



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

ANÁLISIS DE FACIES DE SEDIMENTOS NEÓGENOS MARINOS EN COQUIMBO
(30°S), CHILE: SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL E IMPLICANCIAS TECTÓNICAS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
GEÓLOGA

CONSTANZA ANDREA GARCÍA LEIVA

PROFESORA GUÍA:
VALENTINA FLORES AQUEVEQUE

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
DIEGO PARTARRIEU BRAVO
LUISA PINTO LINCOÑIR

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE GEÓLOGA
POR: CONSTANZA ANDREA GARCÍA LEIVA
FECHA: JUNIO 2019
PROF. GUÍA: VALENTINA FLORES AQUEVEQUE

ANÁLISIS DE FACIES DE SEDIMENTOS NEÓGENOS MARINOS EN COQUIMBO (30°S), CHILE: SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL E IMPLICANCIAS TECTÓNICAS

En la costa de Chile central (30°S) afloran sedimentos marinos neógenos de la Formación Coquimbo, los cuales concentran un fuerte registro fósil que marcan variaciones paleoambientales. Estos cambios no han sido abordados por medio de análisis de litofacies, lo cual motiva a realizar un estudio sobre parámetros físicos, estructuras sedimentarias, cálculo granulométrico e identificación de icnofósiles, para dilucidar entre éstos y ver sus implicancias tectónicas. Se evidencian los cambios de ambiente a través de eventos de somerización y profundización.

De lo más antiguo a lo más reciente, la sección miocénica de Las Rosas evidencia tres subambientes sedimentarios, en general, la sección se deposita en un ambiente marino somero de playa, comenzando con un frente de playa superior demostrado por granulometría, seguido de un frente de playa medio esclarecido por trazas fósiles de *Glossifungites* y *Psilonichnus*, terminando con un frente de playa medio proximal aclarado por granulometría y estructuras sedimentarias. Los ambientes más someros presentan coquinas con fragmentación de bioclastos por el retrabajo de las olas (sindeposicional), mientras que ambientes más profundos muestran bioclastos disueltos producto del rápido enterramiento y compactación, generando porosidad secundaria (sindiagenético). Por otra parte, la sección miocénica-pleistocénica de El Culebrón, exhibe cinco paleoambientes, partiendo con una playa o frente de playa superior indicado por parámetros físicos, siguiendo con un evento de muy alta energía que deposita bolones, para somerizar aún más a una trasplaya, evidenciado por trazas fósiles de *Coprinisphaera* y *Scoyenia*, además de paleosuelos. Más tarde, el ambiente se profundiza a una playa o frente de playa superior constatado por parámetros físicos. Para finalizar, la serie pleistocénica es un ambiente marino somero protegido, por el tipo de coquinas. Entretanto, la sección de Los Clarines muestra dos subambientes, marino somero protegido para la base pliocénica, mientras que el techo pleistocénico muestra aguas abiertas gradando de playa a frentes de playa superior, constatado por granulometría y fragmentación de bioclastos.

Los cambios paleoambientales se relacionan a eventos tectónicos y/o a cambios eustáticos del mar, pudiendo respaldar dicha información con cronoestratigrafía. Las Rosas exhibe una transgresión resultado de la subsidencia que produce el paso del ridge de Juan Fernández (JF), además de dos leves regresiones que evidencian un cese momentáneo del ridge, actuando sólo el nivel eustático. Por otro lado, la somerización vista en el Culebrón inferior se debe a una colmatación de la cuenca, producto de un fuerte agente erosivo, mientras que en el Culebrón superior sólo hay un cambio de aguas abiertas a protegidas. Por último, la profundización ocurrida en la sección pleistocénica de Los Clarines, se relaciona con la transgresión que provocaría la migración de la dorsal oceánica del Pleistoceno inferior.

A mi guelita Lucy, que me enseñó a sonreírle a la vida

Agradecimientos

Esta memoria fue parcialmente financiada por fondos de la beca CONICYT-PFCHA de doctorado nacional (2015-21151267), gracias por la ayuda.

Cuando era más chica no sabía mucho de geología, sólo sabía que gustaba la tierra, el agua, la nieve, los árboles y los animales. Explorar la naturaleza era el día a día, que sorprendía con un nuevo hallazgo. Me tomó tiempo darme cuenta lo que quería aprender en la universidad, lo que quería hacer de un sueño, una realidad... Y la tierra lo lo logró, me abdujo en sus vida y conquistó mi pensamiento. Hoy soy una más en el camino de la vida, agarrando lo que tengo, saliendo con mi bolso a explorar nuevos lugares y nunca dejar de aprender de la geología.

“Una luz en mi camino me guía, sabe que me gustará el final”

Gracias papas, por escuchar mis historias sobre lo fascinante que es la geología, por creer en mi más que nadie, por alegrarse al saber que me gustaba lo que estudiaba, por darme un buen ánimo cada vez que lo necesité en tiempo difíciles, por ser los mejores pap@s que el universo juntó.

“Toman una mano cada uno y ríen de las banalidades de la vida”

A mi hermana Fran y mi hermano Papo, que juntos somos burlones y pensadores, gracias por ser buen@s herman@s, dando cariño cada un@ a su forma y por ponerse felices con cosas pequeñas que lograba.

“La mano sobre la cabeza, entregando vivencia, amor y serenidad”

A mis tatas y guelitas, que son las personas que más escucho y pongo atención, para aprender lo que no se enseña diciendo, sólo viendo. Gracias por mostrarme tanto cuando pequeña y recordarme que la vida se vive con penas y alegrías, por sentirse orgullos@s de su nieta mayor.

“Las imágenes de risas en mi mente me recuerdan el sabor de dulce de la felicidad”

A mi familia, mis tíos, tías, primos, primas, sobrinito, mi familia heredada... Que tienen una imagen ya de mí, como la exploradora que siempre fui y seguiré siendo. Gracias por todos esos abrazos que recibí en algún momento, que de alguna forma terminaron en este resultado final.

“Mil y una horas pasadas, siendo mi compañía, ayudándome a descifrar el rompecabezas que significa soñar”

A mis amigos y amigas del colegio, del primero y del segundo, mis amigas vecinas, mis amigos de la U, los de plan común y geología. Cada cual sabe que gracias a ustedes soy como soy, porque alimentan mi sonrisa cuando ideamos algo entretenido que hacer, cuando salimos de la vida estudiantil y somos personas que crecen y quieren hacer lazos de amistad verdaderos. Gracias por apañarme, cada palabra de apoyo en momentos que veían una mala cara por esta cosa de los estudios, de la carrera, de la geología. Por ustedes creo que la amistad es un camino infinito de momentos que ayudan a crecer y a ser felices.

“Cada palabra anotada en mi cuaderno o mente, fueron escritas porque lograste que mi ampolleta prendiera sobre mi cabeza ”

A mis profesores y profesoras de la vida, del colegio y de la geología. Que me sorprendieron con buenas enseñanzas que jamás se me olvidarán, porque ese buen guía, es el que deja memoria. Gracias por ser tan buenos en las cosas más complejas de este camino...enseñar.

“Mis sueños creen en ti, en tu mirada serena, paciente y amable”

A ti Andrés, que siempre en mi cabeza estas, siempre mi corazón tomarás. El camino de esta memoria tiene tu voz hablando a lo lejos, queriendo lo mejor siempre, gracias por ser tú el que me invitó a ver la luna que siempre observa.

“La tierra abre caminos infinitos, crea poderes no vistos, siente como se nos ha olvidado, toma fuerza y devuelve calor”

A la Paatcha, esta tierra que es la razón de mi pasión, este camino de geología y seres impresionantes.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Formulación del estudio	1
1.2. Ubicación zona de estudio	3
1.3. Antecedentes	4
1.4. Hipótesis de trabajo	5
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Generales	5
1.5.2. Específicos	5
1.6. Metodología	6
1.6.1. Objetivo específico 1	6
1.6.1.1. Petrografía	6
1.6.1.2. Granulometría	8
1.6.1.3. Grado de disolución y fragmentación de coquinas	11
1.6.2. Objetivo específico 2	12
2. Marco Geológico	14
2.1. Geomorfología, Tectónica regional y local	14
2.2. Geología local	17
2.3. Clima	20
2.3.1. Cambios Eustáticos	22
3. Marco Teórico	23
3.1. Ambientes de depositación Marino Somero	23
3.2. Ambientes diagenéticos	27
3.3. Parasecuencia estratigráfica	28
4. Resultados	33
4.1. Columnas estratigráficas y facies	33
4.1.1. Quebrada Las Rosas	35
4.1.2. Quebrada El Culebrón inferior	41
4.1.3. Quebrada El Culebrón superior	44
4.1.4. Lomas del Sauce	45
4.1.5. Los Clarines	48
4.2. Granulometría	51
4.2.1. Quebrada Las Rosas	51
4.2.2. Quebrada El Culebrón y Los Clarines	52

4.3. Asociación de facies (AF)	54
4.3.1. Quebrada Las Rosas	56
4.3.2. Quebrada El Culebrón	58
4.3.3. Lomas del Sauce y Los Clarines	61
5. Discusiones	63
5.1. Ambientes de depositación	64
5.1.1. Quebrada Las Rosas	64
5.1.2. Quebrada El Culebrón	66
5.1.3. Los Clarines	68
5.2. Evolución paleogeográfica (Mioceno superior - Pleistoceno) de la costa de Co- quimbo	69
5.3. Parasecuencia estratigráfica: Sobre tectónica y cambios del nivel del mar . .	72
6. Conclusiones	76
6.1. Recomendaciones	78
Bibliografía	78
A. Anexo I: Icnofacies	86
B. Anexo II: Cortes transparentes	90
C. Anexo III: Microscopia óptica	96
D. Anexo IV: Granulometría	97

Índice de Tablas

1.1. Ejemplo de cálculo de frecuencia acumulada a partir de frecuencia volumétrica de tamaño de grano.	10
1.2. Escala usada para selección (Folk y Ward et al., 1957).	11
1.3. Escala usada para asimetría (Folk y Ward et al., 1957).	11
1.4. Escala usada para curtosis (Folk y Ward et al., 1957).	11
1.5. Nivel de disolución/fragmentación de coquinas.	12
3.1. Icnodiversidad y abundancia de trazas según el tipo de ambiente de deposición (basada en MacEachern y Pemberton, 1992; Pemberton <i>et al.</i> , 2001; Buatois y Mángano, 2011).	26
4.1. Modas asociadas a las diferentes granulometrías (USDA).	51
4.2. Muestras de granulometría para la Quebrada El Culebrón y Los Clarines con su respectivo nivel estratigráfico.	53
4.3. Altitud de cada localidad según los puntos GPS indicados en el capítulo de introducción (ubicación zona de estudio). Datos obtenidos en Google Earth.	54
4.4. Parámetros granulométricos para cada asociación de facies.	54
B.1. Cortes transparentes de la localidad Las Rosas (Lomas del Sauce), Quebrada el Culebrón, Quebrada Las Rosas y Los Clarines.	90
C.1. Propiedades texturales de los sedimentos asociados a la columna estratigráfica de Quebrada Las Rosas.	96
D.1. Granulometría asociada a estratos de columna Las Rosas	98
D.2. Frecuencia y Frecuencia Acumulada para muestras granulométricas de Quebrada Las Rosas.	108
D.3. Frecuencia y Frecuencia Acumulada para muestras granulométricas de Quebrada Las Rosas y El Culebrón.	116
D.4. Frecuencia y Frecuencia Acumulada para muestras granulométricas de Quebrada El Culebrón y Los Clarines.	117
D.5. Frecuencia Acumulada de cada asociación de facies, calculada a partir del promedio de todas las frecuencias acumuladas de muestras granulométricas pertenecientes a una AF.	119
D.6. Parámetros granulométricos calculados a partir del promedio de la frecuencia acumulada de cada Asociación de Facies.	121

