3	17,02		2-3	35,54		2-3	86,05	
3-4	18,08		3-4	72,75		3-4	155,0	155,1
4-5	36,79		4-5	153,0	153,1	4-5	63,97	
5-6	79,81	80,36	5-6	62,25		5-6	50,7	50,92
6-7	41,30		6-7	50,85		6-7	34,53	
7-8	26,58		7-8	36,27		7-8	30,57	
TOMA 7			TOMA 8			TOMA 9		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	52,37	52,7	AB 1-2	40,41	41,49	AB 1-2	16,85	
2-3	64,53		2-3	12,54		2-3	17,44	
3-4	25,17		3-4	11,62		3-4	16,33	
4-5	20,12	20,11	4-5	8,927		4-5	8,195	7,656
5-6	14,6		5-6	7,957		5-6	20,89	22,56
6-7	11,85		6-7	7,374		6-7	4,26	1,769
7-8	11,54		7-8	7,733		7-8	37,10	37,47
TOMA 10 CIERRE			TOMA 11 CIERRE			TOMA 12 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	39,51		AB 1-2	12,21		AB 1-2	9,672	
2-3	39,48		2-3	13,67		2-3	11,97	
3-4	41,03		3-4	15,09		3-4	14,49	
4-5	35,07		4-5	18,06		4-5	17,55	
5-6	56,6		5-6	22,15		5-6	/	
6-7	38,92		6-7	/		6-7	/	
7-8	/		7-8	/		7-8	/	
TOMA 13 CIERRE			TOMA 14 CIERRE			TOMA 15 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	7,826		AB 1-2	9,762		AB 1-2	9,793	
2-3	10,61		2-3	12,34		2-3	/	
3-4	13,68		3-4	/		3-4	/	

Tabla 10.9: Datos Eléctricos de El Morro de Barcelona.

Datos para Perfil Geo eléctrico El Morro de Barcelona								
TOMA 1			TOMA 2			TOMA 3		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	85,19		AB 1-2	90,45		AB 1-2	50,21	
2-3	49,74		2-3	6,188		2-3	47,04	
3-4	57,17		3-4	82,92		3-4	10,75	
4-5	165,0		4-5	79,16		4-5	14,27	
5-6	142,8		5-6	151,9		5-6	74,14	
6-7	20,84		6-7	455,9		6-7	242,4	
7-8	400,7		7-8	665,0		7-8	758,8	
TOMA 4			TOMA 5			TOMA 6		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	117,9		AB 1-2	50,08		AB 1-2	61,96	
2-3	187,0		2-3	341,2		2-3	40,09	
3-4	588,3		3-4	278,8		3-4	860,5	
4-5	2144		4-5	942,6		4-5	31,59	
5-6	3834		5-6	5560		5-6	148,9	
6-7	1329		6-7	6880		6-7	132,0	
7-8	2149		7-8	10369		7-8	325,3	
TOMA 7			TOMA 8			TOMA 9		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	56,48		AB 1-2	254,1		AB 1-2	293,0	
2-3	267,5		2-3	66,66		2-3	3841	
3-4	669,5		3-4	342,3		3-4	5393	
4-5	867,5		4-5	257,8		4-5	8432	
5-6	17018		5-6	599,8		5-6	11320	
6-7	74143		6-7	2886		6-7	8008	
7-8	5457		7-8	5188		7-8	3373	
TOMA 10			TOMA 11			TOMA 12 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	101,1	105,9	AB 1-2	72,45		AB 1-2	99,19	
2-3	236,0	256,7	2-3	911,8		2-3	202,3	
3-4	454,3	491,3	3-4	700,3		3-4	253,3	
4-5	1916		4-5	584,1		4-5	249,0	
5-6	3955		5-6	750,9		5-6	3369	
6-7	9736		6-7	7151		6-7	5546	
7-8	12729		7-8	11200		7-8		
TOMA 13 CIERRE			TOMA 14 CIERRE			TOMA 15 CIERRE		
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.
AB 1-2	84,66		AB 1-2	72,02		AB 1-2	81,84	
2-3	88,04		2-3	70,11		2-3	572,2	
3-4	204,3		3-4	1631		3-4	1506	
4-5	327,0		4-5	3326		4-5		
5-6	6240		5-6			5-6		
TOMA 16 CIERRE			TOMA 17 CIERRE					
Electrodos	δ	Obs.	Electrodos	δ	Obs.			
AB 1-2	202,3		AB 1-2	2064				
2-3	585		2-3					

Posteriormente, se utiliza el programa RES2DINV en la etapa de procesamiento de la información. El RES2DINV permite visualizar los datos de manera independiente, ver figura 10.11, donde se logran revisiones comparativas con los demás datos, logrando identificar comportamientos individuales o grupales que a su vez son verificados de acuerdo a su posición espacial respecto a la línea estudiada. Con frecuencia el proceso de comparación permite identificar algún dato fuera de orden o de comportamiento “dudoso”, véase la figura 10.12. La eliminación de puntos dudosos nunca supera el 5% del volumen general.

Línea 1 (1) - Notepad			
File	Edit	Format	View Help
PERFIL ELÉCTRICO: CHIMANA DEL SUR.			
20			
3			
70			
1			
0			
30	20	1	16.15
40	20	2	30.33
50	20	3	19.18
60	20	4	26.15
70	20	5	32.09
80	20	6	29.75
90	20	7	35.66
50	20	1	34.72
60	20	2	32.43
70	20	3	46.75
80	20	4	60.43
90	20	5	60.96
100	20	6	74.39
110	20	7	45.63
70	20	1	34.65
80	20	2	56.09
90	20	3	78.79
100	20	4	79.98
110	20	5	101.5
120	20	6	60.55
130	20	7	74.11
90	20	1	47.45
100	20	2	78.73
110	20	3	166.2
120	20	4	43.73
130	20	5	167.3
140	20	6	86.22
150	20	7	808.5
110	20	1	51.67
120	20	2	68.6
130	20	3	98.03
140	20	4	73.68
150	20	5	95.77
160	20	6	82.31
170	20	7	68.06
130	20	1	66.15
140	20	2	118.3
150	20	3	98.28

Línea 1 (1) - Notepad			
File	Edit	Format	View Help
120	20	2	68.6
130	20	3	98.03
140	20	4	73.68
150	20	5	95.77
160	20	6	82.31
170	20	7	68.06
130	20	1	66.15
140	20	2	118.3
150	20	3	98.28
160	20	4	139.3
170	20	5	123.7
180	20	6	110.7
190	20	7	108.3
150	20	1	95.02
160	20	2	91.46
170	20	3	141.8
180	20	4	142.5
190	20	5	135.6
200	20	6	129
210	20	7	71.06
170	20	1	38.35
180	20	2	59.94
190	20	3	70.7
200	20	4	72.46
210	20	5	71.61
220	20	6	40.09
190	20	1	91.12
200	20	2	141.7
210	20	3	151.9
220	20	4	182.3
230	20	5	108.1
210	20	1	111
220	20	2	166
230	20	3	207.5
240	20	4	134
230	20	1	143.5
240	20	2	232.7
250	20	3	178.6
250	20	1	148.5
260	20	2	150.2
270	20	1	103
2			
19			
-20.00	80		

Línea 1 (1) - Notepad			
File	Edit	Format	View Help
210	20	5	71.61
220	20	6	40.09
190	20	1	91.12
200	20	2	141.7
210	20	3	151.9
220	20	4	182.3
230	20	5	108.1
210	20	1	111
220	20	2	166
240	20	4	134
230	20	1	143.5
240	20	1	143.5
240	20	2	232.7
250	20	3	178.6
250	20	1	148.5
260	20	2	150.2
270	20	1	103
2			
19			
-20.00	80		
0.00	70		
9.43	65		
25.84	59		
39.98	56		
51.64	56		
65.24	55		
91.87	58		
111.28	61		
124.01	63		
137.61	65		
154.26	67		
164.11	70		
178.42	76		
195.42	78		
209.98	79		
224.13	81		
294.38	79		
314.38	79		
2			
0			
0			
0			
0			
0			

Fig. 10.11: Datos tomados para la Isla Chimana del Sur, evolución del archivo “Notepad” de izquierda a derecha.

La figura 10.12 muestra la presencia de dos datos de comportamiento dudoso identificado en la línea 0.

Por último, fueron elaboradas las imágenes 2D utilizando el programa RES2DINV. Por cada línea estudiada fueron definidas entre 3 y 5 versiones de imágenes 2D. A medida que la base de dato experimenta algún cambio es elaborada una nueva versión de imagen 2D. Los cambios en la base de datos son originados principalmente por la eliminación de algún punto dudoso. Al

comparar las versiones entre sí es seleccionada la imagen 2D definitiva que representa la línea de interés.

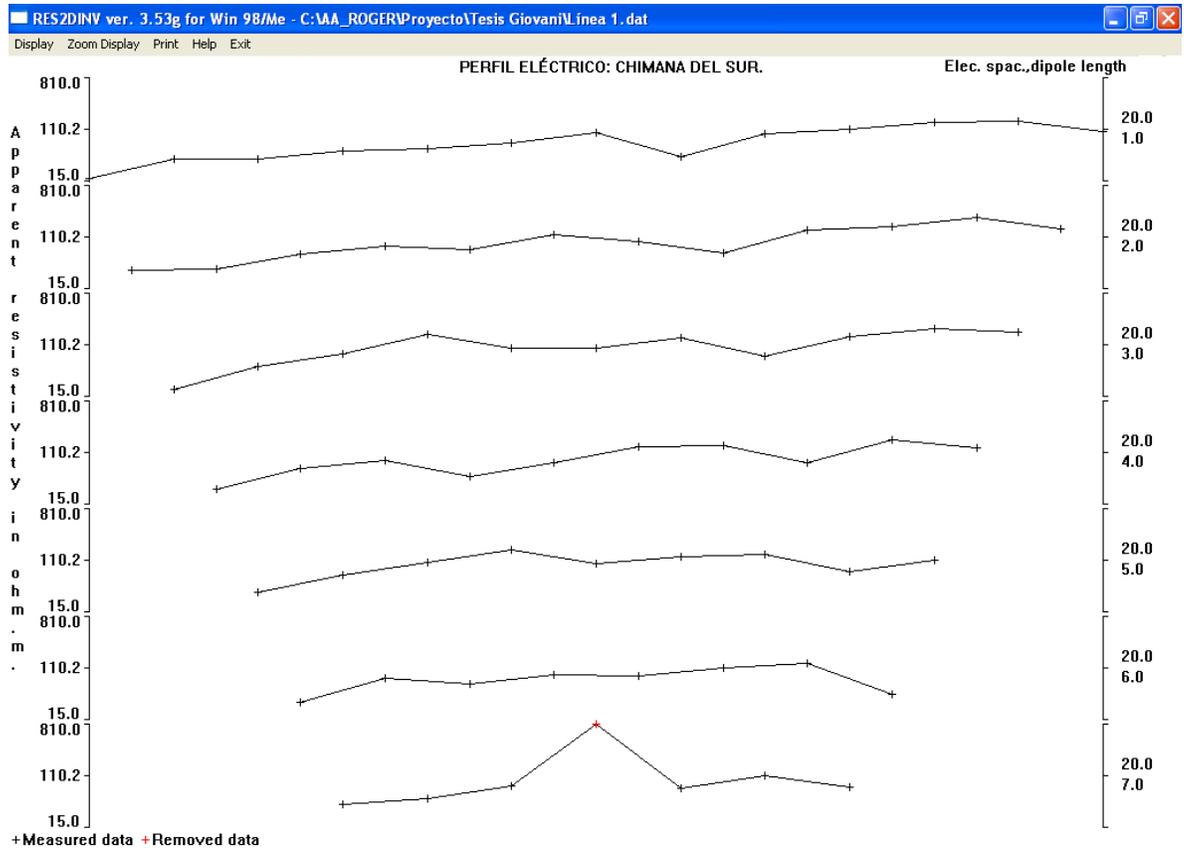
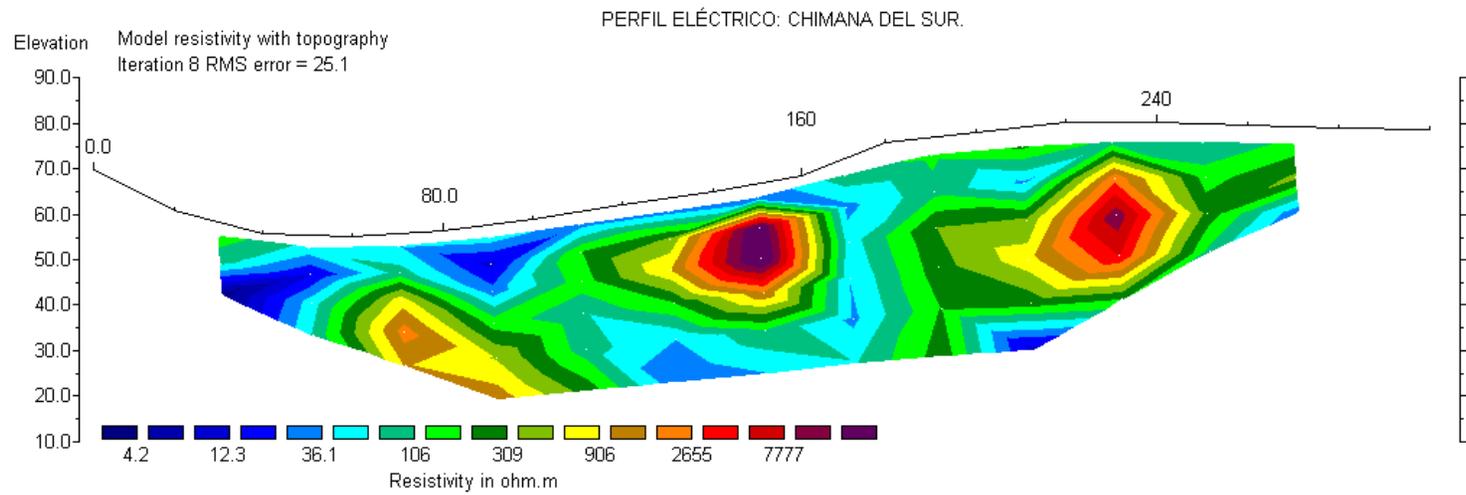


Fig. 10.12: Visualización de datos adquiridos de la línea *Chimana de Sur*. Se identifica el comportamiento de un dato en relación a los demás (+) punto de comportamiento dudoso.

En la tabla 10.10 se presentan los puntos de geo-referencia de las líneas geofísicas elaboradas para esta investigación, y desde la figura 10.18 a la fig.10.22, se muestra las líneas geofísicas espacialmente.



Horizontal scale is 62.87 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.00
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 300.0 m.