Índice de Ilustraciones

1.1. Cuencas sedimentarias neógenas ubicadas a lo largo de la costa Pacífica de Sudamerica.	2
1.2. Imagen satelital landsat de la zona de estudio, se observa la ciudad de Coquimbo, IV región.	3
1.3. Imagen satelital landsat de la zona de estudio en más detalle, se observa la ciudad de Coquimbo, el sector de Quebrada las Rosas y Culebrón al sur de ésta.	4
1.4. Proceso para generar un corte transparente de roca.	6
1.5. Recorrido de la luz por el microscopio petrográfico que refleja los componentes de la roca puesta en corte transparente.	7
1.6. Mineralogía óptica vista en lupa Olympus del laboratorio de Sedimentología del Departamento de Geología, U. de Chile.	7
1.7. Granulómetro láser master sizer 2000.	8
1.8. Esquema simple que ocurre dentro del granulómetro para obtener la distribución de tamaño de las muestras.	8
1.9. Porcentajes de volumen de partícula según un cierto rango de tamaño. Ejemplo de la muestra L5b.	9
1.10. Ejemplo de curva granulométrica para la muestra L5b. A simple vista se observan dos modas de tamaño de partícula.	9
1.11. Apilamiento vertical de conjuntos de parasecuencias (Van Wagoner et al., 1990).	13
2.1. Distribución aproximada de cuencas sedimentarias terciarias con depósitos marinos en el sur de América del Sur. Los márgenes de la cuenca representan sus extensiones máximas durante los intervalos de tiempo indicados (Le Roux et al., 2012).	14
2.2. Perfil geológico en zona de estudio. MPLcq representa la Fm Coquimbo, al lado derecho del perfil (Emparan y Pineda, 2000).	16
2.3. Dominios estructurales para el área de estudio (Emparan y Pineda, 2000).	16
2.4. Mapa Geológico de La Serena - La Higuera (Emparan y Pineda, 2000)	18
2.5. Simbología y leyenda de Mapa Geológico de La Serena - La Higuera (Emparan y Pineda, 2000).	19
2.6. Tendencias globales a largo plazo de las temperaturas del océano y del aire como lo muestran registros de δO_{18} y CO_2 (después Zachos <i>et al.</i> , 2001; Beerling y Royer, 2001) (Le Roux <i>et al.</i> , 2012)	21
2.7. Temperaturas anuales medias en Sudamérica durante el Terciario en correlación con los diferentes eventos climáticos y tectónicos	21

2.8.	Curvas del nivel del mar de Haq <i>et al.</i> (1988) según lo recalibrado por Hardenbol <i>et al.</i> (1998) en comparación con las curvas $\delta_{18}O$ de Abreu <i>et al.</i> (1998). Las líneas punteadas marcan el trabajo realizado en Carrizalillo por Le Roux <i>et al.</i> , 2005 (Le Roux <i>et al.</i> , 2005b)	22
3.1.	Aspectos sedimentológicos e icnológicos a lo largo de un perfil de depositación dominado por oleaje. Distribución de incofacies y procesos de depositación están basados en MacEachern <i>et al.</i> ,1999a (Buatois y Mángano, 2011). . . .	25
3.2.	Reconstrucción esquemática de la distribución de trazas fósiles en ambientes marinos poco profundos dominados por las olas (Buatois y Mángano, 2011).	26
3.3.	Esquema transversal de plataforma continental carbonática mostrando los ambientes diagenéticos (Adams, 1998).	28
3.4.	Apilamiento vertical de conjuntos de parasecuencias (Van Wagoner <i>et al.</i> , 1990).	30
3.5.	Conceptos de transgresión, regresión normal y regresión forzada, tal como se define por la interacción de los cambios a nivel de base y la sedimentación en la costa	32
4.1.	Sector de Quebrada las Rosas con su respectiva foto-interpretación. Las líneas negras delimitan estratos, indicados en letras negras también.	33
4.2.	Sector de Quebrada El Culebrón con su respectiva foto-interpretación. Las líneas blancas delimitan estratos, indicados en letras amarillas.	34
4.3.	Simbología y leyenda para las figuras 4.4, 4.9 y 4.11.	35
4.4.	Columna estratigráfica A, Quebrada Las Rosas. Modificado de Partarrieu (en prep.)	36
4.5.	Icnofósiles identificados en estrato A8 de columna estratigráfica A, Quebrada Las Rosas.	37
4.6.	Icnofósiles identificados en estrato L1 de columna estratigráfica A, Quebrada Las Rosas.	38
4.7.	Icnofósiles identificados en estrato L3 de columna estratigráfica A, Quebrada Las Rosas.	39
4.8.	Gráfico que muestra el grado de fragmentación y disolución de Coquinas para la Columna A, siendo 1 grado bajo, 2 grado moderado y 3 grado alto.	40
4.9.	Columna estratigráfica B, Quebrada El Culebrón. Modificado de Partarrieu (en prep.)	42
4.10.	Icnofacies identificadas en estrato L3 de columna estratigráfica B, Quebrada El Culebrón.	43
4.11.	Columna estratigráfica C, Quebrada El Culebrón superior. Modificado de Partarrieu (en prep.)	44
4.12.	Cemento isópaco mosaico columar en la primera y segunda imagen de izquierda a derecha (letra C), tercera imagen es poikilotópico.	45
4.13.	Columna estratigráfica D, Lomas del Sauce (De Los Arcos <i>et al.</i> , 2017). . . .	46
4.14.	Corte transparente LDS-N1M, se observa cemento tipo bladed alrededor de agujeros de serpúlidos (letra B).	47
4.15.	Columna estratigráfica E, Los Clarines (Partarrieu, en prep.).	48
4.16.	Corte transparente CT-12. Se observa cemento tipo bladed en bivalvos (derecha, letra B), drussy en gastrópodos (izquierda, letra D) y poikilotópico en ambas imágenes.	50

4.17. Granulometría asociada a la columna A (Las Rosas), a través del porcentaje relativo de cada moda.	52
4.18. Granulometría asociada a la columna B y C (El Culebrón), además de la columna E (Los Clarines), a través del porcentaje de volumen asociado a un tamaño de grano.	53
4.19. Asociaciones de facies para cada columna estratigráfica, ordenadas desde los cerros (derecha) hacia la costa (izquierda).	55
4.20. Curva de frecuencia acumulada para la AF1, correspondiente a la columna estratigráfica A.	56
4.21. Curva de frecuencia acumulada para la AF2, correspondiente a la columna estratigráfica A.	57
4.22. Curva de frecuencia acumulada para la AF3, correspondiente a la columna estratigráfica A.	58
4.23. Curva de frecuencia acumulada para la AF1', correspondiente a la columna estratigráfica B.	59
4.24. Curva de frecuencia acumulada para la AF3', correspondiente a la columna estratigráfica B.	60
4.25. Curva de frecuencia acumulada para la AF4', correspondiente a la columna estratigráfica C.	61
4.26. Curva de frecuencia acumulada para la AF3'', correspondiente a la columna estratigráfica E.	62
5.1. Posición geográfica de cada localidad con su respectiva columna estratigráfica y AF's.	63
5.2. Evolución paleogeográfica de la costa de Coquimbo durante el Mioceno superior	70
5.3. Evolución paleogeográfica de la costa de Coquimbo durante el Plioceno . . .	71
5.4. Evolución paleogeográfica de la costa de Coquimbo durante el Pleistoceno Medio	72
5.5. Secuencias T-R y R-T para la columna A, localidad de Las Rosas.	74
A.1. Reconstrucción esquemática de icnofacies <i>Psilonichnus</i> (Buatois y Mángano, 2011).	87
A.2. Reconstrucción esquemática de icnofacies <i>Skolithos</i> (Buatois y Mángano, 2011).	87
A.3. Reconstrucción esquemática de icnofacies <i>Glossifungites</i> (Buatois y Mángano, 2011).	88
A.4. Reconstrucción esquemática de icnofacies <i>Scoyenia</i> (Buatois y Mángano, 2011).	89
A.5. Reconstrucción esquemática de icnofacies <i>Coprinisphaera</i> (Buatois y Mángano, 2011).	89

Capítulo 1

Introducción

1.1. Formulación del estudio

La costa del Océano Pacífico de Sudamérica está marcada por una serie de cuencas neógenas que comprenden depósitos marinos (figura 1.1). En específico, la Formación Coquimbo ubicada en la ciudad con el mismo nombre (30°S), es una de estas cuencas neógenas que guarda un importante registro sedimentario del Mioceno superior-Pleistoceno (Martínez-Pardo et al., 1990), donde los sedimentos marinos muestran ambientes característicos de esa época, además de una valiosa fauna que estuvo presente y marcando un gran cambio de especies entre ambos períodos.

El análisis de facies ha sido previamente poco analizado, pudiendo aportar nuevos antecedentes y evidencias sedimentológicas de los cambios paleoambientales y tectónicos ocurridos en la costa de Chile central (30°S) durante el Mioceno superior-Pleistoceno, donde el registro sedimentario se encuentra intacto hasta días presentes. Lo principal es determinar detalladamente las litofacies presentes, ya que así se determina el tipo de paleoambiente en que habitaron las especies, sumado a una comparación con respecto a biofacies, que respaldan dicha información.

Los cambios faunísticos que podrían estar presentes en este sector, se pueden deber a distintas razones, donde de cada una de ellas derivan diferentes interpretaciones geológicas y/o climáticas que ocurrían en esa época.

Es por esto, que es muy importante delimitar e identificar bien cada paleoambiente, porque además de valiosa información sedimentológica, entrega datos sobre extinción y evolución de especies, movimientos tectónicos importantes a escala regional o global, cambios climáticos que se podrían relacionar a otras zonas, entre otros.

El presente estudio tiene como objetivo determinar los cambios paleoambientales ocurridos en la zona del norte chico de Chile, Coquimbo (30°S), durante el Mioceno superior-Pleistoceno, a través de análisis sedimentológicos y estratigráficos. Estos cambios serán analizados en función de variaciones tectónicas y eustáticas, donde para el primer caso, se toman en cuenta alzamientos y subsidencias producidas que se compararán con otras zonas de la costa de Chile que presentan los mismos eventos de somerización/profundización, asociados a acontecimientos tectónicos o a cambios en el nivel global del mar, que produjeron el cambio de ambiente como tal.

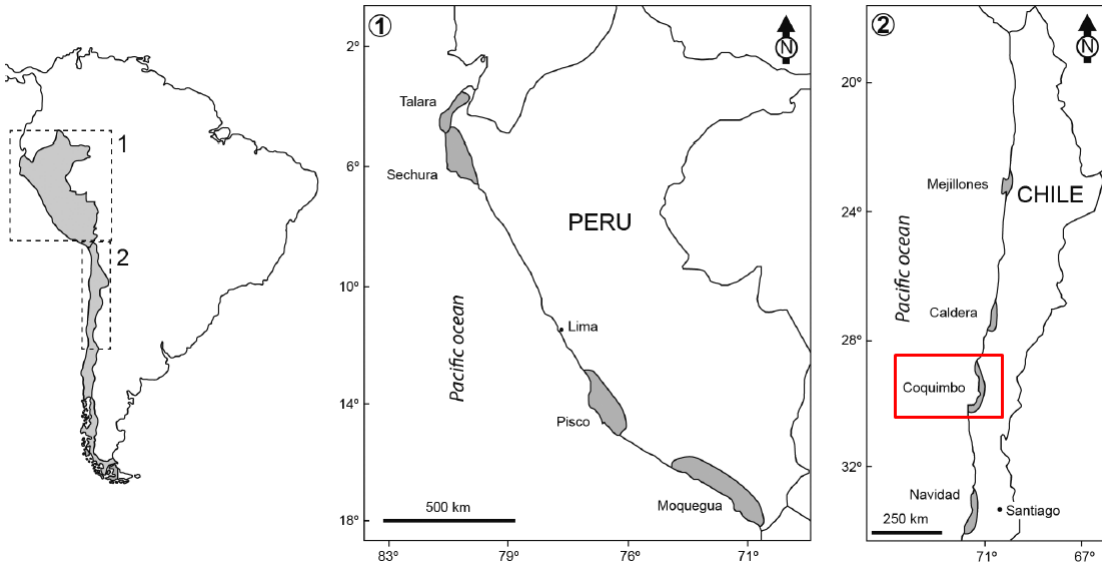


Figura 1.1: La Formación Coquimbo está incluida dentro de la cuenca de Coquimbo (De Los Arcos et al.2017).

1.2. Ubicación zona de estudio

El área de estudio se encuentra en la cuarta Región de Coquimbo, en la ciudad del mismo nombre. Más específicamente, las localidades se ubican al suroeste de la ciudad, en el sector de Quebrada Las Rosas ($29^{\circ}59'S$ y $71^{\circ}20'W$), Quebrada el Culebrón ($29^{\circ}58'S$ y $71^{\circ}18'W$), Lomas del Sauce (abreviado LDS, $29^{\circ}59'S$ y $71^{\circ}20'W$) y Los Clarines ($29^{\circ}59'S$ y $71^{\circ}19'W$) (figura 1.2 y 1.3). En todas las zonas aflora la Formación Coquimbo, la cual consiste en una secuencia marino fosilífera del Mioceno medio-Pleistoceno medio (Emparan y Pineda, 2000).

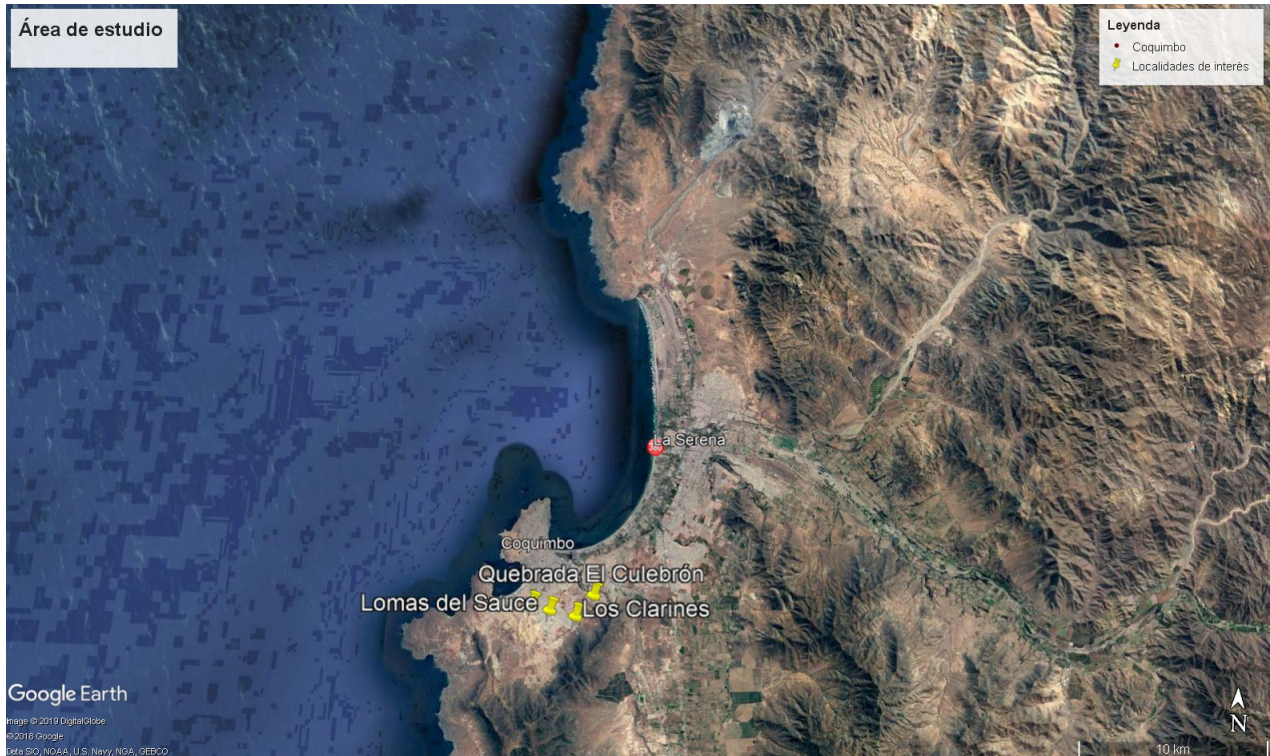


Figura 1.2: Imagen satelital landsat de la zona de estudio, se observa la ciudad de Coquimbo, IV región.



Figura 1.3: Imagen satelital landsat de la zona de estudio en más detalle, se observa la ciudad de Coquimbo, el sector de Quebrada las Rosas y Culebrón al sur de ésta.

1.3. Antecedentes

La Formación Coquimbo, fue estudiada por primera vez por Charles Darwin en 1846, específicamente en la Herradura de Coquimbo. A partir de esta formación, Domeyko (1848) estudió el antiguo nivel del mar del océano Pacífico. Durante muchos años se ha establecido la Formación Coquimbo con diferentes edades según los macrofósiles y microfósiles encontrados, diversos autores la han asignado como Mioceno (d'Orbigny, 1842, Conrad, 1855 y Rémond, 1868), mientras que estudios posteriores discrepan y asignan una edad Plioceno medio y tardío (Paskoff, 1964, Herm *et al.* 1966 y Herm, 1969).

Le Roux *et al.* (2005b) le asigna edad Mioceno-Plioceno, usando isótopos de Sr en macrofósiles y microfósiles marinos en el sector Bahía de Tongoy, donde aflora la Formación Coquimbo.

Es claro que la edad exacta de la formación esta aún en discusión hasta días presentes, habiendo una discrepancia de edades según donde aflora (Bahía Tongoy, Bahía la Herradura, Caleta los Hornos, etc). Sin embargo, para verlo a modo general, Le Roux *et al.* (2006) ha adjudicado que la Formación (abreviado Fm) Coquimbo es parte de cuencas del Cretácico

Superior al Neógeno, desde Antofagasta (23°S) hasta la península de Taitao (47°S). Estas cuencas han sido afectadas por la subducción producida por la placa de Nazca y Antártica (península de Taitao) bajo la placa Sudamericana, que en cierta medida han afectado en diferentes procesos sedimentarios y recurrentes cambios en el nivel de la línea de costa (*e.g.*, Le Roux and Elgueta, 2000; Le Roux *et al.*, 2004, 2005a,b). Lo anterior, es interesante para estudios de eventos tectónicos y climáticos que podrían homologarse con lo observado en otras formaciones neógenas (Fm Navidad, Fm Bahía Inglesa).

1.4. Hipótesis de trabajo

- En la costa de Coquimbo han ocurrido fuertes cambios ambientales durante el Mioceno superior-Pleistoceno, evidenciado por cambios faunísticos y sedimentológicos, debido a posibles cambios tectónicos, climáticos o una mezcla de ambos, que serán determinados por análisis de facies y sedimentología en el sector de Quebrada las Rosas, Quebrada El Culebrón, Lomas del Sauce y Los Clarines .

1.5. Objetivos

1.5.1. Generales

- Determinar los cambios paleoambientales ocurridos en la zona del norte chico de Chile, representados en las sucesiones sedimentarias del Mioceno superior, Plioceno y Pleistoceno de la bahía de Coquimbo.
- Discutir implicancias tectónicas y/o climáticas asociados a cambios de ambiente abrupto en el tiempo geológico.

1.5.2. Específicos

- Identificar litofacies en Formación Coquimbo, agrupar en asociaciones de facies y determinar el ambiente depositacional, en términos de procesos sedimentarios.
- Analizar cambios de paleoambientes asociados a variaciones tectónicas y eustáticas a través de parasecuencia estratigráficas, con apoyo bibliográfico de Bahía Tongoy y Carrizalillo, que presentan cambios similares a lo largo de la costa de Chile.

1.6. Metodología

Para determinar posibles cambios ambientales en el registro sedimentario del Mioceno superior, Plioceno y Pleistoceno, es necesario realizar un análisis sedimentológico en laboratorio y un análisis estratigráfico en terreno, que cumplen cada objetivo específico.

1.6.1. Objetivo específico 1

Identificación de litofacies en Formación Coquimbo y determinación del ambiente depositacional.

Cada muestra de sedimento o roca analizada es obtenida en terreno de un nivel estratigráfico en particular. Se obtuvieron datos de granulometría y/o petrografía (ver columnas estratigráficas en el capítulo de resultados).

1.6.1.1. Petrografía

Las rocas sedimentarias de la zona se analizan a través de un microscopio petrográfico, en el laboratorio de microscopía del Departamento de Geología de la Universidad de Chile. Se determinaron los elementos que constituye la roca en sí. Para esto, se usan láminas transparentes pulidas de la roca de 4,75 x 2,8 cm, para llegar a obtener una muestra de corte transparente, se debe pulir y generar una sección de 30 μm de ancho (figura 1.4). Lo principal será caracterizar la textura de la roca, identificar sus diferentes componentes y finalmente clasificar litológicamente.

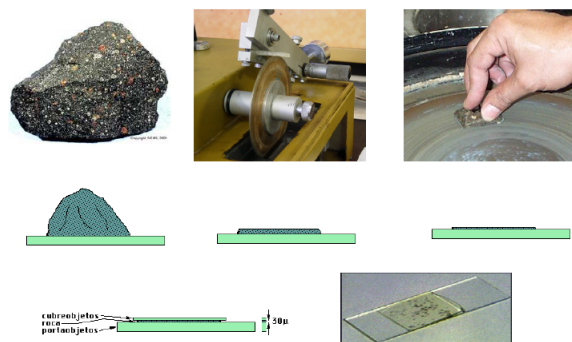


Figura 1.4: Proceso para generar un corte transparente de roca.

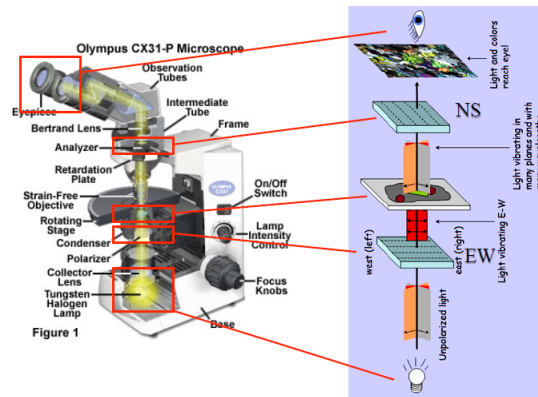


Figura 1.5: Recorrido de la luz por el microscopio petrográfico que refleja los componentes de la roca puesta en corte transparente.

Adicionalmente, se realiza frotis para identificar los parámetros texturales de los sedimentos (selección, redondeamiento, esfericidad, forma, color, grado de madurez textural y química, relación clasto-matriz). El procedimiento consta de colocar un poco de sedimento (0,1-0,2 g) en una placa de petri, para agregarle después, 1 gota de agua destilada al 20 % tal que los granos se puedan dispersar bien y no estén aglomerados. Finalmente, se describe el sedimento y restos biogénicos (fragmentados y enteros) en una lupa binocular (figura 1.6), caracterizando cada estrato.



Figura 1.6: Mineralogía óptica vista en lupa Olympus del laboratorio de Sedimentología del Departamento de Geología, U. de Chile.

1.6.1.2. Granulometría

Para el sedimento, se realiza un análisis granulométrico y óptico, lo último para diferenciar la textura de los depósitos. Este proceso se lleva a cabo en el laboratorio de Sedimentología del Departamento de Geología en la Universidad de Chile.

El análisis granulométrico se realiza con el granulómetro láser Master Sizer 2000 (figura 1.7). El análisis, se ejecutó a 54 muestras con un rango de configuración de obscuración, el cual entrega la distribución de tamaño de las partículas basada en la difracción láser aplicando la teoría de Mie (1908).



Figura 1.7: Granulómetro láser master sizer 2000.

El método consiste en insertar una cantidad mínima de muestra al equipo (debe estar limpio) y por medio de agua (con un índice de refracción conocido), se conducen hasta una celda de vidrio donde las partículas son iluminadas con un láser. Los rayos difractados son recibidos por unos detectores que se ubican detrás de la celda, así miden la intensidad de luz dispersada (miden una serie de ángulos de difracción). A partir del patrón de difracción medido, se obtiene la distribución de tamaño de partículas (figura 1.8).

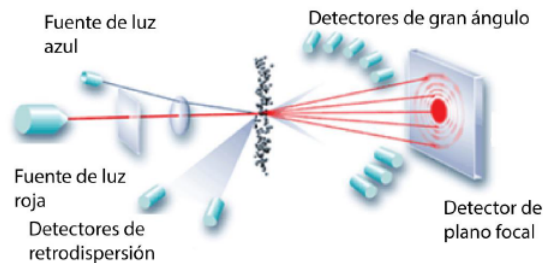


Figura 1.8: Esquema simple que ocurre dentro del granulómetro para obtener la distribución de tamaño de las muestras.

El proceso de análisis granulométrico inicia con introducir un poco de muestra en el instrumento encendido, hasta alcanzar un 5-10 % de obscuración. Además, se trabaja con el software donde llegan los datos obtenidos por el equipo. Se realizaron 3 medidas para precisar el resultado, más el promedio de éstas. Los datos obtenidos se descargan y se manejan en formato excel (en la figura 1.9 se muestran los datos obtenidos por el granulómetro). Por

otro lado, se obtiene la curva granulométrica. Un ejemplo de lo último se observa en la figura 1.10. Luego de lo anterior, se limpia el equipo para repetir el proceso con otra muestra.