Fig. 10.13: Perfil eléctrico Chimana del Sur.

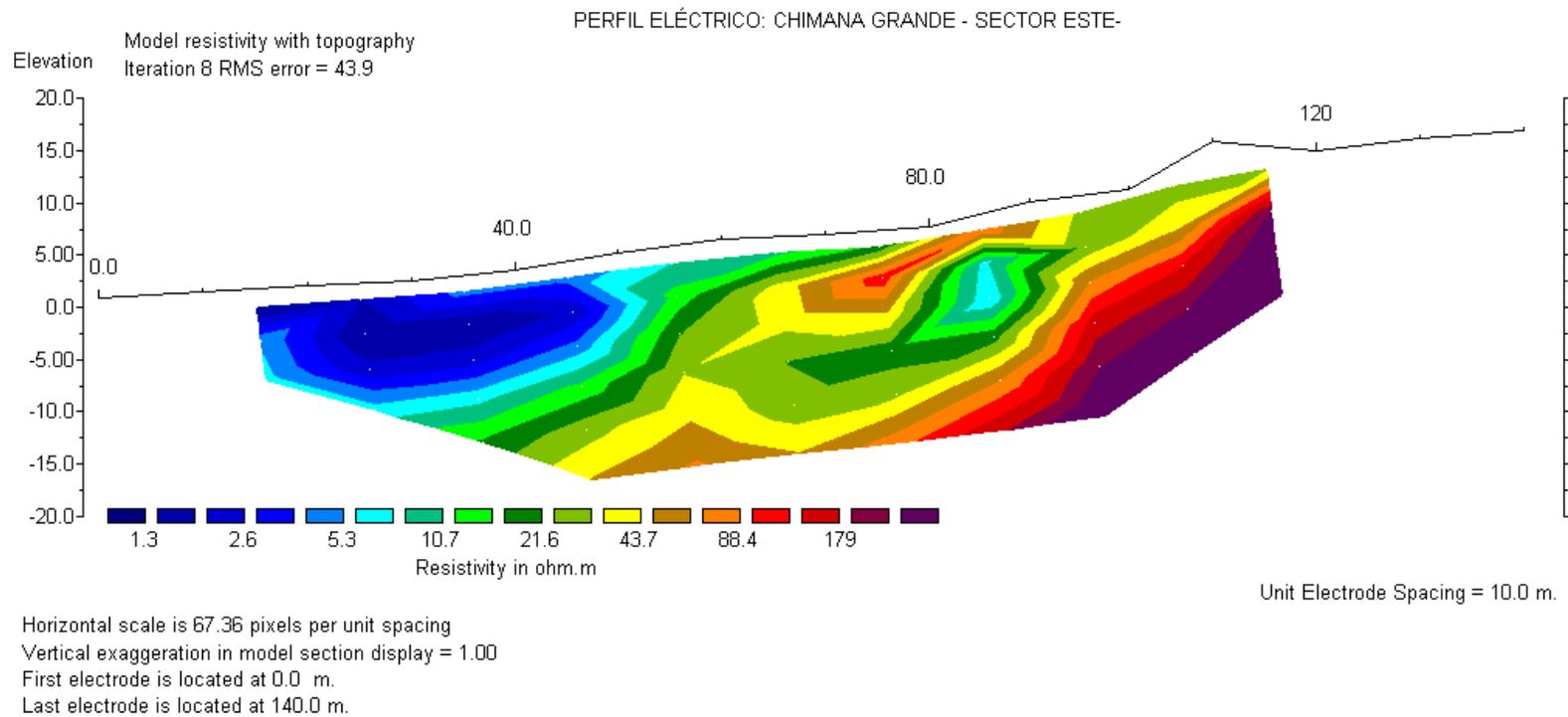


Fig. 10.14: Perfil eléctrico Chimana Grande, Sector Los Naranjos.

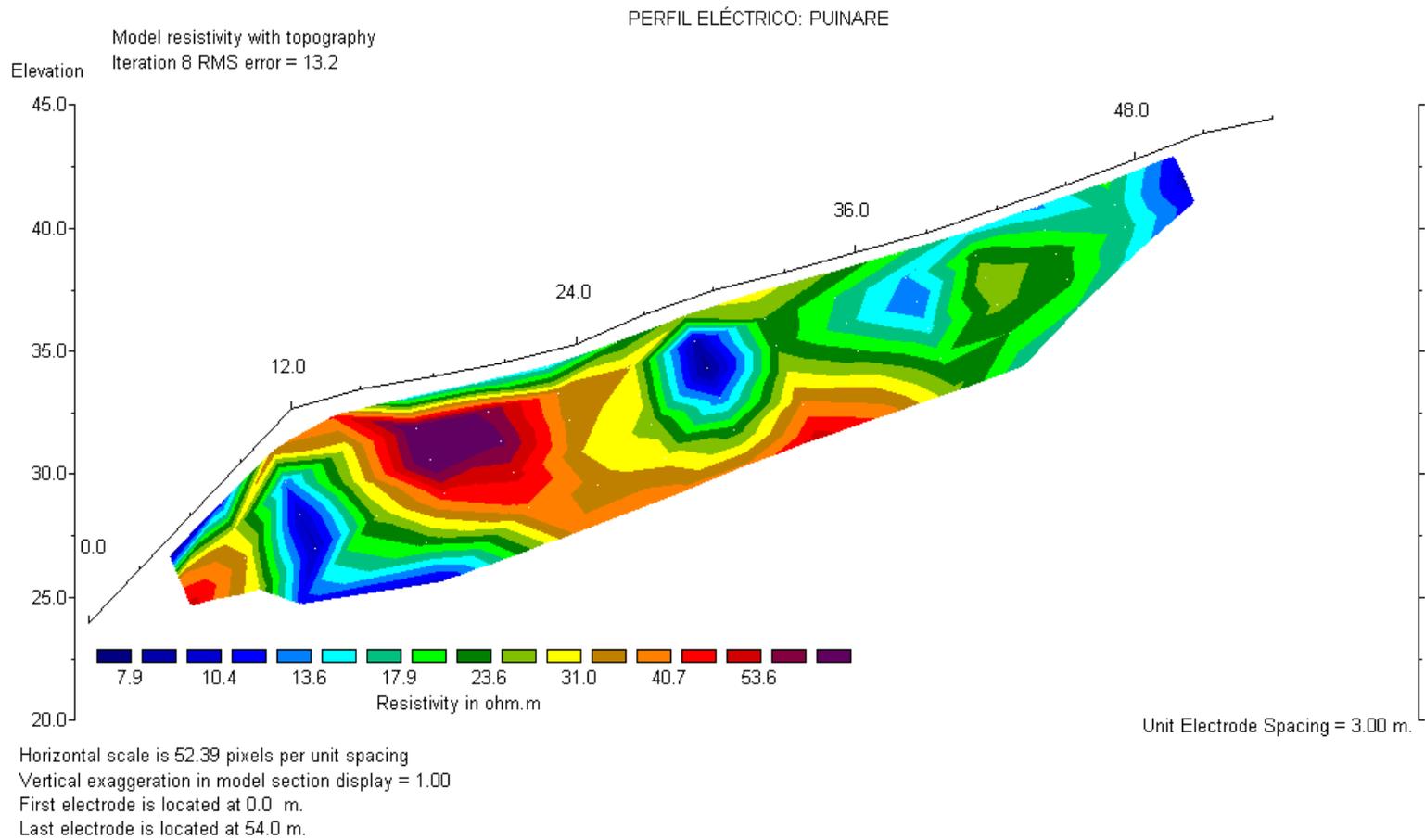


Fig. 10.15: Perfil eléctrico Chimana Grande, Sector Playa Puinare.

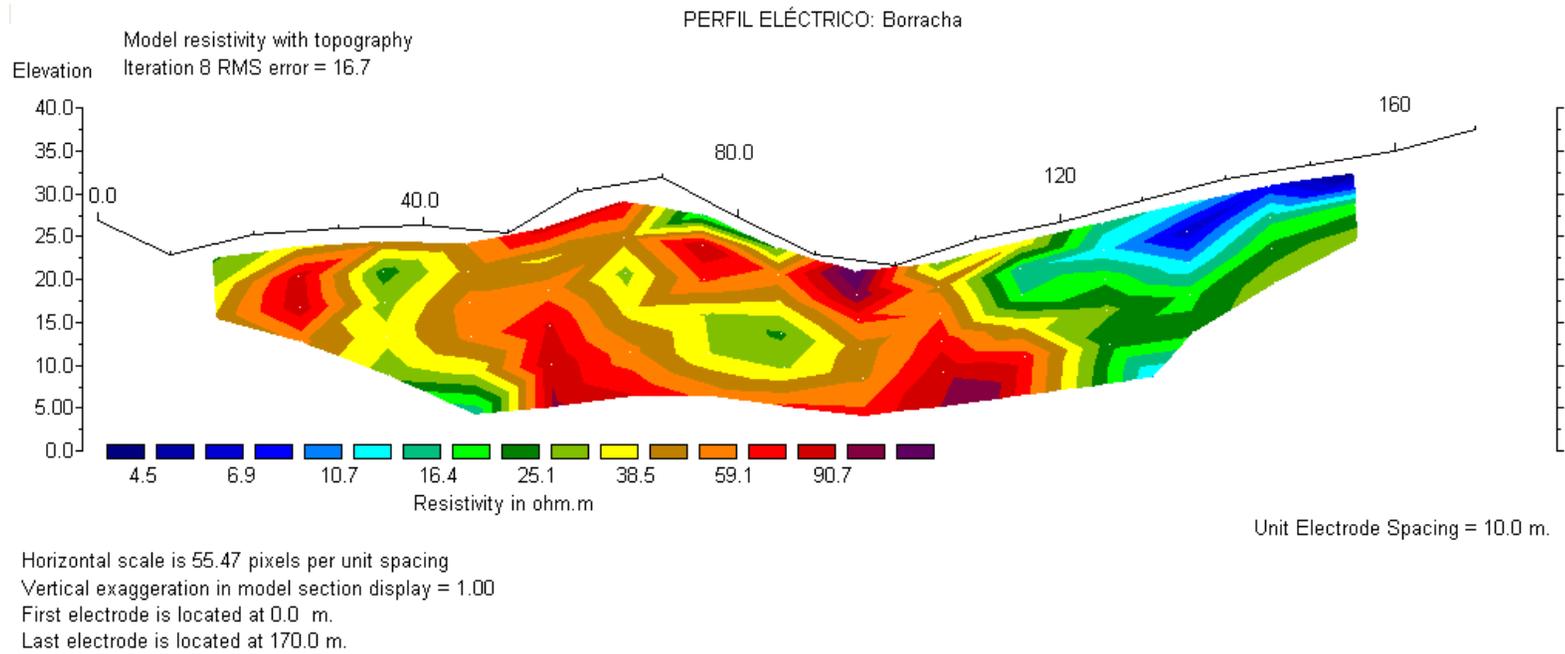
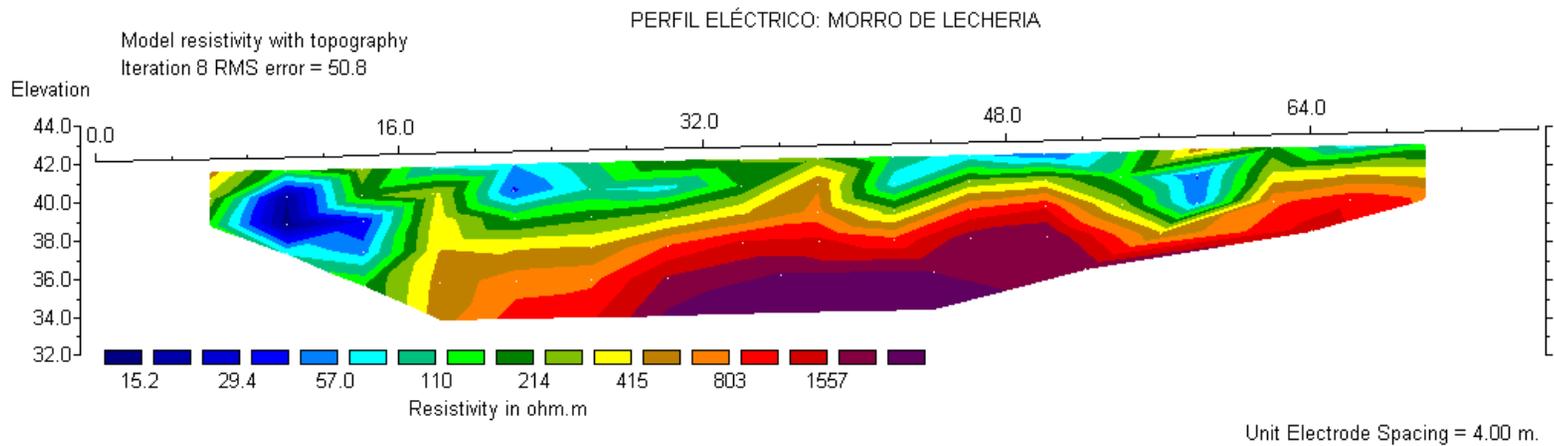


Fig. 10.16: Perfil eléctrico Borracha, vertiente sur.



Horizontal scale is 49.63 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.00
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 76.0 m.

Fig. 10.17: Perfil eléctrico Morro de Barcelona.

Tabla 10.10: Puntos de Georeferencia de los perfiles elaborados para las Islas Las Chimanas y Borrachas, y el Morro de Barcelona.

Puntos de Referencia de los Perfiles de Geofísicos			
Perfil Morro de Barcelona		Perfil Chimana Grande, Los Naranjos	
Este	Norte	Este	Norte
313.320,52	1.129.131,96	322.524,5	1.136.859,9
313.324,62	1.129.168,6	322.488,8	1.136.939,2
Perfil Borracha		322.479,5	1.136.962,4
310.574,9	1.138.328,1	322.461,0	1.136.981,6
310.420,4	1.138.431,8	322.452,4	1.136.992,8
Perfil Puinare		322.443,8	1.136.994,8
317.880,18	1.137.267,9	Perfil Chimana del Sur	
317.887,61	1.137.287,0	321.260,6	1.134.444,2
317.897,9	1.137.310,0	321.366,9	1.134.610,3
		321.375,6	1.134.707,9

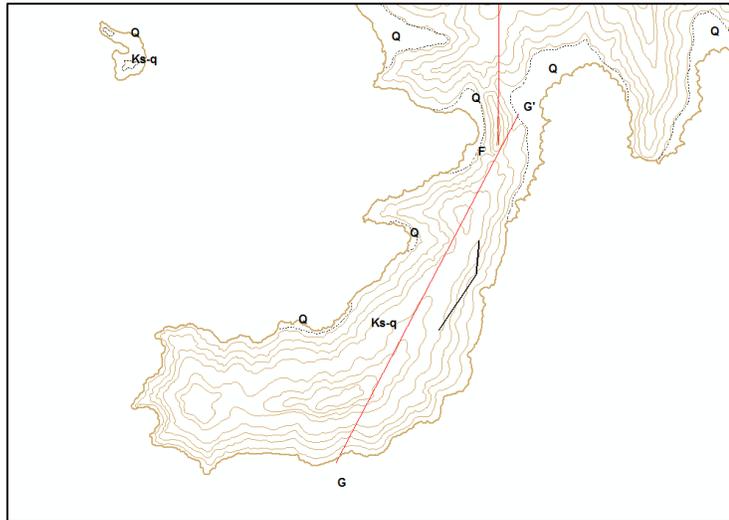


Fig. 10.18: Representación Espacial del Perfil eléctrico Chimana del Sur, en la Isla Chimana del Sur.