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.020	0.00	0.142	0.00	1.002	0.12	7.096	0.28	50.238	2.67	355.656	0.00
0.022	0.00	0.159	0.00	1.125	0.12	7.962	0.32	56.368	3.92	399.052	0.00
0.025	0.00	0.178	0.00	1.262	0.12	8.934	0.38	63.246	5.35	447.744	0.00
0.028	0.00	0.200	0.00	1.416	0.13	10.024	0.44	70.963	6.77	502.377	0.00
0.032	0.00	0.224	0.00	1.589	0.14	11.247	0.50	79.621	8.05	563.677	0.00
0.036	0.00	0.252	0.00	1.783	0.15	12.619	0.55	89.337	9.01	632.456	0.00
0.040	0.00	0.283	0.00	2.000	0.17	14.159	0.57	100.237	9.51	709.627	0.00
0.045	0.00	0.317	0.00	2.244	0.19	15.887	0.56	112.468	9.46	796.214	0.00
0.050	0.00	0.356	0.02	2.518	0.20	17.825	0.50	126.191	8.87	893.367	0.00
0.056	0.00	0.399	0.06	2.825	0.22	20.000	0.41	141.589	7.79	1002.374	0.00
0.063	0.00	0.448	0.09	3.170	0.22	22.440	0.29	158.866	6.38	1124.683	0.00
0.071	0.00	0.502	0.11	3.557	0.23	25.179	0.18	178.250	4.80	1261.915	0.00
0.080	0.00	0.564	0.12	3.991	0.23	28.251	0.12	200.000	3.28	1415.892	0.00
0.089	0.00	0.632	0.13	4.477	0.23	31.698	0.18	224.404	1.59	1588.656	0.00
0.100	0.00	0.710	0.13	5.024	0.23	35.566	0.41	251.785	0.26	1782.502	0.00
0.112	0.00	0.796	0.13	5.637	0.24	39.905	0.89	282.508	0.00	2000.000	0.00
0.126	0.00	0.893	0.13	6.325	0.24	44.774	1.63	316.979	0.00		
0.142	0.00	1.002	0.13	7.096	0.25	50.238		355.656	0.00		

Figura 1.9: Porcentajes de volumen de partícula según un cierto rango de tamaño. Ejemplo de la muestra L5b.

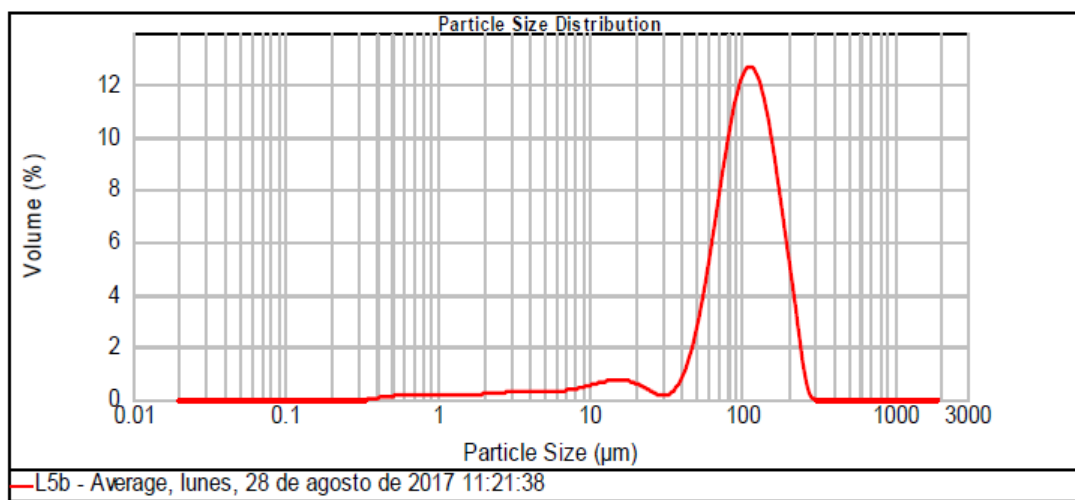


Figura 1.10: Ejemplo de curva granulométrica para la muestra L5b. A simple vista se observan dos modas de tamaño de partícula.

Una vez terminado el proceso en laboratorio, se procede a realizar los gráficos granulométricos.

En primer lugar, se muestran los datos de porcentaje de volumen según un rango de tamaño para cada muestra en Excel, más tarde se procede a graficar las diferentes muestras según rangos de tamaño preestablecidos (arcilla, limo, etc). La suma del porcentaje de volumen para cada tamaño suma 100 %, por lo que cada muestra representa una moda principal de tamaño de grano con otras modas secundarias que le dan un apellido al nombre final de cada

estrato, usando la nomenclatura USDA (por ejemplo arenisca limosa en el caso de ser roca, limo arenoso para el caso de ser sedimento).

En segundo lugar, las facies se definen a través de misma litología principalmente, complementado con estructuras sedimentarias, texturas, contenido fósil, icnofósiles, geometría y contactos entre capas.

Teniendo toda la información recolectada en terreno y en laboratorio, sólo queda definir cada facies y asociarlas según corresponda. La información se complementará con gráficos de frecuencia acumulada. Éstos ayudarán a aportar en la información de mecanismo de transporte de sedimentos, además de poder obtener parámetros cuantitativos de mediana, media, selección, asimetría y curtosis.

Para comenzar, se debe tener el registro de la frecuencia volumétrica de un rango de tamaño de grano, para luego ir sumando las frecuencias al aparecer un nuevo rango de tamaño. Éste corresponde al eje vertical (mostrando el porcentaje de frec. acumulada), mientras que el eje horizontal corresponde a ϕ , indicando el tamaño de grano en esta frecuencia acumulada. Un ejemplo se observa en la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Ejemplo de cálculo de frecuencia acumulada a partir de frecuencia volumétrica de tamaño de grano.

Φ	Frecuencia (%)	Frecuencia acumulada (%)
-1	4,5	4,5
-2	3,8	8,3

Posterior a obtener el gráfico, se obtienen los ϕ para los percentiles 5, 16, 25, 50, 75, 84 y 95. Lo anterior, sirve para calcular los siguientes parámetros (basado en Folk y Ward et al., 1957):

$$\phi_{50} \text{ Mediana} \tag{1.1}$$

$$\frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3} \text{ Media} \tag{1.2}$$

$$\left(\frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4}\right) + \left(\frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}\right) \text{ Selección} \tag{1.3}$$

$$\left(\frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2 \cdot \phi_{50}}{2 \cdot (\phi_{84} - \phi_{16})}\right) + \left(\frac{\phi_{95} + \phi_5 - 2 \cdot \phi_{50}}{2 \cdot (\phi_{95} - \phi_5)}\right) \text{ Asimetría} \tag{1.4}$$

$$\frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44 \cdot (\phi_{75} - \phi_{25})} \text{ Curtosis} \tag{1.5}$$

Las ecuaciones 1.1 y 1.2, referentes a la mediana y media respectivamente, indican tamaños de grano según diferentes ϕ . Por otro lado, las ecuaciones 1.3, 1.4 y 1.5, relativo a

la selección, asimetría y curtosis, usan diferentes clasificaciones según la fórmula dada, las distintas escalas que se utilizan para estas ecuaciones se muestran en las tablas 1.2, 1.3 y 1.4 correspondientemente.

Tabla 1.2: Escala usada para selección (Folk y Ward et al., 1957).

Muy buena	$<0,35$
Buena	$[0,35;0,5]$
Justa	$[0,5;0,71]$
Media	$[0,71;1]$
Pobre	$[1;2]$
Muy Pobre	$[2;4]$
Extremadamente Pobre	>4

Tabla 1.3: Escala usada para asimetría (Folk y Ward et al., 1957).

Muy negativa	$[-1;-0,3]$
Negativa	$[-0,3;-0,1]$
Simétrica	$[-0,1;0,1]$
Positiva	$[0,1;0,3]$
Muy positiva	$[0,3;1]$

Tabla 1.4: Escala usada para curtosis (Folk y Ward et al., 1957).

Muy platicúrtico	$<0,67$
Platicúrtico	$[0,67;0,9]$
Mesocúrtico	$[0,9;1,11]$
Leptocúrtico	$[1,11-1,5]$
Muy leptocúrtico	$[1,5;3]$
Extremadamente leptocúrtico	>3

1.6.1.3. Grado de disolución y fragmentación de coquinas

Una información extra que se complementa con este objetivo, es el grado de disolución y fragmentación de coquinas. Éste se determina de forma cualitativa, que se observa en terreno, para adjudicar un nivel alto, moderado y bajo (ver tabla 1.5).

Tabla 1.5: Nivel de disolución/fragmentación de coquinas.

Porcentaje de Disolución/Fragmentación de coquinas (%)	Nivel
0-33	Bajo
34-66	Moderado
67-100	Alto

Finalmente, se determina un ambiente depositacional. Para el último punto, se usará la literatura sobre ambientes sedimentarios (Selley, 1998; Boggs, 2006; Miall, 2016 y Reading, 1996; Buatois y Mángano, 2011).

1.6.2. Objetivo específico 2

Analizar cambios de paleoambientes asociados a variaciones tectónicas y eustáticas a través de parasecuencia estratigráficas, con apoyo bibliográfico de Bahía Tongoy y Carrizalillo, que presentan cambios similares a lo largo de la costa de Chile.

La estratigrafía de la zona de estudio fue realizada por Diego Partarrieu (en prep.), además de la identificación del registro fósil. Con esta información se tienen las biofacies presentes, además de las columnas estratigráficas. Lo que se pretende identificar en terreno es cada estrato definido por Partarrieu, para luego complementar la información con las estructuras sedimentarias que puedan haber, más información de las relaciones de facies. Por otro lado, se identificarán posibles icnofacies, para complementar la información de litofacies.

Una vez identificado el paleoambiente, se comparan las columnas estratigráficas de cada zona de estudio, además de ver los cambios paleoambientales ocurridos en la costa de Chile en períodos atingentes (Mioceno superior-Pleistoceno), que corresponden a los trabajos de Le Roux en Bahía Tongoy, Carrizalillo y Bahía Inglesa (Le Roux et al., 2006; Le Roux et al., 2005 y Le Roux et al., 2016 respectivamente). Como se tienen definidas las facies y asociación de éstas en cada columna estratigráfica, se deben relacionar con las demás asociaciones hechas en los trabajos mencionados.

Las columnas estratigráficas definen una cierta parasecuencia, las cuales se clasifican en progradacional, retrogradacional y agradacional (Van Wagoner et al., 1990; Figura 1.11), que se define a partir de las observaciones de facies. Los cambios de parasecuencia que marcan el inicio de una transgresión y el fin de una regresión, se definirán como superficies T-R (ver marco teórico).

Una vez definidos las superficies T-R, se procede a armar una serie de eventos que definen alzamientos y/o subsidencias en la zona, o bien, bajas y subidas en el nivel global del mar que afectan la costa de Coquimbo.

Se buscará comparar la parasecuencia estratigráfica con trabajos anteriores (Le Roux et al., 2005, 2006, 2016) en zonas aledañas del norte y sur del país, para asociar procesos que ocurrieron en la zona y afectaron de alguna forma el ambiente. Lo anterior tomando en cuenta la cronoestratigrafía. Con la parasecuencia estratigráfica, más los datos de eventos tectónicos y climáticos ocurridos durante el Mioceno superior - Pleistoceno, se asocian eventos que ocurrieron de manera sincrónica en cada formación.

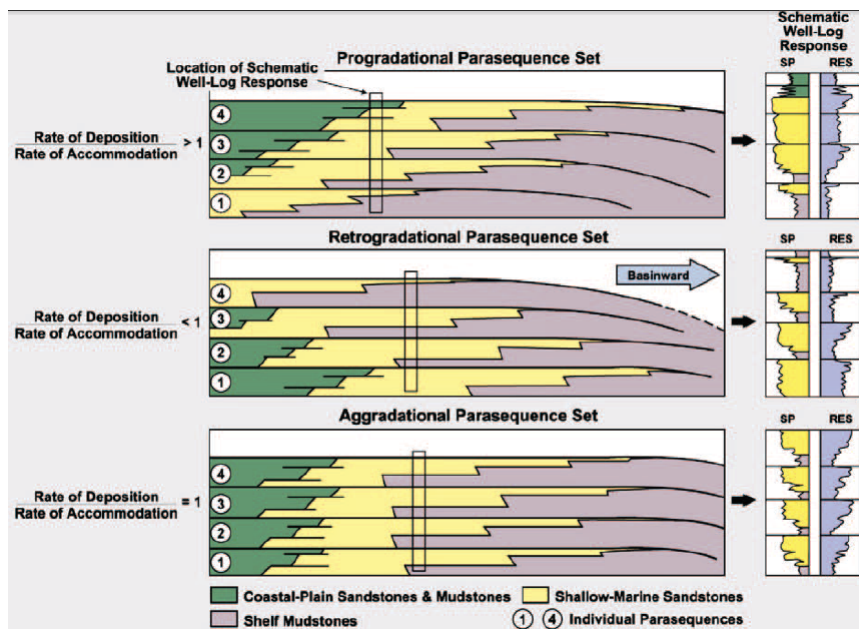


Figura 1.11: Apilamiento vertical de conjuntos de parasecuencias (Van Wagoner et al., 1990).

Capítulo 2

Marco Geológico

2.1. Geomorfología, Tectónica regional y local

La Formación Coquimbo forma parte de una serie discontinua de cuencas del Cretácico Tardío a Neógeno (figura 2.1), extendiéndose a lo largo de la costa chilena desde Antofagasta (23°S) a la península de Taitao (47°S). Todos estas cuencas se han visto afectadas por la subducción de la placa de Nazca y Antártica por debajo de la Sudamericana, que afectó profundamente en cambios en el nivel del mar y procesos sedimentarios (por ejemplo, Le Roux y Elgueta, 2000; Le Roux *et al.*, 2004, 2005a, b; Le Roux *et al.*, 2006; Le Roux *et al.*, 2016). El área de estudio, ubicada dentro de la formación mencionada, se encuentra en una zona donde subduce un ridge o dorsal oceánico. Una dorsal oceánica es una cordillera submarina de miles de kilómetros de longitud y centenares de kilómetros de anchura, situada en un borde divergente de placas, que se eleva hasta 2-3 km por encima de las llanuras abisales de los fondos oceánicos. Este ridge, llamado Juan Fernández, suprime la Depresión Intermedia (27°-33°S) (Charrier *et al.* 2007).



Figura 2.1: Distribución aproximada de cuencas sedimentarias terciarias con depósitos marinos en el sur de América del Sur. Los márgenes de la cuenca representan sus extensiones máximas durante los intervalos de tiempo indicados (Le Roux *et al.*, 2012).

Dentro de la zona de flat-slab (26°-33°S) (Pardo et al. 2002), tanto la subducción de la meseta oceánica como el ridge de Juan Fernández, han jugado un papel muy importante. Lo principal es la elevación de varias decenas de metros de ciertas partes del continente cuando pasa el ridge, seguido de una subsidencia al pasar el ridge y migrar hacia el sureste (Le Roux et al., 2005a,b).

En cuanto a la tectónica local, la principal estructura localizada en la zona de estudio corresponde a la Zona de Falla Romeral (ZFR) (figura 2.2), cercana a la línea de costa y que marca un cambio notable en la edad y características litológicas en las unidades aflorantes hacia ambos lados de ella.

La ZFR de dirección general norte-sur tendría aparente continuidad geográfica con la Zona de Falla de Atacama (Taylor et al., 1996; Scheuber y Andressen, 1990). En su trazado presenta segmentos con rocas cataclásticas y otros con buena exposición de milonitas, como en la zona cercana a la mina El Romeral, donde las milonitas han entregado dos edades K-Ar en roca total de 15 ± 4 y 108 ± 4 Ma y una edad en biotita de 113 ± 3 Ma. Estas edades se interpretan como indicativas de una fase de deformación dúctil en la ZFR, durante el Cretácico Inferior.

La ZFR presenta dos dominios estructurales (figura 2.3): **1**) El Dominio Costero, situado al oeste de la ZFR, está constituido exclusivamente por rocas intrusivas de edad jurásica-cretácica inferior y afloramientos del complejo subvolcánico Agua Salada (Jurásico) y **2**) El Dominio Occidental (Emparan y Pineda, 1999) al este de ZFR. Éste se caracteriza por afloramientos de granitoides cretácicos, con edades decrecientes hacia el este (130-93 Ma) que intruyen a las Formaciones Arqueros (secuencia volcánica con intercalaciones sedimentarias marinas) y Quebrada Marquesa (secuencia sedimentaria y volcánica).

En el Dominio Costero, se presentan varios niveles de terraza, de abrasión marina, donde se deposita la Formación Coquimbo. Paskoff (1970), identificó 5 niveles de terraza: 5-7, 15-20, 35-40, 75-80 y 120-130 msnm. El estudio de las asociaciones faunísticas de Frassinetti (en prep.), muestra una edad Pleistocena media para los depósitos marinos superficiales. Paskoff (1970), atribuyen las terrazas como depositación y abrasión marina desarrolladas durante el alzamiento (tectónico) continental, con etapas de interrupción donde ocurrió abrasión. Además, el alzamiento habría comenzado en el Pleistoceno medio, poniendo término a la sedimentación marina (y por tanto, deposición de la Fm Coquimbo) e iniciándose el retiro paulatino del mar (Emparan y Pineda, 2000).

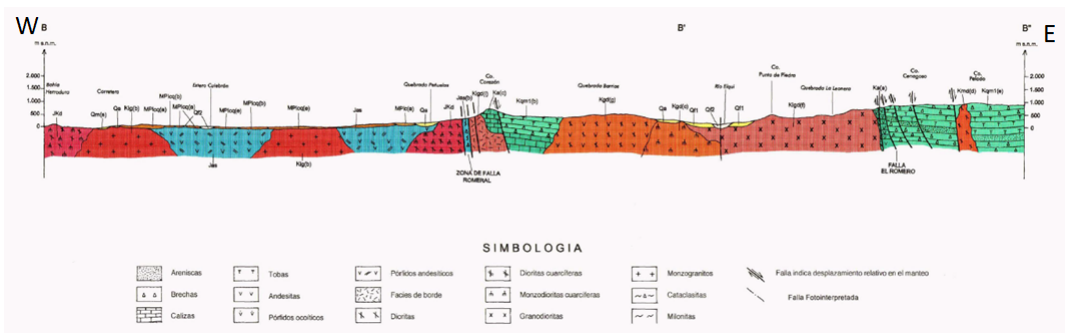


Figura 2.2: Perfil geológico en zona de estudio. MPLcq representa la Fm Coquimbo, al lado derecho del perfil (Emparan y Pineda, 2000).

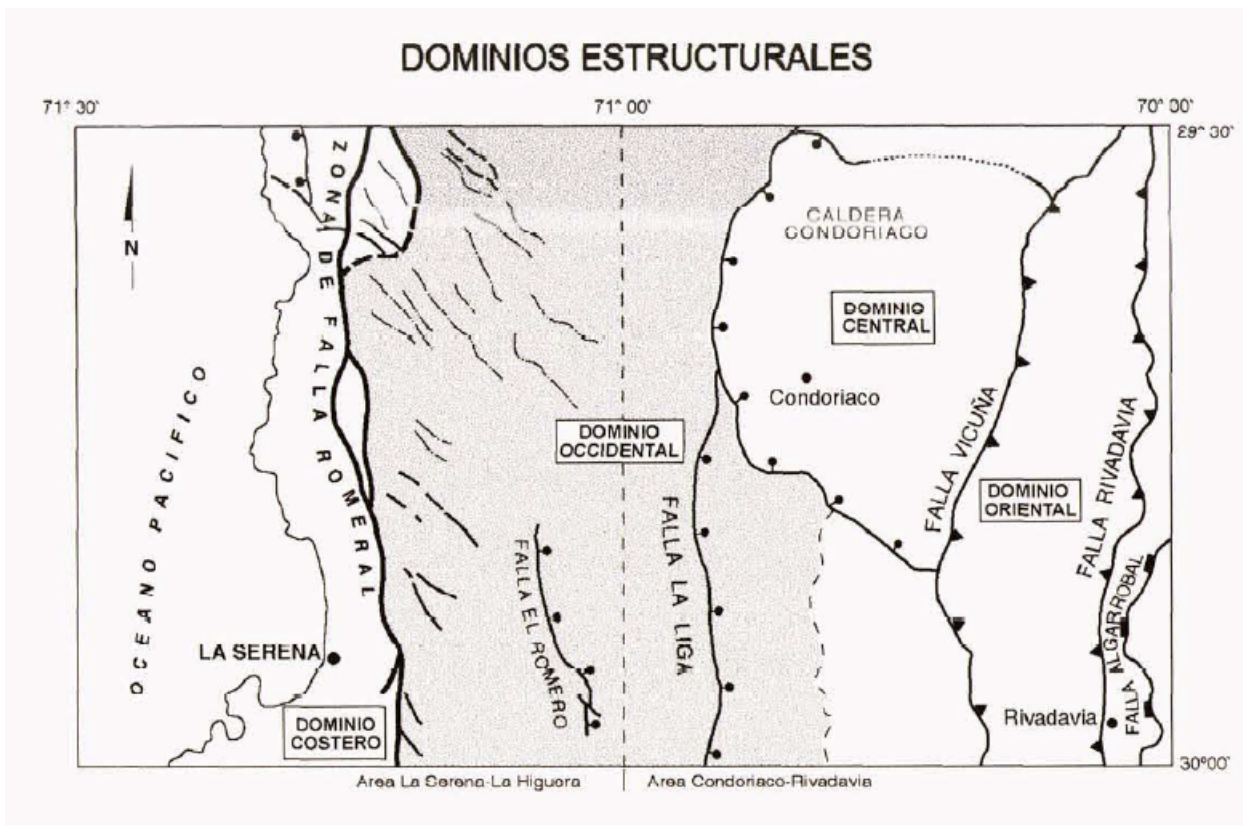


Figura 2.3: Dominios estructurales para el área de estudio (Emparan y Pineda, 2000).

2.2. Geología local

Formación Coquimbo: Mioceno-Pleistoceno (Darwin, 1846, modificado por Emparan y Pineda, 2000). Secuencia sedimentaria marina fosilífera, bien estratificada, con leve litificación y de color pardo anaranjado que, con 100 m de espesor mínimo, aflora de forma discontinua en una franja de 7 km de ancho, en la zona costera. Presenta facies sedimentarias de ambiente litoral y en parte transicional. Presenta numerosas discontinuidades intraformacionales. Se apoya discordantemente sobre rocas plutónicas mesozoicas y engrana con las facies de la Formación Confluencia y los depósitos eólicos de Quebrada El Jardín. Se distinguen 4 asociaciones de facies, de las cuales dos son útiles para la zona de estudio:

(a): Limolitas pardo claro y verde que, con 30 m de espesor mínimo, afloran principalmente al sur de la ciudad de Coquimbo y en el sector del cruce del ferrocarril en Quebrada Angostura. Presentan intercalaciones en estratos de 0.5 a 1.5 m de conglomerados con líticos polimícticos, en general menores a 5 cm y bioclastos. Esta asociación de facies es portadora de una fauna de invertebrados fósiles que, localmente, forman diversos conjuntos.

(b): Calizas bioclásticas matriz-soportadas (arena fina), blancas y con intercalaciones de areniscas calcáreas, de color pardo claro, de guijarros y bioclastos. Afloran en las quebradas Hondas y Las Rosas. Se han encontrado formas de *Chlamys* cf., *hupeanus* Philippi, *Achantina crasilabrum* Lamarck, *Concholepas* cf. *nodosa* Moericke, *Achantina crasilabrum* calcar Martyn, *Chorus giganteus* Lesson, *Fussinus* aff. *steinmanni* Moericke, *Panopea* cf. *coquimbensis* d'Orbigny, *Eurhomalea* cf. *hanetiana* d'Orbigny, *Bulla* cf. *ambigua* d'Orbigny, que se atribuyen al Plioceno (Frassinetti y Covacevich, 1997). En Pan de Azúcar, en ambas riveras del estero Culebrón, coronan los afloramientos de esta formación, calizas bioclásticas blancas, clasto-soportadas, con cemento calcáreo, con espesor de 1.2 a 1.5 m, con fauna de invertebrados, la cual se ha identificado: *Mulinia edulis* King, *Aequipecten purpurata* (Lamarck), *Venus antiqua antiqua* (King), *Concholepas concholepas* (Bruguiere) y *Verruca* cf. *laevigata* (Sowerbay) que se atribuyen al Cuaternario (Frassinetti en prep.).

En cuanto a la edad de la Formación Coquimbo, existe debate, ya que datos paleontológicos y radiométricos no concuerdan del todo. Sin embargo se acota a una edad Mioceno-Pleistoceno. A su vez, se puede correlacionar más al norte con la Formación Bahía Inglesa (Rojo, 1985; Godoy *et al.*, 2003) y más al sur con la Formación Navidad (Rivano y Sepúlveda *et al.*, 1985).