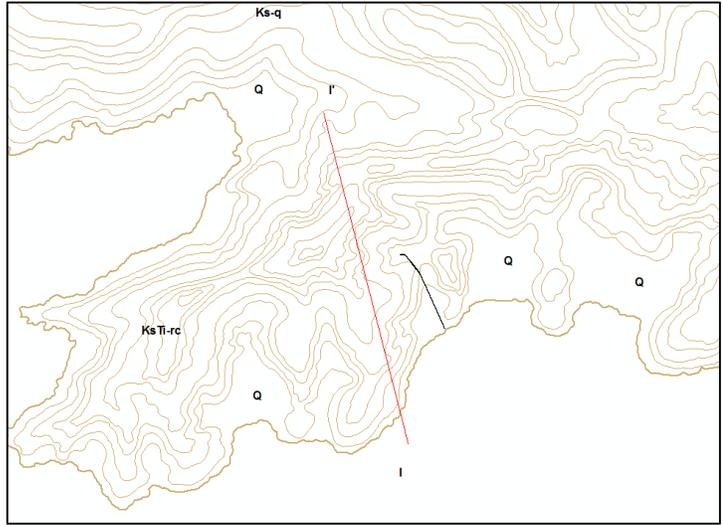


Fig. 10.19: Representación Espacial del Perfil eléctrico Chimana Grande, Sector Los Naranjos en la Isla Chimana Grande sector este.

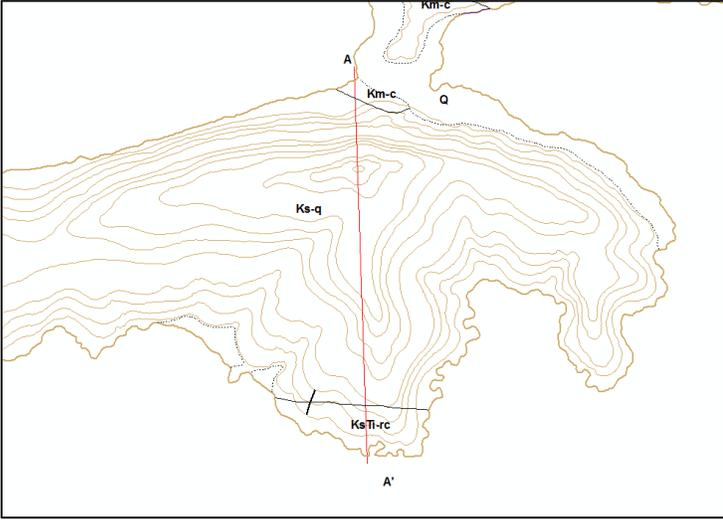


Fig. 10.20: Representación Espacial del Perfil eléctrico Chimana Grande, Sector Playa Puinare en la Isla Chimana Grande Sector oeste.

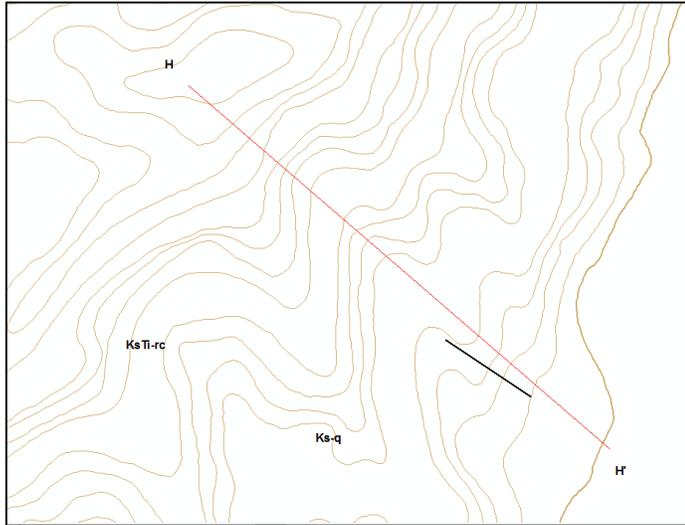


Fig. 10.21: Representación Espacial del Perfil eléctrico Borracha, vertiente sur en la Isla Borracha.

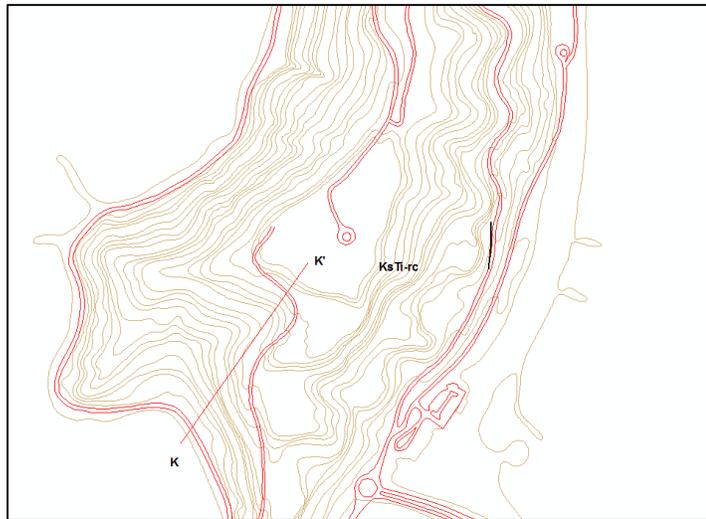


Fig. 10.22: Representación Espacial del Perfil eléctrico Morro de Barcelona, en el Sector Morro de Barcelona u Morro de Lecherías.

APÉNDICE F: 10.6.- Tablas descriptivas de las secciones Petrográficas de las Formaciones Querecual y Río Chávez

Tabla 10.11: Sección petrográfica *MB-1 Perpendicular* y *MB-1 Paralela*.

Muestra	<i>MB-1 Perpendicular/ MB-1 Paralela</i>		Orientación	<i>Paralela/Perpendicular</i>		
Unidad Litoestratigráfica	Formación Querecual		Referencia Localidad	Isla Borracha, Sector vertiente sur		
COMPONENTES						
Terrígenos	Extraclastos: 0	Terrígenos: 0				
	Observaciones	No se observa una proporción identificable en la sección fina.				
Aloquímicos	Intraclastos: 0%	Oolitos: 0%	Fósiles: 15-20%	Pellets: 0%		
	Observaciones	Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa.				
Ortoquímicos	Micrita ≈ 80-85%		Esparita: ≈ 0 %			
	Observaciones	Se presenta un proceso de micritización de la roca.				
Porosidad	Intergranular.					
CLASIFICACION						
Clasificación Dunham (1962)	Wackestone					
Clasificación Folk (1962)	Biomicrita con Foraminíferos Plantónicos					
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA						
Procesos Químicos	En el estudio microscópico se aprecia un proceso de micritización, esto es apreciable en la zona externa de los fósiles presentes en la sección delgada. Asimismo, se aprecia que la roca ha sido afectada por esfuerzos direccionales, por lo que se originan las vetillas de calcita. Las vetillas tienen una frecuencia en 2x2mm de 4:6. Las vetillas presentan en ocasiones proporciones en amplitud mayores bajo una dirección con respecto a la otra familia.					
Estructuras microscópicas	En la sección fina fue posible describir dos sistemas de fracturas, que son ocupados por carbonato de calcio. Las direcciones de estos dos sistemas están siendo bien definidas en las secciones finas, pudiéndose observar alineaciones pseudo-paralelas entre los dos sistemas. Por otro lado, los esfuerzos compresivos han sido posterior al proceso de litificado de la roca, observándose dentro de ella la fractura de los fósiles, asimismo fue posible observar que el proceso de deformación tuvo mayor compresibilidad bajo una dirección de fractura, ya que una de las vetillas se visualiza un desplazamiento con respecto a la otra.					
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	En la sección se presentan la orientación de sus componentes a una dirección, los ejes mayores de los fósiles presentan una disposición común.					
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Negro con alineaciones "vetillas" blancas, Color Meteorizado: Pardo Amarillento Claro con tonalidades negras. Roca masiva con vetillas de calcita menores al 3mm., Las calcitas pueden estar en superficie y presenta un color blanquecino. Se aprecia un arreglo interno de una posible estratificación.					

Tabla 10.12: Sección petrográfica M46 Paralela.

Muestra	M46 Paralela		Orientación	Paralela	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Querecual		Referencia Localidad	Isla Chimana del Sur.	
COMPONENTES					
Terrígenos	Extraclastos: < 1%	Terrígenos ≈ 0 %			
	Observaciones	No se observa una proporción identificable en la sección fina muy reducida.			
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %	Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: ≈ 25%	Pellets ≈ 0 %	
	Observaciones	Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa de los mismos.			
Ortoquímicos	Micrita ≈ 75-74 %	Esparita: ≈ 0 %			
	Observaciones	Se presenta un proceso de micritización de la roca.			
Porosidad	Intergranular (3-5%).				
CLASIFICACION					
Clasificación Dunham (1962)	Wackestone				
Clasificación Folk (1962)	Biomicrita con Foraminíferos Plantónicos				
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA					
Procesos Químicos	<p>La muestra exhibe una micritización de su estructura interna, medianamente desarrollado. Las cámaras externas de los fósiles presentan este proceso de precipitación química, en su mayoría. Se destaca que las rocas han sido sometidas a esfuerzos, aumentando de esta forma las condiciones de presión y temperatura, las cuales crean soluciones ricas en carbonato de calcio proveniente de los fósiles que componen la roca, cuando las condiciones de presión/temperatura disminuyen, estas generaran condiciones ideales y enmarcadas para su precipitación, dando como resultado cristales de calcita, los cuales se encontraran en forma de vetillas o en su defecto ocupando los espacios originados producto de la deformación. Se destaca, que la zona en contacto con las vetillas (y en apariencia) no se presenta la identificación de una zonación definida, por lo que, el material que componen las vetillas puede ser propio de la roca en una proporción minoritaria o no (no fue in-situ), de este último, sería proveniente de otras zonas o en su defecto próximas a las afectadas por el proceso de formación de vetillas o vetas.</p>				
Estructuras microscópicas	<p>Para la muestra se describen dos sistemas de diaclasas, los cuales son en su gran mayoría ocupados por calcita, en un proceso de diagénesis temprana; en microscopio es visible identificar estilolitas que evidencian su origen por la compresión uniaxial (que pueden estar formadas dentro del proceso diagenético o no) a la que fue sometida la roca para uno de los sistemas de deformación. La deformación está afectando a la roca y ha originado en ella zonas fuertemente deformadas, incluso, algunos que demuestran deformaciones rotacionales. Se destaca que las estilolitas presentan dos procesos de deformación, uno diagenético y otro por proceso de esfuerzos sobre la roca (deformación inducida, que dispone una configuración espacial de la calcita), para esta investigación se destacara el proceso de formación.</p>				
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	<p>En sección como en muestras de mano, se observa la orientación preferencial de los componentes de la roca, para lo que se definen planos, aunque el aspecto de la roca es masivo. En microscopio fue posible observar que los fósiles presentaban una alineación preferencial con respecto a sus ejes mayores (cabe el caso), e incluso es visible fósiles imbricados. Se asume que la energía de depositación fue moderada, tipo batial-abisal.</p>				
Descripción muestra de mano	<p>Color Fresco: Gris oscuro con tonalidades y/o coloraciones amarillentas pálidas, Color Meteorizado: Gris pálido a amarillo claro. Se presentan vetillas bien desarrolladas, con cristales de calcita bien definidos en sus caras, de tamaño 2mm.-5mm. El aspecto de la roca es masivo, sin embargo, la homogeneidad de la muestra se ve interrumpidas por los alineamientos de dos familias de vetillas, en donde unas de estas presentan mejor desarrollo.</p>				

Tabla 10.13: Sección petrográfica M83 Perpendicular.

Muestra	M83 Perpendicular		Orientación	Perpendicular	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Querecual		Referencia Localidad	Isla Chimana del Sur.	
COMPONENTES					
Terrígenos	Extraclastos: 0%		Terrígenos ≈ 0 %		
	Observaciones	No es posible observar componentes terrígenos.			
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %	Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: ≈ 35%	Pellets ≈ 0 %	
	Observaciones	Se observan un conjunto de fósiles equivalentes en tamaño.			
Ortoquímicos	Micrita ≈ 65 %		Esparita: ≈ 0 %		
	Observaciones	Muestra con moderada micritización de los componentes de la sección fina.			
Porosidad	Intergranular (8-10%).				
CLASIFICACION					
Clasificación Dunham (1962)	Wackestone				
Clasificación Folk (1962)	Biomicrita con Foraminíferos Plantónicos				
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA					
Procesos Químicos	En sección es apreciable un proceso de micritización moderado, además de una alineación interna de la roca, esta es ocupada por calcita. Es probable que la calcita que ocupan estas grietas, sea un proceso de precipitación química de los componentes carbonáticos de la roca, probablemente fluidos próximos.				
Estructuras microscópicas	En la sección es apreciable observar alineaciones originadas por el sistema de deformación de la roca.				
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	La roca es masiva a escala macroscópica, pero al realizar el estudio microscópico fue posible apreciar la disposición de los fósiles que lo componen, los cuales describen en conjunto planos laminares. La compactación suele ser menor a la resistencia que se presentan en las vetillas, pero es lo suficiente para mantener una masa muy compacta y resistente a su fractura manual.				
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Negro con tonalidades pardo amarillas. Color Meteorizado: amarillo terroso con tonalidades gris claro. Muestra masiva, compacta y que, en la expuesta a la superficie, presenta una meteorización ondulada, en especial las zonas perpendiculares a la estratificación. Las partes prominentes corresponden a zonas mineralizadas de calcita (Vetillas), las otras corresponden a los componentes mayoritarios de la sección.				

Tabla 10.14: Sección petrográfica M23 Perpendicular.