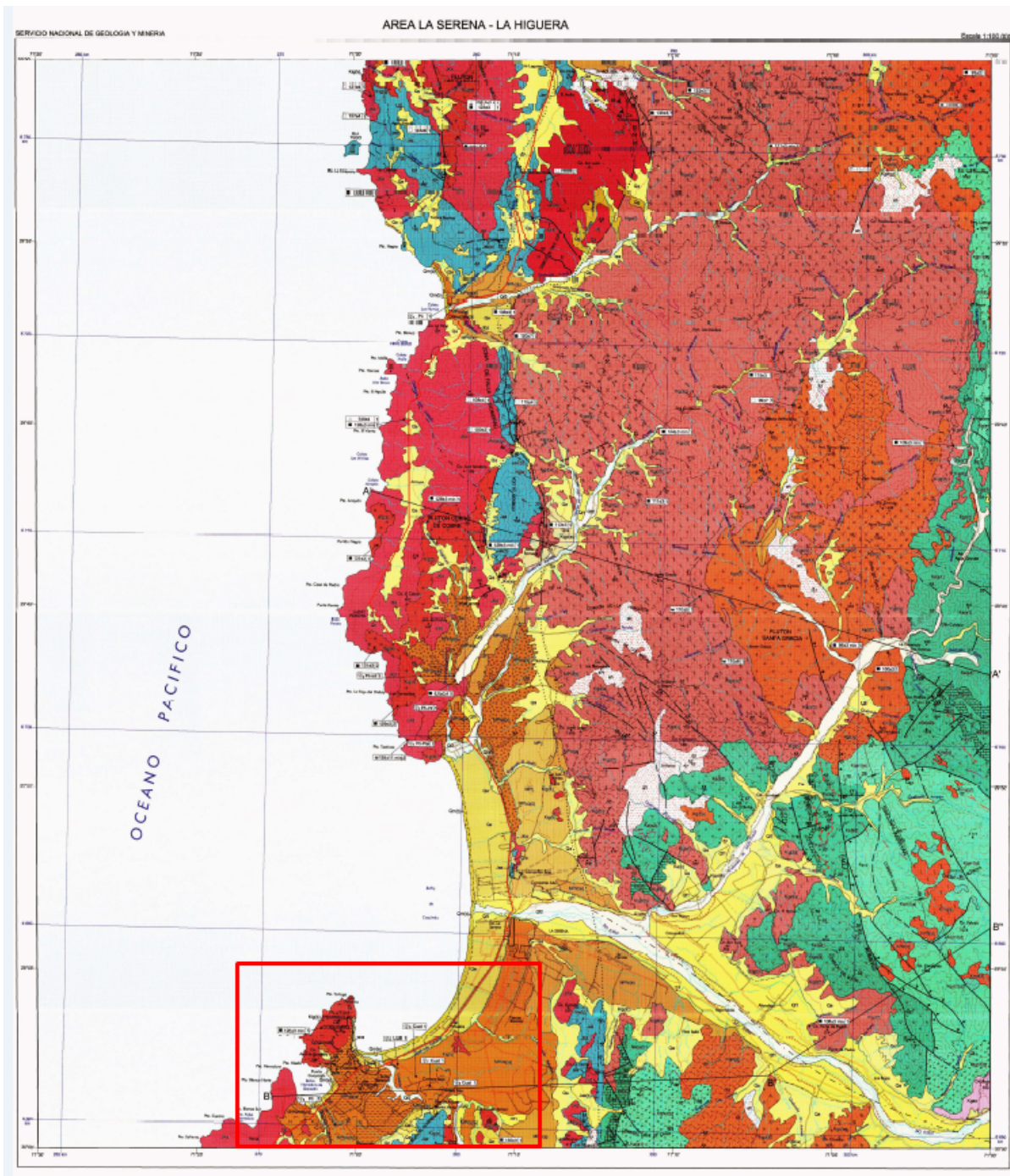


Figura 2.4: Mapa Geológico de La Serena - La Higuera (Emaparan y Pineda, 2000). La zona de estudio muestra la Formación Coquimbo en color naranja, indicado en el recuadro rojo.

2.3. Clima

Coquimbo se encuentra en la cuarta Región de Chile, perteneciendo a la zona de nortecentral del país (27°-31°S), según la definición del trabajo de Le Roux (2012), del cual se referencia esta sección del trabajo.

A continuación, se habla de los principales eventos ocurridos en el Terciario, siendo una recopilación de sucesos climáticos, en específico, de calentamiento y enfriamiento a nivel global de las aguas, como se muestra en la figura 2.6. Durante el Mioceno temprano existió un período de calentamiento (BLW: Burdigalian-Langhian Warming) (Tsuchi, 1992), que en Chile se ve registrado en la cuenca de Mejillones (Ibaraki, 1990; Martínez-Pardo, 1990; Tsuchi, 1990) y la cuenca de Coquimbo en Tongoy (Martínez-Pardo, 1979; Le Roux *et al.*, 2006). Las temperaturas del agua llegaron a 25°C.

Más tarde, en el Mioceno tardío, se registró un período de enfriamiento (STC: Serravalian - Tortonian Cooling), visto en la cuenca de Caldera con la Fm Bahía Inglesa (Marchant *et al.*, 2000). Posteriormente, según Tsuchi (1992), se registran dos episodios de calentamiento para el Mioceno y Plioceno a los 6 y 3 Ma respectivamente (MPW: Messinian-Pliocene Warming).

El primer evento se registró en la Formación de Navidad del centro de Chile y también coincidió con un período de máxima transgresión marina reflejada por el Mioceno tardío. Le Roux *et al.* (2005b) identificaron un alto nivel del nivel del mar a 5,6 Ma en Carrizalillo, Cuenca de Coquimbo, que coincide con una posición alta del nivel del mar propuesta por Haq *et al.* (1988) y Abreu *et al.* (2000).

El segundo episodio de calentamiento ocurrió alrededor de 3 Ma, representado en el suroeste del Pacífico desde el norte hasta el centro-sur de Chile, aunque aparentemente extendido por un período más largo, principalmente en depósitos de Fm Bahía Inglesa, donde duró 1 Ma (entre los 3,6 a 2,6 Ma) (Marchant *et al.*, 2000). En este momento, las temperaturas de la superficie del mar aumentaron de 2 a 3 °C hasta alcanzar los 14 °-15 °C en Chile central (Martínez-Pardo y Osorio, 1968).

Por otro lado, se hace mención en la figura 2.7, los cambios de temperaturas medias anuales que han ocurrido en Sudamérica basado en Le Roux *et al.* (2012). Es posible notar que para el período de depositación de la Formación Coquimbo, existe el evento MPW (Messinian-Pliocene Warming), período de calentamiento, mientras que para una etapa posterior, existe el evento de PC (Pleistocene cooling), donde ocurre enfriamiento. Además, se muestra el período de actividad tectónica de la dorsal oceánica, el cual se ve aumentado en eventos de calentamiento, como MPW y disminuido en períodos de enfriamiento, como PC.

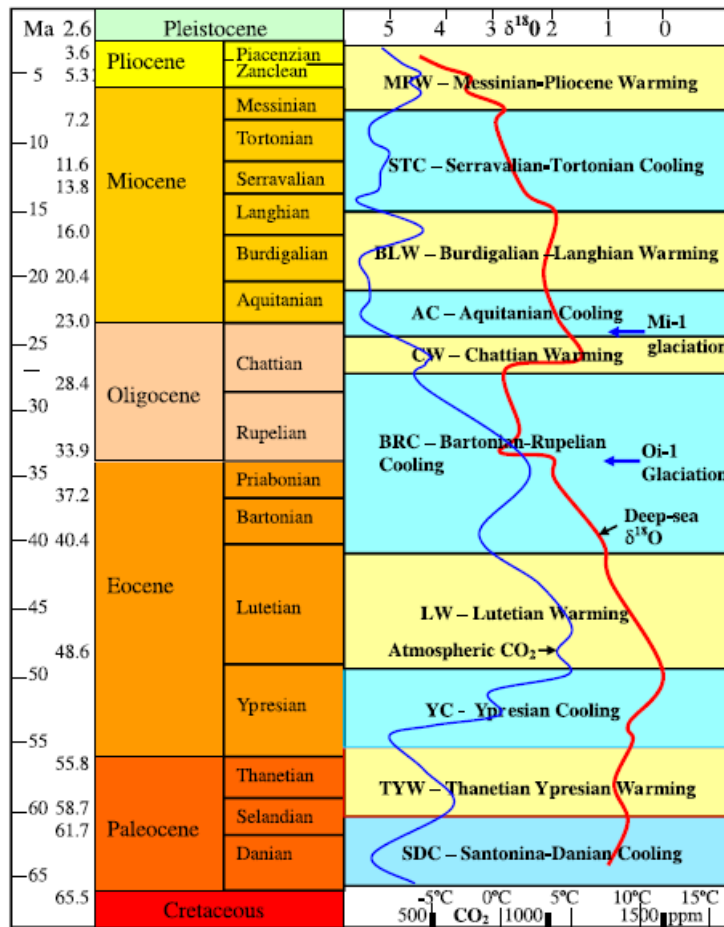


Figura 2.6: Tendencias globales a largo plazo de las temperaturas del océano y del aire como lo muestran registros de $\delta^{18}\text{O}$ y CO_2 (después Zachos *et al.*, 2001; Beerling y Royer, 2001) (Le Roux *et al.*, 2012) .

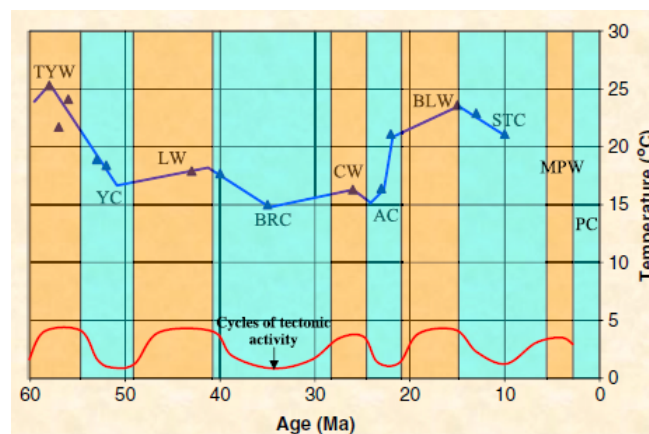


Figura 2.7: Temperaturas anuales medias (línea azul) en Sudamérica durante el Terciario, derivado del análisis fisionómico de tapofloras cenozoicas, en correlación con los diferentes eventos climáticos y tectónicos (siglas de eventos climáticos en figura anterior). Las bandas naranjas representan períodos cálidos, las bandas azules períodos fríos. Línea roja en el fondo indica actividad tectónica de la dorsal oceánica (Le Roux *et al.*, 2012).

Para los eventos paleoclimáticos ocurridos, que son atingentes a la zona de estudio, es importante recalcar que los cambios de temperaturas y corrientes de agua en el océano son controlados en gran medida por las variaciones tectónicas y eustáticas. A su vez, una aceleración de la expansión oceánica, provoca un aumento en la temperatura y nivel del océano. Si ocurre lo contrario, el nivel del mar baja, se intensifica la corriente Antártica y aumenta la glaciación. Además, aguas mas frías atrapan mayor cantidad de CO₂, que hace que el clima se enfríe aún más (Le Roux *et al.*, 2012).

2.3.1. Cambios Eustáticos

Para finalizar, se hace mención de las curvas del nivel del mar en el período de interés, o sea, Mioceno superior (Messiniano) - Pleistoceno. Se puede observar que ocurre una bajada en el nivel global del mar de 70 m aproximadamente para el período indicado (figura 2.8).

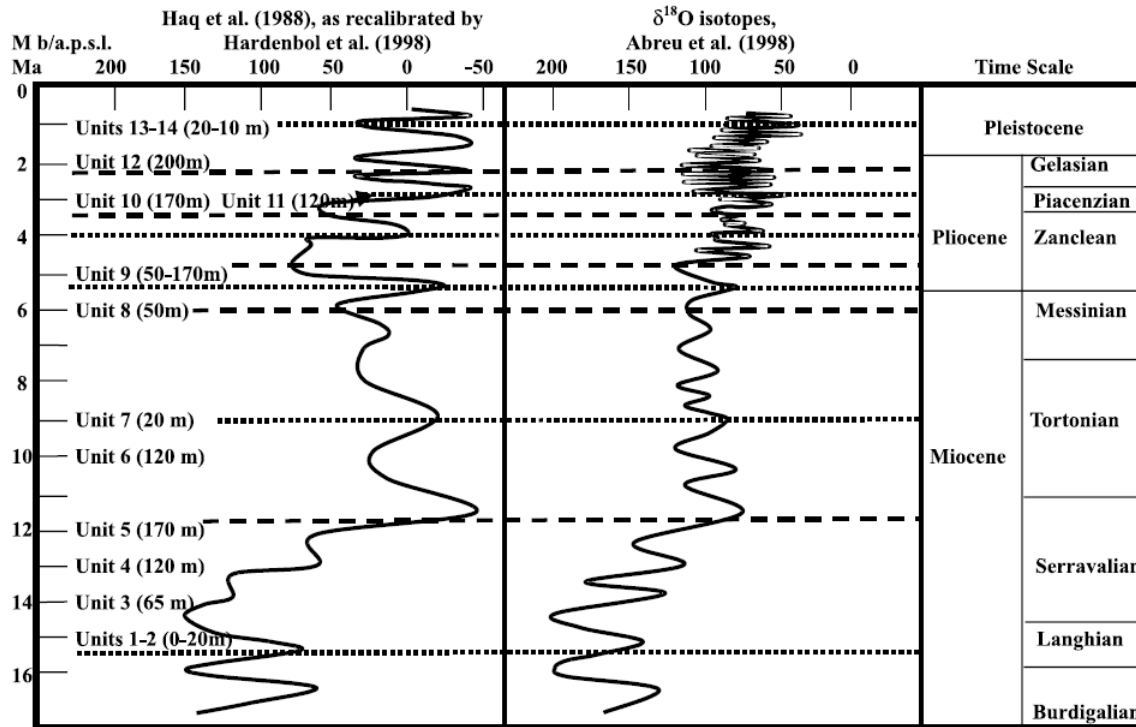


Figura 2.8: Curvas del nivel del mar de Haq *et al.* (1988) según lo recalibrado por Hardenbol *et al.* (1998) en comparación con las curvas $\delta^{18}O$ de Abreu *et al.* (1998). Las líneas punteadas marcan el trabajo realizado en Carrizalillo por Le Roux *et al.*, 2005 (Le Roux *et al.*, 2005b).

Capítulo 3

Marco Teórico

3.1. Ambientes de depositación Marino Somero

Según las modificaciones de Emparan y Pineda (2000), la Fm Coquimbo presenta facies sedimentarias de ambiente litoral y en parte transicional, con abundante material detrítico, por lo que se analizarán los distintos ambientes marinos someros clásticos dominados por oleaje, donde se atribuyen ciertas icnofacies. A continuación, se detalla cada uno de ellos. Cabe destacar que las profundidades fueron obtenidas en el trabajo de Le Roux *et al.* (2016).

- **Retroplaya o Backshore:** Ambiente combinado entre exposición subareal y rápidas variaciones en el tipo de sustrato y niveles de energía reflejando lluvias torrenciales y marejadas ciclónicas (Frey y Pemberton, 1987). Los depósitos contienen ondulitas de oleaje y asimétricas, laminación cruzadas en arenas, además de estructuras generadas por el viento (en zona de dunas). Existen componentes marinos en la playa y elementos terrestres en las dunas. Con respecto a organismos marinos, se tienen cangrejos que construyen viviendas verticales asociadas al icnogénero *Psilonichnus* (Radwański, 1997; Fürsich, 1981; Curran, 1984; Frey *et al.*, 1984a; Nesbitt y Campbell, 2006). Se producen otras trazas de locomoción y pastoreo horizontales hechas por bivalvos, gastrópodos, limulides y anfípodos. Hacia el continente, esta icnofacies grada a *Scoyenia* y *Coprinisphaera* (Buatois y Mángano, 1995b; Genise *et al.*, 2000).
- **Playa o Foreshore:** Ocurre bajo la línea de marea alta, teniendo profundidad 0 con respecto al nivel del mar. Ambiente caracterizado por altas condiciones energéticas debido a procesos de zona intermareal. Los depósitos contienen areniscas bien seleccionadas, grano grueso a medio, con estratificación subparalela a cruzada de bajo ángulo. Pueden existir áreas con conglomerados clasto-soportados con imbricación (Buscombe y Maselink, 2006). Existen estructuras de vivienda echas por alimentadores en suspensión, de icnofacies *Skolithos* y *Ophiomorfa*, que refleja que existen partículas abundantes en suspensión por ondas energéticas, siendo la primera icnofacies la principal.

- **Anteplaya Superior o Upper Shoreface:** Ocurre debajo de la línea de baja marea, teniendo profundidad entre 0 y 20 m con respecto al nivel del mar. Predominan condiciones de alta energía. Los depósitos contienen areniscas con estratificación cruzada planar, buena selección, de grano grueso a medio. Puede haber conglomerados de guijarros rodados y areniscas guijosas (grava) localmente. Existen domicilios verticales, dominando la icnofacies *Skolithos* (MacEachern y Pemberton, 1992; Pemberton *et al.*, 2001), hechas por fauna bentónica.
- **Anteplaya Media o Middle Shoreface:** Ocurre en el área de bancos de arena y rompiente inicial de las olas (Reison, 1984; Clifton, 2006), teniendo profundidad entre 20 y 50 m con respecto al nivel del mar. Predomina la alta energía, por la migración de barras litorales. Los depósitos contienen areniscas con estratificación cruzada swaley, buena selección, de grano medio a fino. Puede haber localmente estratificación cruzada en artesa, ondulitas de flujo y raramente estratificación cruzada hummocky. Domina icnofacies *Skolithos* (MacEachern y Pemberton, 1992; Pemberton *et al.*, 2001), con trazas de escape a veces.
- **Anteplaya Baja o Lower Shoreface:** Ocurre encima de la base de buen tiempo, teniendo profundidad entre 50 y 80 m con respecto al nivel del mar. La acción de las olas es el proceso mas importante en esta zona. Los depósitos consisten en estratificación cruzada tipo hummocky gruesa, con areniscas finas a muy finas. Se tienen ondulitas de flujo combinado localmente. Existen capas finas entre estratos gruesos. Existe una transición de *Cruziana* a *Skolithos* hacia el continente (MacEachern y Pemberton, 1992; Buatois *et al.*, 2007b).
- **Antecosta de Transición o Offshore Transition:** Ocurre justo debajo de la base de olas de buen tiempo (Pemberton, 2001). Las condiciones ambientales son variables, por la alternación de eventos de alta y baja energía (depositación de lutita). Los depósitos consisten en laminación paralela en lutitas, bases erosivas delgadas o gruesas, areniscas de grano fino a muy fino con estratificación cruzada hummocky y ondulitas de oleaje. Las areniscas pueden tener en la base paleocanales, marcas de corriente, calco de carga, moldes cónicos. Existe una alternancia entre las icnofacies *Skolithos* y *Cruziana* (MacEachern y Pemberton, 1992; Pemberton *et al.*, 2001).
- **Antecosta Superior o Upper Offshore:** Está sujeta a períodos de alta energía (eventos de tormentas) y baja energía (condiciones de buen tiempo). Los depósitos son muy variables, con lutitas lateralmente muy extensivas, con base de erosión, areniscas limosas de grano muy fino con laminación paralela, ondulitas de flujo y de oleaje. Además puede haber capas delgadas con estratificación micro-hummocky, hummocky y laminación planar. La icnofacies principal es *Cruziana* (MacEachern y Pemberton, 1992; Pemberton *et al.*, 2001).
- **Antecosta Baja o Lower Offshore:** Ocurre sobre la base de olas de tormenta (MacEachern *et al.*, 1999a; Pemberton *et al.*, 2001). La suspensión es el principal proceso de depositación, con lutitas con principal tamaño de grano. Además, los depósitos son puntuales pero extensivos lateralmente, con areniscas limosas de grano muy fino, on-

dulitas de flujo y laminación paralela. Las trazas fósiles se restringen al techo, con icnofacies *Cruziana* distal (MacEachern *et al.*, 1999a; Pemberton *et al.*, 2001).

- **Plataforma continental o Shelf:** Se extiende desde la base de olas de tormenta hasta el cambio de pendiente de la plataforma (comienzo del talud continental). La suspensión es el principal proceso de depositación, con abundante lutita bioturbada. Existen limolitas gradadas localmente, representando las turbiditas. La icnofacies dominante es *Zoophycos* (MacEachern *et al.*, 1999a; Pemberton *et al.*, 2001).

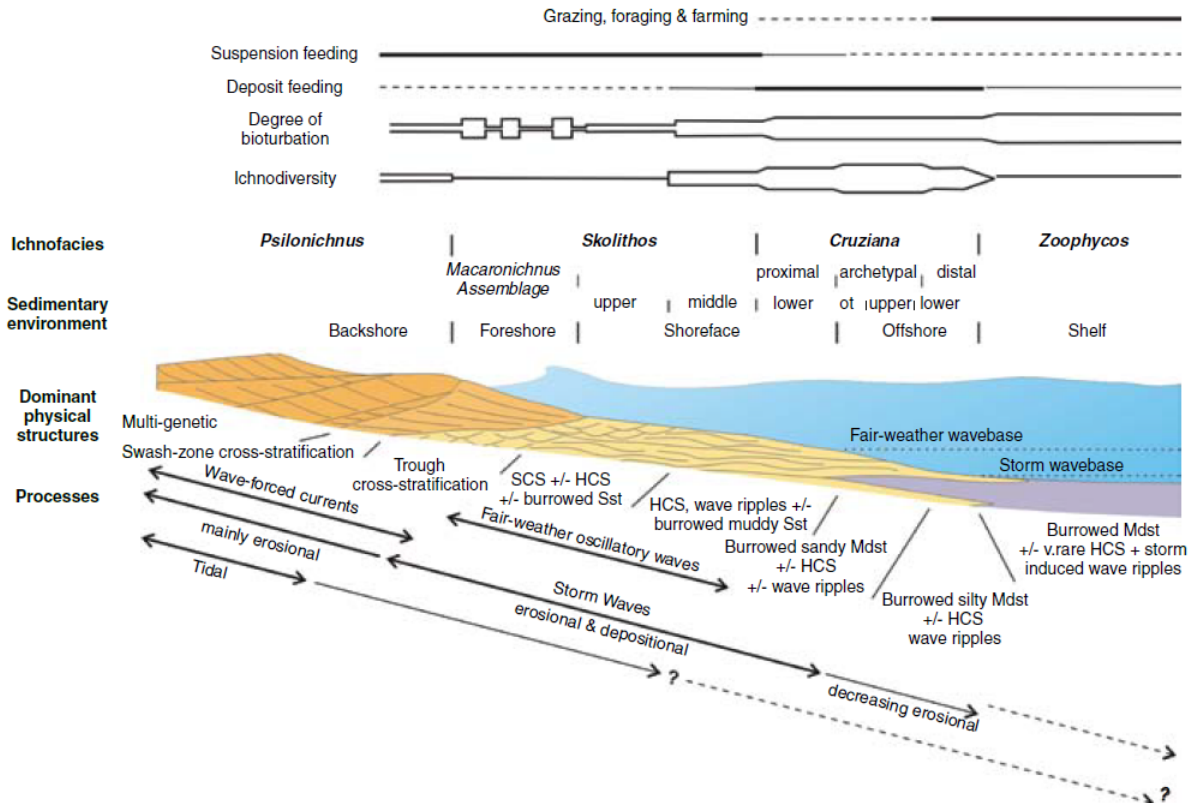


Figura 3.1: Aspectos sedimentológicos e icnológicos a lo largo de un perfil de depositación dominado por oleaje. Distribución de icnofacies y procesos de depositación están basados en MacEachern *et al.*, 1999a (Buatois y Mángano, 2011).