Muestra	M23 Perpendicular			Orientación	Perpendicular	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Querecual			Referencia Localidad	Isla Chimana Grande, Sector Puinare.	
COMPONENTES						
Terrígenos	Extraclastos: 0%		Terrígenos ≈ 0 %			
	Observaciones: No es posible observar componentes terrígenos.					
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %	Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: ≈ 20-30%	Pellets ≈ 0 %		
	Observaciones: Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa del mismo.					
Ortoquímicos	Micrita ≈ 70-80 %		Esparita: ≈ 0 %			
	Observaciones: Es posible observar un proceso de micritización de la roca, aunque no está siendo muy marcado, por lo que la presencia fósil está en el orden de un 20 a un 30%.					
Porosidad	Intergranular (3%)					
CLASIFICACION						
Clasificación Dunham (1962)		Wackestone				
Clasificación Folk (1962)		Biomicrita con Foraminíferos Plantónicos				
CARACTERISTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA						
Procesos Químicos	En microscopio se observa un proceso de micritización menor a anteriores secciones finas descritas (MB-05), el cual se está desarrollando hacia la zona externa del fósil. Es importante observar estilolitas, no observables en escala macro, con rutas sinuosas pero que en amplitud está en un orden 2:1. El proceso de deformación incrementa la presión y temperatura en ciertos sectores de la roca (escala micro), creando un fluido calcítico - enriquecido de este material por el carbonato de calcio presente en la micrita y algunos fósiles aledaños a la formación de las estilolitas-.					
Estructuras microscópicas	En la sección fue observado estilolitas, con amplitud 2:1 en sus tramos de deformación, dicha deformación no fue intensa como en otros sectores del área de estudio, debido a que en ciertas porciones o tramos de las estilolitas el material que la rellena o son fluidos o son fragmentos de fósiles y/o micrita.					
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	Es posible observar a escala macro cierta orientación del material que la componen, que se certifica al apreciar a escala micro la orientación de los componentes de la roca.					
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Marrón parduzco claro, con tonalidades grisáceas. Color Meteorizado: Gris Pardo Amarillento con tonalidades verdes y gris claro a negro. Roca masica con una cementación menor a muestras descritas (MB-05), por lo que tiene cierto aspecto terroso, muy poco descriptivo, pero palpable en muestra de mano.					

Tabla 10.15: Sección petrográfica *M14 Paralela*.

Muestra	<i>M14 Paralela</i>			Orientación	<i>Paralela</i>	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Querecual			Referencia Localidad	Isla Chimana Grande, Sector Puinare.	
COMPONENTES						
Terrígenos	Extraclastos: $\approx 3\%$		Terrígenos $\approx < 1\%$			
	Observaciones: Se presenta un proceso de micritización de la roca.					
Aloquímicos	Intraclastos $\approx 0\%$	Ooolitos: $\approx 0\%$	Fósiles: $\approx 25-30\%$	Pellets $\approx 0\%$		
	Observaciones: Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa de los mismos.					
Ortoquímicos	Micrita $\approx 66-71\%$		Esparita: $\approx 0\%$			
	Observaciones: Se presenta un proceso de micritización de la roca moderado.					
Porosidad	Intergranular (2-3%)					
CLASIFICACION						
Clasificación Dunham (1962)		Wackestone				
Clasificación Folk (1962)		Biomicrita con Foraminíferos Plantónicos				
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA						
Procesos Químicos	la mineralización de las cavidades originadas en el proceso de deformación fue de carbonato de calcio, y en donde esta calcita en su estado de fluido mineralizante fue a causa del aumento de presión y temperatura, en los sectores más débiles de la roca, por los elementos químicos que componen estas vetillas son provenientes del cambio de estado de los componentes propios de la roca.					
Estructuras microscópicas	A escala macro y micro un proceso de deformación de la roca, en la que se desarrollan, estilolitas, y la formación de calcita, ambos bajo un sistema de esfuerzos regionales. Se destaca que se presentan dos planos de esfuerzos, en el que uno de estos presenta un desarrollo visible al microscopio, mientras que el segundo genera una zona de fracturamiento que está afectando la lineación de la primera, y lo escalona, su observación es casi imperceptible.					
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	A escala macro no fue posible apreciar planos de estratificación desarrollados, y a micro se suele dar una orientación preferencial de los componentes de la roca, aunque muy poco visibles. Asimismo, se presentan ciertas bioclastos en una disposición de imbricación, y suele darse con microfósiles alargados.					
Descripción muestra de mano	Color Fresco: negro con moteados blancos y tonalidades gris claro rojizas y lineaciones entre 3 mm a menores de 1mm blancas, Color Meteorizado: Gris parduzco con tonalidades amarillentas, y vetas de calcita blanquecinas. Roca es masiva con vetillas de calcita menores al 1mm. en su mayoría. Es posible observar estilolitas, están son de color rojiza (terracota claro). En ciertas zonas de las muestras se aprecia en superficie una apariencia de granos, la cual es la acumulación diferencial de la micrita.					

Tabla 10.16: Sección petrográfica *M51 Perpendicular*.

Muestra	<i>M51 Perpendicular</i>			Orientación	<i>Perpendicular</i>	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Querecual			Referencia Localidad	Isla Chimana del Sur	
COMPONENTES						
Terrígenos	Extraclastos: $\approx 2\%$		Terrígenos $\approx 0\%$			
	Observaciones	Se observan extraclastos, y es posible diferenciarlos en la sección del resto de los componentes.				
Aloquímicos	Intraclastos $\approx 0\%$	Ooolitos: $\approx 0\%$	Fósiles: $\approx 20\%$	Pellets $\approx 0\%$		
	Observaciones	Los fósiles se les observa un proceso de micritización moderada en su parte externa.				
Ortoquímicos	Micrita $\approx 78\%$		Esparita: $\approx 0\%$			
	Observaciones	El proceso de des-calcificación de la roca es predominante en la muestra, y esto se observa por la descomposición y micritización de los fósiles presentes.				
Porosidad	Intergranular (3-5%).					
CLASIFICACION						
Clasificación Dunham (1962)		Wackestone				
Clasificación Folk (1962)		Biomicrita con Foraminíferos Plantónicos				
CARACTERISTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA						
Procesos Químicos	En la muestra se presenta un proceso de micritización, a su vez fue posible apreciar unas vetillas, aunque en la sección es más apreciable en muestras de mano. Las vetillas son de poco grosor, no apreciable macroscópicamente. La disolución del carbonato de calcio es posible a los estados de esfuerzos a los que se sometió la roca, aunque se puede interpretar que el relleno de las discontinuidades probablemente proviene de sectores aledaños (no hay zonación).					
Estructuras microscópicas	Se observan estilolitas propias de las direcciones o alineaciones de los esfuerzos principales.					
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	La muestra presenta una característica masiva, y sus componentes dentro de la sección tienden a presentar una orientación preferencial con poca definición. Aunque la disposición de los fósiles es visible, además de apreciarse imbricaciones frecuentemente en la sección.					
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Negro con alineaciones de color blanco, y algunas tonalidades amarillo rojizo. Color Meteorizado: Amarillo pálido, con tonalidades pardo rojizas-terracota, es posible observar coloraciones verdes muy tenues. Roca masiva, con vetillas blanca rojizas, que describen dos alineaciones preferenciales en conjunto, la vetilla tiende a describir un trayecto que se define predominantemente por esfuerzos externos de la roca.					

Tabla 10.17: Sección petrográfica MB13 Paralela y MB13 Perpendicular.

Muestra	MB13 Paralela/MB13 Perpendicular			Orientación	Paralela/Perpendicular	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Querecual			Referencia Localidad	Isla Chimana Grande, Sector Puinare.	
COMPONENTES						
Terrígenos	Extraclastos: ≈ 1 %		Terrígenos ≈ 7 %			
	Observaciones: Se observan minerales en pequeñas proporciones.					
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %		Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: ≈ 28-30%	Pellets ≈ 0 %	
	Observaciones: Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa del mismo.					
Ortoquímicos	Micrita ≈ 62-64 %		Esparita: ≈ 0 %			
	Observaciones: Se presenta un proceso de micritización de la roca.					
Porosidad	Intergranular (3)					
CLASIFICACION						
Clasificación Dunham (1962)		Wackestone				
Clasificación Folk (1962)		Biomicrita con Foraminíferos Plantónicos				
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA						
Procesos Químicos	En el estudio microscópico se aprecia un proceso de micritización, esto es apreciable en la zona externa de los fósiles presenten en la sección delgada, la micrita esta enriquecida por carbonato de calcio. Es posible observar en sección que parte de la micrita está ocupando espacio generado en las micro-fracturas, mientras que la segunda orientación está siendo ocupada por fluido mineralizados (calcita).					
Estructuras microscópicas	Se observan dos fracturas (F1 y F2). Uno de las familias de fracturas (F1) tiene mayor frecuencia que la ortogonal a esta, su frecuencia está en el orden de 10 a 1. El material que ocupa los espacios generados en la fractura F1 está siendo ocupado por micrita propio de la roca, y ha este detalle se observa que los esfuerzos son post-depositacionales, es decir, afectan a los materiales litificados. Por otro lado, F2 está siendo ocupado por fluido mineralizante (calcita) y observado macroscópicamente, su continuidad es en línea recta por lo general y en ciertos tramos tienden a tener cierta sinuosidad. F1 solo puede ser observado en microscopio con un grosor general de 0,002mm y una longitud que está en el orden de 0,5mm a 0,003mm.					
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	Se presentan los granos orientados en una dirección específica.					
Descripción muestra de mano	Color Fresco: negro con granos brillantes en su superficie, se presentan vetas y vetillas de calcita, Color Meteorizado: Gris Pardo Amarillento- Rojizo con tonalidades gris claro a negro. Roca masiva con vetillas de calcita menores al 1mm., Las calcitas en superficie, presentan un color pardo amarillento.					

Tabla 10.18: Sección petrográfica MB10 Paralela y MB10 Perpendicular.

Muestra	MB10 Paralela/ MB10 Perpendicular			Orientación	Paralela/Perpendicular	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Querecual			Referencia Localidad	Isla Chimana Grande, Sector Puinare.	
COMPONENTES						
Terrígenos	Extraclastos: ≈ 2 %		Terrígenos ≈ 1 %			
	Observaciones: No se observa una proporción identificable en la sección fina muy reducida.					
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %	Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: ≈ 10-12%	Pellets ≈ 0 %		
	Observaciones: Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa de los mismos.					
Ortoquímicos	Micrita ≈ 85-87 %		Esparita: ≈ 0 %			
	Observaciones: Se presenta un proceso de micritización de la roca.					
Porosidad	Intergranular (3%)					
CLASIFICACION						
Clasificación Dunham (1962)		Wackestone				
Clasificación Folk (1962)		Biomicrita con Foraminíferos Plantónicos				
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA						
Procesos Químicos	En el estudio microscópico se aprecia un proceso de micritización, esto es apreciable en la zona externa de los fósiles presenten en la sección delgada, la micrita esta enriquecida por carbonato de calcio. Se observan vetillas de calcita (clorita) que ocupan espacios de micro-fracturas a través de un fluido mineralizado. En sección se observa un agrupamiento de minerales (hematita) con abundante porosidad soportados por matriz de carbonato de calcio y micrita (heredada).					
Estructuras microscópicas	Solo se observa una micro-fractura, la cual está siendo ocupada por calcita (formación de una vetilla de calcita), el proceso de fracturamiento permite la cristalización simultánea es este espacio creado (ocupación del fluido mineral durante el proceso diagenético o durante procesos de cambio de presión y temperatura).					
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	No se observa orientación interna de los granos.					
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Color Fresco: negro con granos brillantes en su superficie, se presentan vetillas de calcita con impurezas que le hacen dar un color lechoso con tonalidades rojizas muy tenues, Color Meteorizado: Gris Pardo Amarillento- Rojizo con tonalidades gris claro a negro, con aspecto terroso. Roca masiva con vetillas de calcita menores al 1mm., Las calcitas pueden estar en superficie y presenta un color marrón pargo parduzco. Muestra de concreción.					

Tabla 10.19: Sección petrográfica MB2 Perpendicular y MB2 Paralela.

Muestra	MB2 Perpendicular/MB2 Paralela		Orientación	Paralela/Perpendicular	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Querecual		Referencia Localidad	Isla Borracha	
COMPONENTES					
Terrígenos	Extraclastos: ≈ 1 %		Terrígenos < 1 %		
	Observaciones	Se observan extraclastos y fragmentos terrígenos muy localizados.			
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %	Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: ≈ 7-9 %	Pellets ≈ 0 %	
	Observaciones	La parte externa del fósil de una porción está sufriendo proceso de micritización.			
Ortoquímicos	Micrita ≈ 90-92 %		Esparita: ≈ 0 %		
	Observaciones	Una porción de la micrita proviene de la descomposición de los fósiles.			
Porosidad	Intergranular (2-3%)				
CLASIFICACION					
Clasificación Dunham (1962)		Mudstone			
Clasificación Folk (1962)		Micrita con Foraminíferos Plantónicos			
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA					
Procesos Químicos	En el estudio microscópico se aprecia un proceso de micritización, esto es apreciable en la zona externa de los fósiles presentes en la sección delgada. Asimismo, se aprecia que la roca ha sido afectada por esfuerzos direccionales, por lo que se originan las vetillas de calcita, que igualmente está siendo afectado por el proceso de micritización, aunque se aprecian los cristales de calcita, asimismo se aprecia estilolitas. La micrita presente en la muestra está siendo enriquecida en carbonato de calcio.				
Estructuras microscópicas	En el corte paralelo de la muestra es posible distinguir planos de fractura con 0,0001 micras de grosor, alineados y paralelos a la estratificación; además se observa dos patrones de vetillas rellenas de calcita de 0,0001 a 0,0002 micras de grosor (disolución del carbonato de calcio propio de la roca) con arreglo espacial entre 110° a 120°. En sección perpendicular se presentan vetillas y microfracturas, observables con detalle a nivel macro, estas están paralelas a la estratificación (definida por la disposición espacial de los fósiles, alineación de las partículas y material complementario).				
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	La disposición preferencial de los granos es apreciable a grandes rasgos, es decir, se evidencia la orientación de los granos al observarse los componentes en su conjunto.				
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Color Fresco: Negro y pequeñas proporciones de un 2% de granos brillantes al ojo humano, Color Meteorizado: Pardo Amarillento Claro y Pardo rojizo con tonalidades blanco lechoso en muy bajas proporciones. Roca masiva con vetillas de calcita menores al 1mm y orientadas, Las calcitas pueden estar en superficie y presenta un color marrón pargo parduzco. Se aprecia un arreglo interno poco visible.				

Tabla 10.20: Sección petrográfica *MB-8 Paralela* y *MB-8 Paralela Perpendicular*.

Muestra	<i>MB-8 Perpendicular / MB-8 Paralela</i>				Orientación	<i>Paralela/Perpendicular</i>	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Río Chávez				Referencia Localidad	Isla Chimana Grande, Sector Puinare	
COMPONENTES							
Terrígenos	Extraclastos: < 1 %		Terrígenos < 1 %				
	Observaciones		Se observa extraclastos y fragmentos terrígenos muy localizados				
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %	Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: ≈ 25-31 %	Pellets ≈ 0 %			
	Observaciones		La parte externa del fósil de una porción está sufriendo proceso de micritización.				
Ortoquímicos	Micrita ≈ 67 %		Esparita: ≈ 0 %				
	Observaciones		una porción de la micrita proviene de la descomposición de los fósiles				
Porosidad	Intergranular (3)						
CLASIFICACION							
Clasificación Dunham (1962)		Wackestone					
Clasificación Folk (1962)		Biomicrita con Foraminíferos Plantónicos-Bénticos					
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA							
Procesos Químicos	En el estudio microscópico se aprecia un proceso de micritización, esto es apreciable en la zona externa de los fósiles presentes en la sección delgada. Asimismo, se aprecia que la roca ha sido afectada por esfuerzos direccionales, por lo que se originan las vetillas de calcita, que igualmente está siendo afectado por el proceso de micritización, aunque se aprecian los cristales de calcita, asimismo se aprecia estilolitas. La micrita presente en la muestra está siendo enriquecida en carbonato de calcio.						
Estructuras microscópicas	Es posible observar dos patrones de vetillas, donde los espacios están rellenos por calcita, las fracturas presentan aberturas de 0,0001 micras, los cuales se alinean a o son pseudoparalelas a la estratificación.						
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	Se observan orientación preferencial en los componentes de la roca, en especial en los fragmentos alargados, donde los ejes de mayor longitud presentan orientaciones subparalelas entre sí.						
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Negro y pequeñas proporciones de un 2% de granos brillantes al ojo humano, Color Meteorizado: Pardo Amarillento Claro y Pardo rojizo con tonalidades blanco lechoso en muy bajas proporciones. Roca masiva con vetillas de calcita menores al 1mm. y orientadas, Las calcitas pueden estar en superficie y presenta un color marrón pardo parduzco. Se aprecia un arreglo interno poco visible.						

Tabla 10.21: Sección petrográfica *M-1 Paralela* y *M-1 Perpendicular*.

Muestra	<i>M-1 Paralela/ M-1 Perpendicular</i>				Orientación	<i>Paralela/Perpendicular</i>	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Río Chávez				Referencia Localidad	Morro de Barcelona	
COMPONENTES							
Terrígenos	Extraclastos: ≈ 0 %		Terrígenos ≈ 0 %				
	Observaciones		No se observa una proporción identificable en la sección fina, muy reducida.				
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %		Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: <1%	Pellets ≈ 0 %		
	Observaciones		Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa de los mismos.				
Ortoquímicos	Micrita ≈ 99 %		Esparita: ≈ 0 %				
	Observaciones		Se presenta un proceso de micritización de la roca.				
Porosidad	Intergranular (5)						
CLASIFICACION							
Clasificación Dunham (1962)		Mudstone					
Clasificación Folk (1962)		Dismicrita con Foraminíferos Plantónicos					
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA							
Procesos Químicos	La muestra se describe como un lodo micrito, en donde los fósiles embebidos en este sufren un proceso de des-calcificación de la materia. La presencia del mineral pirítico, es indicativo de un proceso anóxico. De igual manera, la muestra de mano y el análisis en el microscopio permite describir una serie de lineaciones rellenas por material micrítico u calcita, al presentar este último material se genera una zonación contigua a estas, lo cual permite describir y analizar que el carbonato de calcio presente en la calcita ha sido emplazado del existente en la micrita contigua.						
Estructuras microscópicas	Se presentan en muestras de mano alineaciones con dos ejes preferentes, de igual manera es posible precisar en muestras de mano estilolitas pseudo-paralelas a los planos de deformación.						
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	En sección paralela a la capa se presentan fósiles que no muestran una orientación preferencial en sus ejes, en especial si se tratan de cuerpos que uno de sus ejes es mayor que los otros, por lo que se asume una sedimentación en aguas tranquilas. Por otro lado, en sección perpendicular, es posible observar láminas de estratificación (imperceptibles en muestras de mano), los fósiles ubicados en ellas, presentan una orientación preferencial en su eje mayor. Además, en observación microscópica, la sedimentación no es planar, se observan irregularidades o zonas con superficies sinuosas durante la sedimentación. En resumen, para este tipo de litología se muestra una sedimentación continua en ambientes tranquilos.						
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Gris oscuro con tonalidades y/o coloraciones amarillentas, Color Meteorizado: Gris pálido con tonalidades amarillas y gris oscuro, con algunos puntos de color rojo terracota. La roca es masiva, hay preservación de vetillas de 1 a 2 mm de espesor, con orientaciones preferenciales en dos direcciones. Se presentan minerales de Pirita, con tamaños multi-milimétricos a 1 mm, en un espacio de 5x5 cm es posible observarlos de 5 o 6 veces. En el alrededor de las piritas se presenta una zonación con coloraciones pálidas partiendo de las descritas en el Color Fresco de la muestra. Es posible observar estilolitas en muestras de mano, casi imperceptibles.						

Tabla 10.22: Sección petrográfica MB-5 Paralela y MB-5 Perpendicular.

Muestra	MB-5 Paralela/ MB-5 Perpendicular		Orientación	Paralela/Perpendicular	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Río Chávez		Referencia Localidad	Morro de Barcelona	
COMPONENTES					
Terrígenos	Extraclastos: $\approx 0\%$	Terrígenos $\approx 0\%$			
	Observaciones	No se observa una proporción identificable en la sección fina, muy reducida.			
Aloquímicos	Intraclastos $\approx 0\%$	Ooolitos: $\approx 0\%$	Fósiles: 2-5%	Pellets $\approx 0\%$	
	Observaciones	Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa de los mismos.			
Ortoquímicos	Micrita $\approx 95-98\%$	Esparita: $\approx 0\%$			
	Observaciones	Se presenta un proceso de micritización de la roca.			
Porosidad	Intergranular (3-5)				
CLASIFICACION					
Clasificación Dunham (1962)		Mudstone			
Clasificación Folk (1962)		Micrita con Foraminíferos Plantónicos			
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA					
Procesos Químicos	La muestra se describe como un lodo micrítico, en donde se observa la descomposición de los fragmentos fósiles en micrita (proceso de des-calcificación), generalmente en dos direcciones, es decir, desde su parte interna y externa, con descomposición perpendicular hacia sus caras. Las vetillas presentes son de calcita, este material calcítico concentrada en forma de vetillas proviene del lodo micrítico, se destaca una zonación paralela a estas vetillas, por lo que, al generarse en ciertas zonas puntuales por un aumento de presión y temperatura, la materia calcítica tiende a concentrarse en los planos de deformación generados productos de los esfuerzos regionales, por lo que estas zonaciones se ven empobrecidas al desarrollarse la formación de la calcita.				
Estructuras microscópicas	Se observan a escala macro y micro, un proceso de deformación de la roca, lo que permite generar un diaclasamiento de vetillas de calcita. Las componentes de deformación generar dos planos de esfuerzos, o en su defecto dos familias de diaclasas. En observación detallada de estos sistemas, ocupados por material calcítico, fue posible observar una dislocación en algunos de los tramos de la vetilla, el cual puede ser repetitivo en márgenes de 1 cm. a 3mm., asimismo en las vetillas hay sectores de no dislocación, pero si un recorrido sinuoso-ajetado con ejes amplios y otros cortos, por lo que permite deducir una generación unidireccional predominante (con dirección aproximada nor-oestes a sur-este) -estilolitas.				
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	En capa se presenta un asentamiento de sus componentes en ambientes tranquilos, pero los ejes mayores de fósiles tienden a estar orientados en un orden del 90%, otros fragmentos se muestran sin una orientación definida. En sección perpendicular a la sedimentación se observan a nivel micro (y con cierta percepción a nivel macro) un arreglo paralelo entre las capas pero que no está definido por planos en óptica micro, por otro lado, en sección solo fue posible observar un fósil con cierto penetración y ocupación a la sedimentación anterior y posterior. En resumen, se asume un ambiente de baja energía, pero constante y continúa en su depositación.				
Descripción muestra de mano	Color Fresco: negro con granos brillantes en su superficie, se presentan vetillas de calcita con proporciones bajas de impurezas que dan coloraciones muy tenues marrón muy claro, Color Meteorizado: crema con tonalidades pardo-amarillentas y en ciertas superficies pardo-rojizas, es muy frecuente las tonalidades amarillentas a marrones en superficies planas o que definan un plano con pocas irregularidades. Roca es masiva con vetillas de calcita menores al 1mm., se presentan dos orientaciones preferenciales, y algunos tramos dislocados en la continuidad lineal de la vetilla, dicha dislocación es pseudo-paralela a la orientación de la otra familia. Las vetillas tienden a cambiar de grosor alcanzando en algunos tramos grosores entre los 1,5 a 2 mm.				

Tabla 10.23: Sección petrográfica MB-7 Paralela y MB-7 Perpendicular.

Muestra	MB-7 Paralela/ MB-7 Perpendicular				Orientación	Paralela/Perpendicular	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Río Chávez				Referencia Localidad	Isla Chimana Grande, Sector Puinare	
COMPONENTES							
Terrígenos	Extraclastos: ≈ 0 %		Terrígenos ≈ 0 %				
	Observaciones: No se observa una proporción identificable en la sección fina muy reducida.						
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %	Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: 3-5%	Pellets ≈ 0 %			
	Observaciones: Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa de los mismos.						
Ortoquímicos	Micrita ≈ 95-97 %		Esparita: ≈ 0 %				
	Observaciones: Se presenta un proceso de micritización de la roca.						
Porosidad	Intergranular (4)						
CLASIFICACION							
Clasificación Dunham (1962)		Mudstone					
Clasificación Folk (1962)		Micrita con Foraminíferos Plantónicos					
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA							
Procesos Químicos	En el estudio microscópico se aprecia un proceso de micritización, esto es apreciable en la zona externa de los fósiles presentes en la sección delgada. Asimismo, se aprecia que la roca ha sido afectada por esfuerzos direccionales, por lo que se originan las vetillas de calcita, que igualmente está siendo afectado por el proceso de micritización, aunque se aprecian los cristales de calcita, asimismo se aprecia estilolitas. La micrita presente en la muestra está siendo enriquecida en carbonato de calcio.						
Estructuras microscópicas	En la sección MB-7 Paralela se presenta un proceso de micro-fallamiento con movimiento dextral, el desplazamiento está en el orden entre los 0,0125 a 0,0416 micras, y el espacio generado por el desplazamiento está siendo rellenado por clorita, en muchos casos bien desarrollados. De igual forma se observa una veta de calcita de 0,0001 a 0,0002 micras la cual está a 110-120° del fallamiento descrito anteriormente.						
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	No se observa orientación preferencial de los granos mayores, por lo que la disposición de las partículas u fósiles fue en ambiente de aguas tranquilas.						
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Gris Amarillento a Negro, Color Meteorizado: Pardo Amarillento Claro con aspecto terroso. Roca masiva con vetillas de calcita menores al 1mm., Las calcitas pueden estar en superficie y presenta un color marrón pardo pardo. Es observable en superficie de la muestra granos de arena muy fina y brillantes. No es apreciable un arreglo interno de una posible estratificación.						

Tabla 10.24: Sección petrográfica MB-20 Perpendicular.

Muestra	MB-20 Perpendicular		Orientación	Perpendicular	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Río Chávez		Referencia Localidad	Morro de Barcelona.	
COMPONENTES					
Terrígenos	Extraclastos: ≈ 0 %		Terrígenos ≈ 0 %		
	Observaciones	No es posible observar componentes terrígenos.			
Aloquímicos	Intraclastos ≈ 0 %	Ooolitos: ≈ 0 %	Fósiles: 1-2 %	Pellets ≈ 0 %	
	Observaciones	Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa de los mismos.			
Ortoquímicos	Micrita ≈ 98-99 %		Esparita: ≈ 0 %		
	Observaciones	El proceso de descalcificación de la roca es predominante en la muestra, y esto se observa por la descomposición y micritización de los fósiles presentes.			
Porosidad	Intergranular (5)				
CLASIFICACION					
Clasificación Dunham (1962)		Mudstone			
Clasificación Folk (1962)		Dismicrita con Foraminíferos Plantónicos			
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA					
Procesos Químicos	Se observan mayores procesos químicos, como la descalcificación de los fósiles presentes en sección a través del proceso de micritización, el proceso de origen de minerales en las alineaciones es rápido y la presencia de procesos anóxicos que permite el arreglo interno químico estructural del oxígeno y el hierro, dando origen a pequeños cristales de pirita.				
Estructuras microscópicas	Son observables las direcciones preferenciales en muestra de mano y en microscopio de vetillas que están en el orden de 1 a 2 mm, y con frecuencia en un espacio de 5x5 cm. de 4:3, asimismo a un motivo óptico de 40X fue posible observar estilolitas (observables con dificultad).				
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	No es posible observar una disposición espacial del material que conforma la muestra, por lo que la roca no presenta planos de estratificación visible en microscopio. Sin embargo, es visible en afloramiento.				
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Gris claro a amarillo y gris oscuro. Color Meteorizado: Amarillo pálido con tonalidades más amarillentas y gris pálido, pero estas últimas en mucho menor proporción. Roca masiva con fuerte cementación menor a muestras descritas (MB-05). Se aprecia lineaciones en dos direcciones preferenciales, blanquecinas y con muy poco porcentaje de porosidad.				

Tabla 10.25: Sección petrográfica MB-31 Perpendicular y MB-31 Paralela.

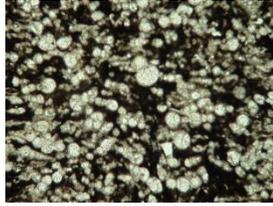
Muestra	MB-31 Perpendicular/ MB-31 Paralela			Orientación	Perpendicular/Paralela	
Unidad Litoestratigráfica	Formación Río Chávez			Referencia Localidad	Morro de Barcelona.	
COMPONENTES						
Terrígenos	Extraclastos: $\approx 0\%$		Terrígenos $\approx 0\%$			
	Observaciones		No es posible observar componentes terrígenos.			
Aloquímicos	Intraclastos $\approx 0\%$	Ooolitos: $\approx 0\%$	Fósiles: 1 %	Pellets $\approx 0\%$		
	Observaciones		Los fósiles se les observa un proceso de micritización desde la parte externa hasta su arte interna.			
Ortoquímicos	Micrita $\approx 99\%$		Esparita: $\approx 0\%$			
	Observaciones		Muestra con un proceso de micritización avanzado.			
Porosidad	Intergranular (5-8%)					
CLASIFICACION						
Clasificación Dunham (1962)		Mudstone				
Clasificación Folk (1962)		Dismicrita con Foraminíferos Plantónicos				
CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVA DE LOS COMPONENTES Y PROCESOS QUÍMICOS DE LA MUESTRA						
Procesos Químicos	Se observa la presencia de vetillas, con cristales en sus caras bien desarrollados. Las lineaciones de estas vetillas suelen interrumpirse frecuentemente. Se presenta un proceso de micritización a la sección realizada, y para él se distingue que muchos de los fósiles aún presenten en la muestra tienden a guardar relación con la forma del fósil micritizado. Se destaca la presencia de Pirita, sobre la superficie de la muestra, de tamaño arena, se destaca que al presentarse esta mineralización el color de la muestra difiera en otras superficies.					
Estructuras microscópicas	En la sección fina es visible la interrupción de las lineaciones "vetillas" de las muestras, se destaca que las vetillas que tienden a definir una determinada dirección son cortadas por otras, sin embargo, el proceso ocurre de forma inversa. Se destaca el desarrollo de cristales (más grandes y con mejores aspectos cristalinos) para una familia de vetillas bajo un mismo sistema de formación o de esfuerzos. Por otro lado, se observa que los esfuerzos generan estilolitas perceptibles a escala macroscópica, más no microscópica; dentro de estas estilolitas se agrupan cristales de pirita, enmarcándose dentro de la zona que describe la estilolita.					
Observaciones de la disposición de los componentes para la estratificación y laminación	En micro y en macro, se observa el arreglo de los componentes de la roca, aunque se define visualmente, el aspecto de la roca es masivo. En el plano de estratificación es posible observar en los pocos componentes "fósiles" que definen la muestra un arreglo paralelo en sus ejes mayoría, y se interpreta una energía en el proceso de depositación baja.					
Descripción muestra de mano	Color Fresco: Gris Claro con tonalidades amarillas a terrosas, se observan lineaciones blanco amarillentas. Color Meteorizado: En su mayor parte, su color es amarillo acentuado con ciertas manchas curvadas rojo terracota (aspecto de mancha), gris pálido en pequeñas proporciones y gris y amarillo claro y acentuado, respectivamente. Se presentan alineaciones en tres direcciones preferenciales.					

Figura 10.23: Lamina 1

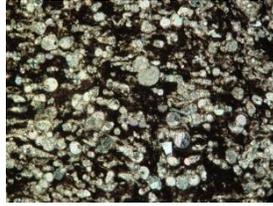
1. (a) M13 Perpendicular, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 4 micras, y (b) M13 Perpendicular, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 4 micras.
2. (a) M-13 Paralela, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 4 micras., y (b) M13 Paralela, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 4 micras.
3. (a) MB7 Perpendicular, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 18 micras, y (b) MB7 Perpendicular, nicoles cruzados (véase en tonalidades oscuras el Chert), longitud inferior de la imagen 18 micras.
4. (a) MB7 Paralela, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 5 micras, y (b) MB 7 Paralela, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 5 micras.
5. (a) M8 Paralela, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 6 micras, y (b) M8 Paralela, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 6 micras.
6. (a) M8 Perpendicular, nicoles paralelos, la longitud inferior de la imagen es de 2 micras, y (b) M8 Perpendicular, nicoles cruzados, la longitud inferior de la imagen es de 2 micras.
7. (a) M14 Perpendicular, nicoles cruzados, la longitud inferior de la imagen es 5 micras, y (b) M14 Perpendicular, nicoles paralelos, la longitud inferior de la imagen es 5 micras.
8. (a) M10 Perpendicular, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 8 micras, y (b) M10 Perpendicular, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 8 micras.
9. (a) M10 Paralelo, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 3 micras, y (b) M10 Paralelo, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 3 micras.
10. (a) MB 1 Perpendicular, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 3 micras, y (b) MB 1 Perpendicular, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 3 micras
11. (a) MB2 Perpendicular, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 3 micras, y (b) MB2 Perpendicular, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 3 micras.
12. (a) MB5 Paralela, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 5 micras, y (b) MB5 Paralela, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 5 micras.
13. (a) MB1 Paralela, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 5 micras, y (b) MB1 Paralela, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 5 micras.
14. (a) MB20 Perpendicular, nicoles cruzados, longitud inferior de la imagen 8 micras, y (b) MB20 Perpendicular, nicoles paralelos, longitud inferior de la imagen 8 micras.

Nota: De la imagen 1 hasta la 9 son de la Isla Chimana Grande, sector Puinare, de la 10 a la 12 son secciones petrográficas de la Isla Borracha, y la 13 y 14 son secciones petrográficas del Morro de Barcelona.

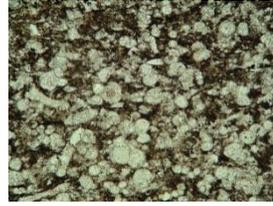
Lamina 1



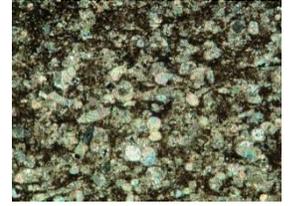
1a



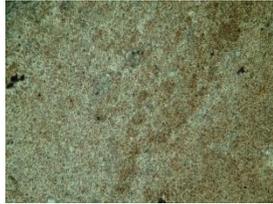
1b



2a



2b



3a



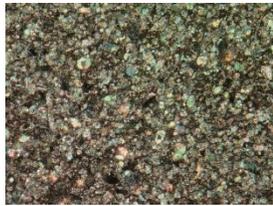
3b



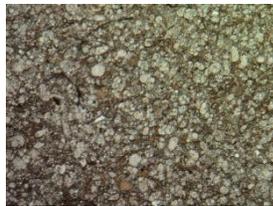
4a



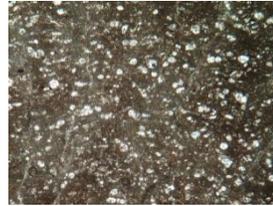
4b



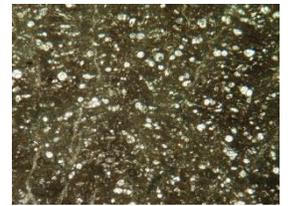
5a



5b



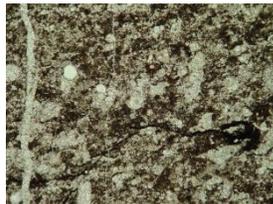
6a



6b



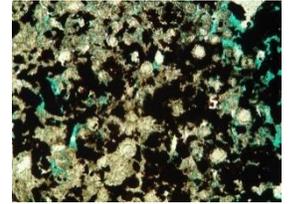
7a



7b



8a



8b



9a



9b



10a



10b



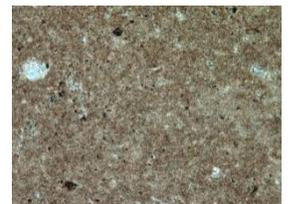
11a



11b



12a



12b



13a



13b

311



14a



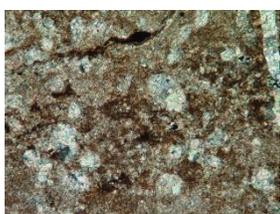
14b

Figura 10.24: Lamina 2

1. (a) M77 Paralela, nicols cruzados, longitud inferior de la imagen 5 micras, y (b) M77 Paralela, nicols paralelos, longitud inferior de la imagen 5 micras.
2. (a) M46 Perpendicular, nicols paralelos, longitud inferior 5 micras., y (b) M46 Perpendicular, nicols cruzados. Longitud inferior de la imagen 5 micras.
3. (a) M51 Perpendicular, nicols paralelos, longitud inferior de la imagen 18 micras, y (b) M51 Perpendicular, nicols cruzados, longitud inferior de la imagen 18 micras.
4. (a) M83 Perpendicular, nicols paralelos, longitud inferior de la imagen 8 micras, y (b) M83 Perpendicular, nicols cruzados, longitud inferior de la imagen 8 micras.

Nota: la imagen 1 de la lámina 2 (fig. 10.27) es una sección petrográfica de la Isla Chimana Grande Sector Este – Los Naranjos-, mientras que de la 2 a la 4 son de secciones petrográficas de la Isla Chimana del Sur.

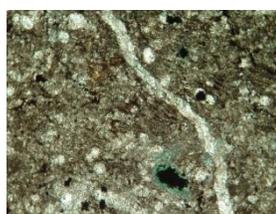
Lamina 2



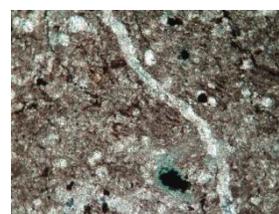
1a



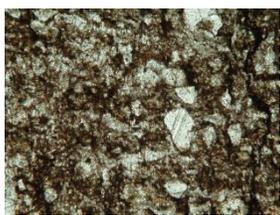
1b



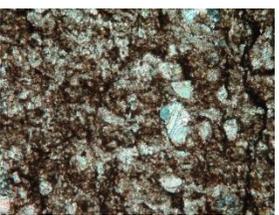
2a



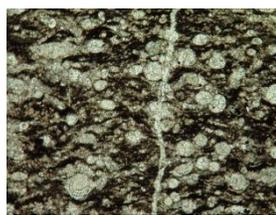
2b



3a



3b



4a



4b

APÉNDICE G: 10.7.- Correlación Estratigráfica Regional de la Formación Río Chávez y Querecual en la Serranía Interior Tramo Oriental

Histórico.- Desde la implementación de la nomenclatura estratigráfica por parte de Liddle para (1928) para las rocas del cretáceo tardío en la región nor-oriental de Venezuela como Grupo Guayuta, se han desarrollado investigaciones estratigráficas década tras década que han permitido modificaciones en la definición geológica de las unidades que comprenden las secuencias litoestratigráficas iniciales.

Las primeras modificaciones para las unidades estratigráficas del cretáceo tardío en la Serranía Interior Tramo Oriental habrían sido realizadas por medio de los estudios de geología en superficie de las rocas encontradas en el trayecto del Río Querecual, en el área de Bergantín-Santa Inés. Del referido estudio, Hedberg (1937) redefine las unidades presentes a 1 km al norte del poblado de Capaya en la dirección N15°W hasta unos 250 m al norte de Paso Hediondo, donde entra en contacto inferior con las llamadas capas de Bergantín, separando el Grupo Guayuta en la Formación Querecual como unidad inferior y Formación San Antonio como unidad superior.

Hedberg en asociación con Pyre para 1945, incluyen una nueva unidad infrayacentes para las rocas del Cretáceo tardío, definiendo así la Formación Chimana. Posteriormente para 1945, los cambios en la nomenclatura litoestratigráfica han sido implementados para las unidades del cretáceo inferior, no habiendo sido así para las del cretáceo superior. Sin embargo, el contacto inferior para el Grupo Guayuta, en específico para la Formación Querecual, ha variado de Formación Chimana en 1944 por Hedberg y Pyre (mencionado en líneas anteriores), Capas de Bergantín en 1946 por Liddle, zona de transición entre la Formación Chimana y Querecual en 1950 por parte de Hedberg, y Formación Boquerón y/o Majagual por Rod para 1953.

Tabla Nº 10.26: Correlación de las formaciones del Cretáceo en el Nor-este de Venezuela, tomado y traducido de Emile Rod y Wolf Maync (1954).

Nor-este de Venezuela									
LIDDLE 1928	HEDBERG 1937 HEDBERG & PYRE 1944		LIDDLE 1946		HEDBERG 1950		ROD 1953		
Guayuta	Guayuta	San Antonio Querecual	Guayuta	San Antonio Querecual	Guayuta	San Antonio Querecual	Guayuta	San Antonio Querecual	Turonense
El Cantil	Chimana El Cantil	Bergantín o Chimana o El Cantil	Grupo Sucre	Zona de transición	Grupo Sucre	Chimana	Grupo Sucre	Boquerón/Majagual	Cenomaniense
				Chimana				Corral Viejo	Albiense Superior - Vracaniense
								Guácharo	Albiense Medio
								Placeta	Albiense Inferior?
				Borracha				Borracha Superior	Aptiense Superior
								Miembro García	Aptiense Inferior
Borracha Inferior									
Barranquín	Barranquín	Barranquín		Barranquín		Barranquín	Barranquín	Barimiense Neoeconomiense	

En 1948, Clemente González de Juana basado en investigaciones realizadas por estudiantes del cuarto año de la carrera de geología para la Universidad Central de Venezuela, fue el primer geólogo en cartografiar las Islas Chimanas, en donde cartografía la Formación Querecual y San Antonio, al este en contacto transicional mientras que al oeste en contacto de falla.

Para 1961 se publican dos trabajos de correlación estratigráfica, ambos mantiene las unidades y la relación entre las formaciones Querecual y San Antonio; el primer estudio fue presentado en marzo por parte de Amos Salvador, esta investigación presenta una correlación espacial de las unidades desde el cretáceo hasta el cuaternario, el autor presenta las siguientes conclusiones:

- 1.- Para la parte oeste del Estado Guárico hasta la parte nor-oeste del Estado Anzoátegui se presenta una transición gradual interdigitada entre la Formación San Antonio con la Formación Garrapata,
- 2.- En la parte central del Estado Guárico la Formación San Antonio entra en contacto superior bien sea con la Formación Guárico o Formación Vidoño,
- 3.- De norte a sur en el Estado Anzoátegui las Formaciones Querecual y San Antonio han sido enmarcadas en el cretáceo superior, estando la unidad litoestratigráfica inferior depositada mucho tiempo después de la *línea de tiempo imaginaria* que define el tope del cretáceo inferior, y la unidad litoestratigráfica superior cesa su deposición mucho tiempo antes de la culminación de la *línea imaginaria* que define el tiempo del cretáceo superior, por lo que la continuación de la columna sedimentaria habría continua bien sea o por la Formación Vidoño o por la Formación San Juan, dependiendo esta de la región donde se describan estas unidades,
- 4.- La relación estratigráfica mencionada en el punto (3) se mantiene para el norte del Estado Monagas.

El segundo trabajo fue publicado por Renz para junio, manteniendo a las Formaciones Querecual (unidad inferior) y San Antonio (unidad superior) como parte del Grupo Guayuta, el autor presenta las relaciones estratigráficas de las unidades desde el pre-Cámbrico al reciente, se denota el interés a este trabajo en especificar que al norte del estado Anzoátegui y Monagas el contacto inferior del Grupo Guayuta está relacionado por la Formación Chimana o por el Grupo Sucre, mientras que el superior presenta relación estratigráfica con la Formación Vidoño o Santa Anita para las rocas en superficie en los Estados Anzoátegui y Monagas, o un cambio lateral distintivo para el oeste del Estado Guárico, siendo estas últimas relaciones rocas propias del sector (las cuales no serán importantes mencionarlas para esta investigación).

En 1969, Guillaume, Bolli y Beckmann publican “Estratigrafía del Cretáceo Inferior en la Serranía Del Interior, Oriente de Venezuela”, en donde trabajan y cartografían las Islas al norte de Barcelona y Pertigalete, es decir, Las Islas Chimanas y Las Borrachas, en su estudio del cretáceo tardío en la isla Borracha dichos geólogos no pueden diferenciar las formaciones características del Grupo Guayuta.

Para 1987, Vivas realiza una revisión de la Isla Borracha de las unidades del cretáceo superior, en donde mantiene la nomenclatura de Formación San Antonio y Querecual, sin embargo señala que la secuencia descrita para la Formación San Antonio corresponden a las facies de la Formación Río Chávez, sin embargo conserva la terminología.

Vivas y Macsotay en 1995 realiza una explicación a nivel tectónico-estratigráfico, en donde hacen referencia al modo como las secuencias sedimentarias desde el cretácico inferior al cuaternario habrían sido depositadas. Los investigadores explican la estratigrafía por medio de regiones, las cuales son denominadas dominios tectono-estratigráficos, los cuales son:

- 1.- Dominio El Pato.
- 2.- Dominio Archipiélago Guaquerí - Manare.
- 3.- Dominio Guariquén – Caripe,
 - 3.1.- Sub-Dominio La Paloma.
- 4.- Dominio Bergantín – Guanta,
 - 4.1.- Sub-dominio Pirital.
- 5.- Dominio Tonoro.

Este estudio es la base teórica para esta investigación, ya que dichos autores destacan que el Dominio Guaquerí-Manare, puede representarse como una franja de oeste-este, refiriéndose al conjunto de islas al norte de Puerto la Cruz, entre la Península de Pozuelo y la Península de Manare, entre los estado Anzoátegui y Sucre, al norte-este de Venezuela, su extensión comprende un área de 142 Km², y los autores señalan que su región comprende las islas Borrachas al oeste, y el meridiano de Cariaco-río Carinicua, al este. Su límite meridional está representado por las Fallas de corrimiento El Naranjo, El Culón, y de La Blascoa, situadas al norte de los ríos Neverí y Carinicua y la población de Cumanacoa. El Dominio Archipiélago Guaquerí-Manare cabalga al Dominio Bergantín-Guanta y al sub-Dominio La Paloma del Dominio Guariquén-Caripe con vergencia sur-este.

En base a sus descripciones, los autores mencionan que las rocas o las secuencias estratigráficas para las rocas del Cretáceo Tardío están representadas por la Formación Querecual desde el Albiense a finales del Turoniense o principios del Coniaciense, su contacto inferior y superior es transicional con la Formación Chimana y con la Formación Río Chávez, respectivamente. La Formación Río Chávez está siendo restringida a un periodo comprendido entre finales de Turoniense o principios del Coniaciense hasta el Paleoceno Superior, su contacto superior es discordante con rocas del Cuaternario.

Relaciones Estratigráficas Conceptuales de los Estudios Geológicos Realizados para las Unidades del Cretáceo Superior dentro del Dominio Archipiélago Guaquerí-Manare, y sus Diferencias con las Unidades Estratigráficas para el mismo tiempo del

Dominio Bergantín-Guanta, y el Dominio Guatiquen – Caripe, con su sud-Dominio La Paloma.

De unidades litoestratigráficas más antigua a más joven para el Cretáceo Tardío, se depositan dos unidades características para cada uno de los Dominios y sub-Dominios desarrollados por Vivas y Macsotay para 1995, siendo de la siguiente forma:

a.- Dominio Archipiélago Guaiquerí – Manare: Formación Querecual y Formación Río Chávez.

a.1.- De esta investigación se presenta las siguientes conclusiones para las unidades litoestratigráficas descritas: Para este dominio se tiene una secuencia sedimentaria a inicio del Cretáceo Tardío, representada por la Formación Querecual, la cual consiste de una secuencia homogénea con la alternancia de calizas o marlitas de color gris oscuro a negro, que meteoriza a gris claro con tonalidades rojizas y amarillentas, debido a la presencia de minerales azufre y de hierro, y frecuentemente se describen concreciones discoidales, esferoidales y elipsoidales, que pueden alcanzar diferentes diámetros de escasos 10 cm. hasta alcanzar cercano a los 2,5 metros, los espesores de estas capas suelen ser multi-centimétricos hasta de pocos metros (1 a 2,5 metros). Esta secuencia es complementada para su intercalación con limolitas de color gris oscuro con tonalidades parduzcas oscuras, que meteoriza a marrón parduzcas y tonalidades rojizas, en su interior se suelen describir pseudo-concreciones, que suelen atribuirse a concreciones, y además se describen concreciones propias de los procesos químicos de las roca, por otro lado, el espesor de estas limolitas es de pocos centímetros 5 a 10, llegando alcanzar hasta los 4,5 a 5 metros.

El espesor para la Formación Querecual fue desarrollado en 168 metros en la playa Puinare (Isla Chimana Grande) desde su extremo este, representado hacia el sur su límite superior con el contacto con la Formación Río Chávez, para el sector Los Naranjos fue medido 99,36 metros, sin embargo el espesor medido se realizó hacia la parte sur de sinclinal al extremo meridional del sector, para la isla Borracha se midió un espesor aproximado de 30,2 metros, considerando la dificultad por la complejidad estructural para la sección, y por último, se mide 200,83 metros en la isla Chimana del Sur.

Edad y Paleontología: La Formación Querecual en las Islas Chimana Grande, Borracha, Chimana del Sur y Chimana del Oeste se considera que fue un desarrollo sedimentario desde el Albiense Superior hasta el Turoniense, donde han sido identificados especies foraminíferas: plantónicas y bentónicas, que han tenido concurrencia en los periodos mencionados, especies que pueden ser consultadas en el Capítulo de Bioestratigrafía de esta investigación, con su carta faunal correspondiente. Anteriores autores como Vivas y Macsotay (1995) habían hecho público el referido rango de tiempo para la Formación Querecual. En la tabla 7.3 se

citan los organismos fósiles identificados para la Formación Querecual, foraminíferos bentónicos y plantónicos.

Origen: Se considera que la Formación Querecual es de origen marino, de plataforma externa a talud medio, de acuerdo a los fósiles recolectados para este estudio.

La Formación Río Chávez en las Islas Chimanas y Borrachas, y para el Morro de Barcelona, al norte de Barcelona y Puerto La Cruz, ha sido descrita como una secuencia de homogénea de marlitas chérticas o calizas chérticas, de color gris oscuro a negro meteorizando a gris, presentan capas multi-centimétricas con planos de estratificación definidos por superficies sinusoidales, el espesor medido para esta secuencia en la Isla Chimana Grande esta alrededor de 112 metros, para la Isla Borracha en 33 metros, y para el Morro de Barcelona ha sido medido en poco más de 103 metros.

Edad y Paleontología: De acuerdo a los foraminíferos recolectados e identificados mediante secciones fina, se define una edad para la secuencia enmarcada entre finales del Turoniense (Cretáceo) hasta el Selandiense (Paleoceno), destacando que Vivas y Macsotay (1995) ya habían referenciado el rango de tiempo para la unidad. En la tabla 7.2 se citan los organismos fósiles identificados para la Formación Río Chávez, foraminíferos bentónicos y plantónicos.

Origen: Se considera que la Formación Río Chávez es de origen marino, plataforma externa a batial superior (aguas profundas), de acuerdo al registro fósil reconocido para esta investigación, lo había sido anteriormente puntualizado por Macsotay *et. al* (1980).

a.2.- Descripción de los Afloramientos de la Formación Río Chávez en las Colinas de Cascajal y Sabilar en Cumaná, Estado Sucre Macsotay y Vivas (1999).

Formación Río Chávez, está compuesta de 30 metros de estratos silíceo-calcáreo en un alternancia de secuencia de marlitas (60%) con calizas boimicríticas chérticas (30%), los chert negros (3%) y limolitas (7%), escalas concreciones discoidales de caliza micrítica negra, con espesores entre los 7 a 60 cm, su color superficial es amarillo pálido en superficie. Los fósiles contiene abundantes bioturbaciones *Zoophycos* ichnosp., *Tomaculum* ichnosp., *Scalarituba* ichnosp y *Chondrites* ichnosp., todos estos indicadores de ambiente pelágico y hemipelágico, entre los 500 a 2000 m. La edad de la secuencia fue enmarcada entre Capaniense tardío a Masstrichtiense, de acuerdo a los fósiles identificados.

Los fósiles citados en este trabajo, fue los identificados por Vivas (1981), foraminíferos plantónicos: *Hedbergella* sp., *Heterohelix* sp-, *Globotruncana* spp., *G. calcarata*, y los bentónicos *Gyroidina* sp., *Cyclamina* sp., *Orthokarstenia bramletti*, y *Globotruncana stuartiformis*.

Esta información es sustentada igualmente por Furrer y Castro en el trabajo “Nuevas Unidades Propuestas por Aguasuelos Ingeniería sobre Datos Inéditos de Lagoven S.A. en la Cuenca Oriental de Venezuela” para 1997.

b.- Dominio Guariquen – Caripe, y sub-Dominio La Paloma: Formación Querecual y Formación Río Chávez.

Los datos para esta descripción han sido tomados de Vivas y Macsotay en 1995, donde señala que la Formación Querecual consiste de una alternancia monótona e irregular de lutitas negras laminadas (con pseudo concreciones de diámetro submétricos y forma elipsoidal de calizas micríticas gris oscuro, finamente laminadas), calizas micríticas gris oscuro, finamente laminadas y chert negro, en capas subcentimétricas, finamente laminadas. La edad es de Albiense superior a Coniaciense inferior, y su ambiente es de plataforma externa a batial superior con paleo-profundidades entre los 150 a 500 metros.

Los fósiles identificados para la formación Querecual en este dominio fueron: Bivalvos, *Inoceramus tenuis*, *I. cf. Virgatus*, *Mytiloides goppelnensis*, *I. glennensis*, *I. cf. Pictus neocaledonicus*, Cefalópodos: Ammonites, *Anapuzozia gr. Tucuyensis*, Foraminíferos plantónicos *Hedbergella planispira*, *H. delrioensis*, *Rotalipora ticinensis*, *Ticinella prímula*, *T. raynaudi*, *Globigerinelloides bentonensis*, *R. subticinensis*, *Biticinella breggiensis*, *Heterohelix reussi*, *R. appenninica*, *Praeglotruncana delrioensis*, Foraminíferos plantónicos retrabajados: *Schackoina cabri* y *Hedbergella maslakovae*, y Bentónicos *Neobulimina canadensis*, *N. irregularis*, *Lenticulina spp.*, *Dentalina spp.*, *Tappanina laciniosa*, *N. minima* y *Bolivina sp.* Nannoplancton: *Eprolithus floralis*, *Watznaueria barnesae*, *W. britannica*.

El contacto es concordante y transicional con las hemipelagitas silíceas y calcáreas de la Formación Río Chávez, el espesor máximo es de 500 metros, consistiendo de limolitas silíceas (73%), limolitas calcáreas y margosas (12%) limolitas chérticas (12%), y ocasionalmente cuerpos u olistones de areniscas (3%) con bioturbaciones Zoophycos icnosp. En general, las limolitas son finamente laminadas y muestran diferentes niveles de chert negro (diferenciación diagenética) que exhibe morfología elipsoidal de diámetros decimétricos. La edad de acuerdo al registro fósil ha sido enmarcada desde el Coniaciense superior a Paleoceno medio.

El registro fósil en la Formación Río Chávez para este dominio consiste: moluscos bivalvos: *Inoceramus cicloides cicloides*, *I. cf. Incontans*, *I. cf. Algeriensis*, foraminíferos plantónicos: *Dicarinella concavata*, *D. primitiva*, *Hedbergella spp.*, *Heterohelix reussi*, *Marginotruncana coronata*, *Morozovella conicotruncana*, *M. acuta*, *Acarinina primitiva*, *Planorotalites compressa*, *Globigerina triloculinoides*, *Chiloguembelina subtriangulata*, *Chiloguembelina midwayensis midwayensis* y *Planorotalites pusilla pusilla*. Plantónicos retrabajados: *Schackoina cabri*, *Globigerinelloides blowi*, *Hedbergella planispira*, Foraminíferos bentónicos:

Dorothia retusa, *Spiroplectammina grzybowskii*, *Haplophragmoides walteri*, *Rzehakina epigona*, *Bathysiphon sp.*, *Marginulina spp.*, *Nodorosaria spp.*
Radiolarios: *Dictyomitra multicostata*, Nannoplancton: *Micula staurophora*, *Watznaueria barnesae*, *Eiffellithus sp.*, y *Tetralithus cf. Gothicus*.

Las características litológicas para el sub-Dominio La Paloma para las Formaciones Querecual y Río Chávez son semejantes, aunque la edad para la Formación Río Chávez ha sido enmarcada y ampliada desde el Coniaciense superior a Paleoceno superior.

En el sub-Dominio La Paloma, se colectaron los siguientes fósiles para la Formación Querecual, moluscos, bivalvos: *Anomia cf. Lunatus*, *I. plicatus*, *I. costellatus longelatus*, *I. cf. Latus*, *I. annulatus*, foraminíferos planctónicos: *Hedbergella cf. Gorbachikae*, *H. cf. Planispira*, *H. cf. Simplex*, *H. delrioensis*, *H. holmdelensis*, *Helvetoglobotruncana praehelvetica*, *Heterohelix reussi*, *Whiteinella cf. paradubia*, *W. baltica*, *W. archaeocretacea*, *Dicarinella gr. Algeriana – imbricata*, foraminíferos bentónicos: *Bolivina spp.* *Trochammina sp.* *Bathysiphon sp.*, *Gavelinella sandidgei* y *Lenticulina munsteri*. Nannoplancton: *Ephrolithus floralis*, *Manivitella pemmatoidea*, *Parhabdlithus embergerii*, *Watznaueria barnesae*, *W. biporta*, *Prediscosphaera cretacea*, *Micula staurophora*, *Eiffellithus eximius*, *E. turriseiffeli* y *Marthasterites furcatus*.

Para la Formación Río Chávez en el sub.Dominio La Paloma se identificaron las siguientes especies fósiles: foraminíferos planctónicos: *Hedbergella holmdelensis*, *Pseudoguembelina costulata*, *Globotruncanita stuarti*, *G. conica*, *Globotruncana arca*, *G. bulloides*, *G. aegyptiana*, *Rugoglobigerina cf. Rugosa*, *Abathomphalus cf. Mayaroensis*, *Pseudotestularia elegans*, *Ganserina gansseri*, *Rosita cf. Contusa*, foraminíferos bentónicos: *Ammodiscus cretaceus*, *Bathysiphon alexanderi*, *B. discreta*, *Bolivina incrassata gigantea*, *Dorothia cf. Oxigona*, *D. bulleta*, *Gaudryna cf. Laevigata*, *Rzehakina epigona*, *Spiroplectammina spectabilis*, *S. grzybowskii*, *Orthokarstenia ewaldi* y *Hyperammina cf. Elongata*. Nannoplancton: *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Broinsonia parca*, *B. enormes*, *Ceratholithoides aculeus*, *Cribrosphaerella ehrenbergii*, *Micula murus*, *Micula staurophora*, *Prediscosphaera cretacea*, *Watznaueria bamesae*, *W. biporta*, *Coccolithus cavus*, *C. pelagicus*, *Cruciplacolithus tenuis*, *Discoaster gemmeus*, *D. multiradius*, *Ericsonia subpertusa*, *Fasciculithus tympaniformis*, *Sphenolithus annarhopus* y *Zygodiscus sigmoides*.

c.- Dominio Bergantín – Guanta: Formación Querecual, Formación San Antonio, Formación San Juan y Formación Vidoño

La Formación Querecual depositada por encima de la Formación Chimana ha sido descrita como una alternancia monótona de 600 a 650 metros de espesor de lutitas y calizas negras, finamente laminadas y bituminosas, con niveles de nódulos y pseudoconcreciones de caliza micrítica negra con foraminíferos planctónicos, *inoceramus sp.*

y ammonites que sugieren una edad Albiense Superior-Coniaciense inferior y un paleo.ambiente de plataforma externa.

La Formación San Antonio se deposita sobre la Formación Querecual 350 metros de hemipelagitas silíceo-calcáreas con niveles chérticos en su base y lutitas en su parte media a superior, donde se presenta asociada con inyectitas clásticas y estructuradas de desplomes arenosos, su registro fósil de foraminíferos e *Inoceramus* spp, sugiere una edad desde el Coniaciense superior a Maastrichtiense inferior. El paleo-ambiente es batial superior a batial inferior.

Posteriormente se depositan sobre la Formación San Antonio una serie de facies siliciclásticas, no turbidítica, la cual se denominó Formación San Juan, se encuentra representada por un espesor variable de 112 m. en el río Querecual y que aumenta hacia el río Amaná a 350 metros, hasta desaparecer hacia el río Neverí. El registro fósil de foraminíferos bentónicos sugiere un paleoambiente batial inferior a medio, además se interpreta que dicha secuencia se habría depositado en un talud epicontinental como consecuencias de inestabilidades tectónicas que afectaron el borde septentrional de la plataforma, su edad está comprendida entre Maastrichtiense medio a superior.

Finalmente la Formación Vidoño, ha sido descrita como una secuencia de lutitas hemipelágicas por encima de las areniscas de la Formación San Juan, frecuentemente glauconítica, calcárea y algo piritosa, presente en un tramo masivo arenoso y limolítico, con un espesor entre los 200 a 400 metros, la edad fue posible datarla de Eoceno inferior a Eoceno medio por los foraminíferos planctónicos y nannoplancton.

d.- Conclusión, La unidad suprayacente a la Formación Querecual en esta región fue definida por Clemente González de Juana (1948) como la Formación San Antonio (última cartografía hasta la fecha), pero de acuerdo a estudios regionales y propios de esta investigación, se redefine la nomenclatura para esta unidad, en Formación Río Chávez, las correlaciones regionales se fundamentaron en los estudios realizados por Vivas y Macsotay (1999), donde en la región de Cumana definen esta unidad como una secuencia con similares características paleo-ambientales, litoestratigráficas y de edad, sumado a los estudios reportados por Furrer y Castro (1997) a la franja continental de las rocas del Cretáceo Tardío, donde sus esfuerzos se enfocan en la redefinición de la Formación Río Chávez como unidad formal, como se definen para el Dominio Archipiélago Guaiquerí-Manare. Cabe destacar, que la descripción para el Dominio Guariquen – Caripe, y sub-Dominio La Paloma, permite complementar la descripción para la secuencia de Cretáceo tardío, y parte del paleoceno.

No obstante para el Dominio Bergantín – Guanta, se muestran un conjunto de formaciones que no se complementan con la descripción litoestratigráfica para la Formación Río Chávez en el estudio, debido a que las investigaciones realizadas por Vivas y Macsotay (1995) para este dominio presentaron condiciones paleo-ambientales que cambian los componentes que definen las secuencias depositadas.

Por lo tanto, *Los Dominios Tectono-Estratigraficos Del Cretácico-Neógeno en Venezuela Nor-Oriental* definidos por los geólogos Vivas y Macsotay (1995), se corresponden a las unidades descritas por estos mismos autores para el archipiélago Guaquerí-Manare, en especial en las Islas Chimanas y Las Borrachas, donde habían sido reportadas y cartografiadas hasta la fecha como Formación San Antonio, pero de acuerdo a los datos suministrados en esta investigación corresponden a la Formación Río Chávez.

Tabla N° 10.27: Unidades Litoestratigráficas del Cretáceo del Archipiélago Guaiquerí-Manare.

NOMENCLATURA							
ACTUALIZADA	REVISIÓN DE LAS ISLAS BORRACHAS			dominio A. Guaiquerí-Manare	ISLAS LAS CHIMANAS Y LAS BORRACHAS		
(GUILLAUME, BOLLI Y BECKMANN, 1972) Formación Barranquin Mbro. Venados Mbro. Morro Blanco Mbro. Picuda Fm. Taguarumo	Fm. San Antonio	Fm. San Antonio	Fm. "San Antonio" (facies de calizas cherticas, marlitas y lutitas silíceas)	Fm. Río Chávez?	Fm. Río Chávez	ESTE TRABAJO CAICEDO, 2017	
	Fm. Querecual	Fm. Querecual	Fm. Querecual (con niveles de chert negro)	Fm. Querecual (con niveles de chert negro)	Fm. Querecual (con niveles de chert negro)		
	Fm. Chimana	Fm. Chimana	Fm. Chimana	Fm. Chimana	Fm. Chimana		
	Fm. Borracha	Fm. Borracha	Fm. Borracha	Fm. Borracha	Fm. Borracha		ESTE TRABAJO CAICEDO, 2017
	Fm. García	Fm. García	Fm. García	Fm. García	Fm. García		
	Mbro. Picuda	Mbro. Picuda	Mbro. Picuda	Mbro. Picuda	Mbro. Picuda		ESTE TRABAJO CAICEDO, 2017
	Mbro. Morro Blanco			Mbro. Morro Blanco	Mbro. Morro Blanco		
	Mbro. Venados			Mbro. Venados	Mbro. Venados		

(MACSOTAY, VIVAS, PIMENTEL DE B. Y BELLIZIA, 1986)
 (VIVAS, 1986)
 (VIVAS Y MACSOTAY, 1995)
 (VIVAS Y MACSOTAY, 1995)
 Alb. med-sup.
 Apt. sup. - Alb. med-sup.
 Cenomaniense-Maastrichtiense
 Hauteriviense - Aptiense inferior

APÉNDICE H: 10.8.- Conceptos de estructuras geológicas

Conceptos de Estructuras Geológicas Descritas para este Trabajo

Pliegue Anticlinal Simétrico: esta estructura geológica es la manifestación de la deformación dúctil de las rocas, y su clasificación es dependiente de la disposición espacial de la característica típica de un pliegue, los cuales son: línea de charnela, zona de charnela, superficie axial, plano del perfil y flancos (dos flancos), todas estas características presentan una disposición medible con brújula; para el pliegue anticlinal simétrico se define como un conjunto de superficies plegadas (dentro de una misma envolvente) cuya plano axial es vertical o pseudo-vertical ($87-90^\circ$), la línea y zona de charnela están representadas por una línea y zona que es horizontal a la superficie, el plano de perfil muestra una sección del pliegue en donde la superficie axial se muestra como una línea perpendicular la cual puede representar una línea guía para mostrar la simetría de los flancos, cuya buzamiento es el mismo pero en sentido opuesto, las líneas de los flancos convergen hacia arriba y divergen hacia la base.

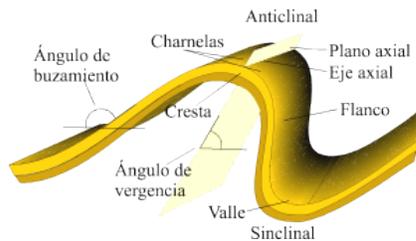


Fig. 10.25: Partes de un pliegue. Tomado de <https://natureduca.com/geologia-geodinamica-interna-tectonica-de-placas-03.php> (2017).

Pliegue Sinclinal Simétrico: Esta estructura es similar a la anteriormente descrita, y su distinción se enmarca en que el buzamiento de los flancos es divergente al tope y convergente hacia la base.

Pliegue Tumbado: Estos pliegues se describen como las estructuras donde sus flancos están estratigráficamente invertidos.



Fig. 10.26: Pliegue tumbado, tomado de <https://es.slideshare.net/iessuel/pliegues-geologicos> (2017).

Pliegues Isoclinales y Apretados: Es la descripción de los pliegues por su perfil, y donde las características a considerar es la disposición y/o relación de los ángulos con que están dispuesto los flancos, por lo que un pliegue se considera isoclinal cuando los flancos son paralelos, mientras que un pliegue apretado son estructuras en donde el ángulo menor formado entre los dos flancos es 30° o menor (hasta 5°).

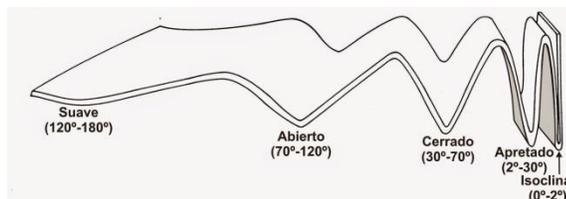


Fig. 10.27: Pliegue de acuerdo al ángulo entre los flancos, tomado de <http://geologiaestructuralpetrolero.blogspot.com/2014/09/descripcion-y-clasificacion-de-pliegues.html> (2017).

Falla de Corrimiento: para describir o dar un concepto de esta estructura, es importante describir el término falla, la cual es una discontinuidad plana entre bloques de roca que se han desplazado uno con respecto a otro en una dirección paralela a la discontinuidad, las fallas han sido definidas comúnmente en la literatura como falla inversa, normal y transcurrente, y sus componentes descriptivos son el plano de discontinuidad y el desplazamiento relativo de los bloques (dos bloques), en la figura se gráfica el bloque del techo y el de piso, el bloque del piso presenta un ángulo entre el plano de discontinuidad “la falla” y una superficie horizontal, cuando el bloque del techo se desplaza por la superficie de discontinuidad “hacia arriba” se le denomina falla inversa, la falla de corrimiento es una falla inversa que debe cumplir las siguientes características: el ángulo de reposo de las discontinuidad debe ser 45° o menor, y la exhibición de esta superficie debe presentarse de escala local a regional (1:10.000 a 1:25.000).

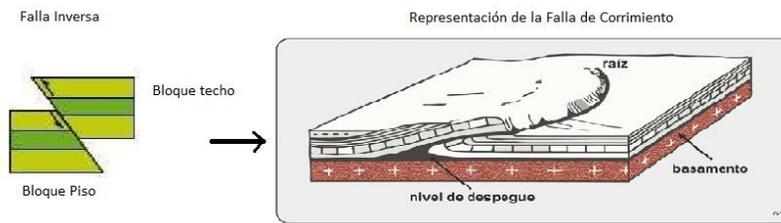


Fig. 10.28: Falla de corrimiento, tomado de http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/05.htm (2017).

Deslizamiento Capa a Capa: esta definición o descripción no representa una estructura geológica, aunque su definición es importante ya que permite discriminar una falla de superficie que se desplaza por una superficie ya definida, por ejemplo “contacto entre dos capas con diferentes o similar litología(s)”. El término “deslizamiento capa a capa” como lo indica su nombre representa el deslizamiento o desplazamiento que existe por una superficie discontinua determinada por el contacto de dos capas con diferentes características líticas o la misma (con parcial diferencia), este deslizamiento genera una superficie cristalizada “entre las dos capas” por el roce entre las capas, y el arreglo de las capas, una con respecto a la otra, ya que las mismas al presentar un recorte por esfuerzos externos y generar estructuras de compresión genera dicha planos que pueden confundirse con fallas.

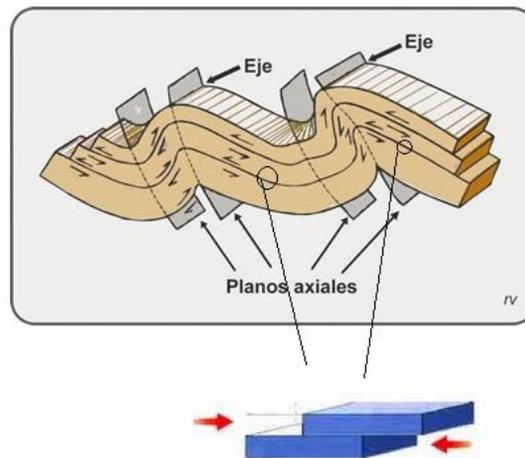


Fig. 10.29: Deslizamiento capa a capa, tomado de http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/05.htm y <http://post.geoxnet.com/blog/geologia-estructural/> (2017).

ANEXOS

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo I:** Mapa Geológico, Hoja I, II y III.
- Anexo II:** Columnas estratigráficas de Borracha, Chimana del Sur, Chimana Grande Sector Los Naranjos –Este-, Morro de Barcelona, Chimana Grande Sector Puinare Norte y Chimana Grande Sector Puinare Sur.
- Anexo III:** Cortes Geológico A y B.
- Anexo IV:** Carta Faunal Querecual y Carta Faunal Río Chávez.
- Anexo V:** Batimetría Querecual y Batimetría Río Chávez.
- Anexo VI:** Correlación Espacial de las Unidades Litoestratigráficas del Cretáceo.
- Anexo VII:** Ubicación Regional de las Columnas a Correlacionar.
- Anexo VIII:** Extensión Paleo-geográfica de la Formación Querecual y Formación Río Chávez.
- Anexo IX:** Mapa de Muestras A y B.
- Anexo X:** Relación de las formaciones Chimana, Querecual y Río Chavéz.
- Anexo XI:** Interpretación de paleoambientes con características genéticas de las formaciones Querecual y Río Chávez, A, B, C y leyenda.