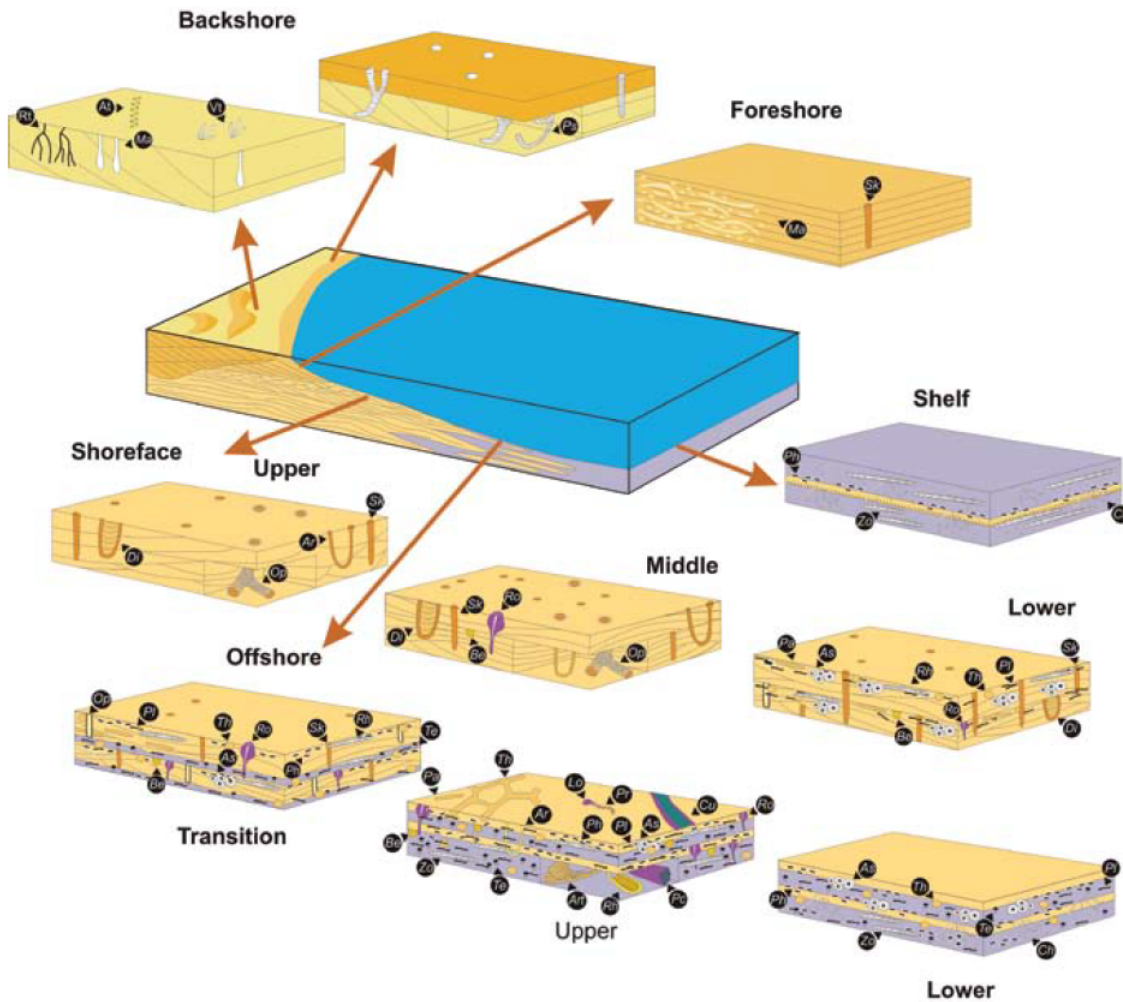


Figura 3.2: Reconstrucción esquemática de la distribución de trazas fósiles en ambientes marinos poco profundos dominados por las olas (Buatois y Mángano, 2011).

Tabla 3.1: Icnodiversidad y abundancia de trazas según el tipo de ambiente de depositación (basada en MacEachern y Pemberton, 1992; Pemberton *et al.*, 2001; Buatois y Mángano, 2011).

Ambiente de depositación	Icnodiversidad	Abundancia
Retroplaya	Baja	Baja
Playa	Baja	Baja
Anteplaya Superior	Baja	Baja
Anteplaya Media	Algo Alta	Algo Alta
Anteplaya Inferior	Alta	Baja
Transición Antecosta	Alta	Alta
Antecosta Superior	Muy Alta	Alta
Antecosta Inferior	Muy Alta	Muy Alta
Plataforma Continental	Baja	Alta

3.2. Ambientes diagenéticos

La diagénesis se refiere a todos aquellos procesos que le ocurren a un sedimento después de la depositación, durante el entierro o cualquier levantamiento posterior (Adams, 1998). En particular, las rocas carbonatadas son susceptibles a diagénesis debido a que los minerales de carbonato son más solubles en agua que muchos otros minerales naturalmente, por lo tanto, están sujetos a disolución y a reprecipitación. El proceso vital para determinar un ambiente diagenético es reconocer la cementación que posee la roca. Los cementos de carbonatos se precipitan en muchos ambientes, desde marinos hasta meteóricos (figura 3.3).

La zona vadosa, está sobre el nivel freático y recibe agua meteórica, como los poros no se llenan completamente de agua, existe aire también. Si es marino vadoso habrá cemento syntaxial, gravitacional, menisco fibroso y bladed. En cambio, en el caso meteórico vadoso habrá tipo blocky, gravitacional, menisco, micrítico, bladed, fibroso y drusa. Los cristales son pequeños y equidimensionales, además están irregularmente distribuidos, concentrados en los contactos de granos o debajo de granos.

Bajo el nivel freático, se encuentran cementos para zonas continentales y marinas. Como resultado de la competencia por crecimiento de cristales, éstos suelen aumentar de tamaño hacia los centros de los espacios originales. Para el primer caso, la zona está saturada en agua de origen continental (bajo contenido en Mg). Los cementos que se generan son básicamente en mosaico y syntaxial de calcita (LMC: Calcita de bajo contenido en Mg), diente de perro (dog tooth), menisco, granular, blocky, fibroso y gravitacional, peloidal y micrítico. Los cristales son más largos que los de zona vadosa y más homogéneamente distribuidos. En el caso de zona marina, el agua saturada es de origen marino (alto contenido en Mg). Los cementos que se generan son básicamente del tipo drusa de HMC (Calcita de alto contenido en Mg) o aragonito, acicular, fibroso, botroidal, bladed, radiaxial, diente de perro, micrítico.

La zona de enterramiento está caracterizada por cementos tipo blocky, poikilotópico, diente de perro, radiaxial.

Por último, la zona de mezcla, está situada entre la subida y la bajada de marea, queda bajo la acción alternante de aguas marinas y ambiente vadoso, desarrollándose unos cementos característicos que se denominan beach-rocks, que están constituidos por cementos en drusas y menisco de aragonito (Flügel, 2010).

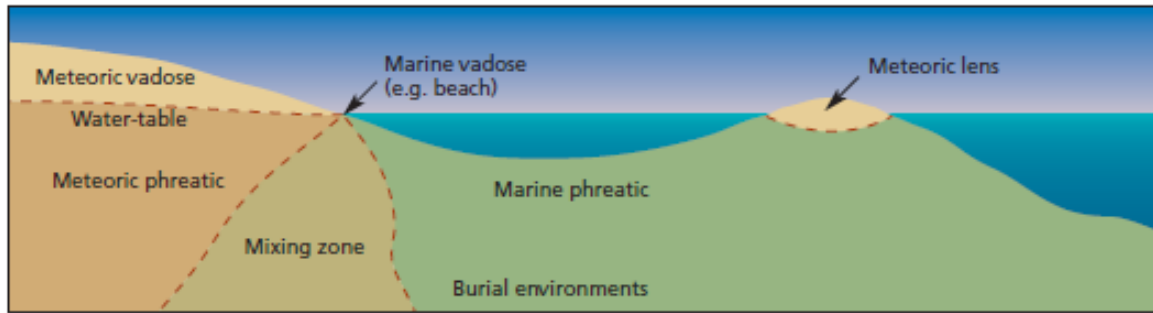


Figura 3.3: Esquema transversal de plataforma continental carbonácea mostrando los ambientes diagenéticos (Adams, 1998).

3.3. Parasecuencia estratigráfica

Una secuencia estratigráfica es la que estudia los patrones de apilamiento de estratos y sus cambios en un marco cronológico. Las definiciones actuales (Possamientier et al. 1998, Van Wagoner 1995, Galloway 1989, Posamientier y Allen 1999, Catuneanu 2006) hablan de: (1) Ciclicidad (estratigráfica, simétrica o no relativo a una escala de tiempo); (2) Marco temporal (mapeo de facies y sistemas depositacionales); (3) Estratos genéticamente relacionados (sin hiatus significativos); (4) Interacción entre acomodación y sedimentación.

A su vez, una parasecuencia es una sucesión de estratos o set de éstos, genéticamente relacionados y delimitados por una superficie de inundación (modificado después de Van Wagoner *et al.*, 1988, 1990). Ahora, una superficie de inundación, es una superficie a través de la cual hay un abrupto cambio de facies que pueden indicar un aumento en la profundidad del agua o una disminución en el suministro de sedimentos (modificado después de Van Wagoner *et al.*, 1988, 1990).

Para lo anterior, se necesita definir un nivel base, que es una superficie donde se encuentra en equilibrio la erosión con la depositación. La cantidad de espacio que está disponible para que los sedimentos se llenen hasta el nivel base define el concepto de “acomodación” (Jervey, 1988). Lo anterior se aplica a cualquier configuración depositacional.

Además, una secuencia se subdivide en componentes llamados “system tracks”, que se refieren a una unión de sistemas depositacionales contemporáneos, formando una subdivisión de una secuencia (Brown and Fisher, 1977). Los cambios en los patrones de apilamiento de estratos son causa de los cambios en la trayectoria de la costa.

Existen tres “system tracks” (figura 3.5):

- **Regresión forzada:** Regresión de la costa impulsada por la caída del nivel base. Se tiene progradación.
- **Regresión normal:** Regresión de la costa impulsada por el suministro de sedimentos, durante un tiempo de aumento del nivel base en la costa o en un momento de suspensión de nivel de base. Se tiene progradación y agradación.
- **Transgresión:** Desplazamiento hacia tierra de sistemas marinos o lacustres, desencadenado por un aumento en el nivel base a tasas superiores a las tasas de sedimentación en la costa. Se tiene retrogradación.

Por otro lado, existen siete superficies de estratigrafía de secuencia:

- **Disformidad subacuática** (Sloss *et al.*, 1949): Una discordancia que se forma bajo condiciones subaéreas, como resultado de la erosión fluvial o desviación de aguas, pedogénesis, degradación del viento o disolución y karstificación.
- **Conformidad correlativa** (sensu Posamentier *et al.*, 1988; Posamentier y Allen, 1999): Una superficie estratigráfica que marca el cambio en los patrones de apilamiento de estratos desde la regresión normal de la plataforma a la regresión forzada.
- **Superficie regresiva de la erosión marina** (Plint, 1988): Una superficie subacuática erosiva que se forma por medio de la acción de las olas en la superficie de la orilla inferior, es regresiva, dominada por las olas y la plataforma interna.
- **Superficie regresiva máxima** (Helland-Hansen y Martinsen, 1996): Una superficie que marca un cambio en la trayectoria de la costa de baja regresión normal a la transgresión.
- **Superficie máxima de inundación** (Frazier, 1974; Posamentier *et al.*, 1988; Van Wagoner y otros, 1988; Galloway, 1989): Una superficie que marca un cambio en la trayectoria de la línea costera, desde la transgresión a la posición elevada de regresión normal. Comúnmente es una “superficie de bajada” en aguas someras.
- **Superficies de barranco transgresivo** (Nummedal y Swift, 1987; Galloway, 2001b): Superficies erosivas que se forman por medio de olas o erosión, por fuertes corrientes de marea durante la transgresión desde la costa a la parte superior de la anteplaya. Estas superficies comúnmente también son superficies inundables. Se pueden reconocer dos tipos de superficies de barranco transgresivas, dependiendo de la erosión de las corrientes mareales: **Superficies onduladas** (Swift, 1975) y **barrancos superficiales** (Allen y Posamentier, 1993). Ambos tipos de superficies de barranco transgresivas son diacrónicas y jóvenes hacia el margen de cuenca (Nummedal y Swift, 1987).

Los criterios que pueden usarse para identificar cada superficies de secuencia estratigráfica incluyen: La naturaleza del contacto (concordante versus discordante); los sistemas deposi-

cionales debajo y arriba del contacto; las tendencias deposicionales por debajo y por encima del contacto; los tipos de icnofacies controladas por sustrato asociadas con contacto; y terminaciones estratales asociadas con el contacto.

A continuación, se muestran los pasos a seguir para realizar análisis de parasecuencia estratigráfica, que se resumen en cuatro pasos:

- (1) Observar el apilamiento de tendencias y terminaciones estratales.
- (2) Utilizar patrones de apilamiento y/o patrones terminales de estratos para delinear la secuencia estratigráfica superficial.
- (3) Usar superficies, patrones de apilamiento y geometrías estratales para identificar tramos de sistemas.
- (4) Usar superficies y sistemas de tramos para definir secuencias estratigráficas.

En las escalas de tiempo geológicas, los cambios de nivel base están controlados principalmente por mecanismos alogénicos, incluido el tectonismo y cambio del nivel del mar (eustasia) (Catuneanu *et al.*, 2009). Se debe tener en cuenta una curva de referencia para analizar los cambios de nivel de base. La curva de cambio de nivel de base refleja las fluctuaciones en el nivel base a lo largo de la costa. El tiempo de los eventos es único a lo largo de cada línea de inmersión, pero puede cambiar debido a las variaciones en el suministro de sedimentos y/o las tasas de subsidencia. En la figura 3.4, se usa una curva de referencia simétrica con fines ilustrativos, sin embargo la curva real puede ser simétrica o asimétrica, dependiendo de la interacción entre los diversos mecanismos de conducción responsables de las fluctuaciones en el nivel base. La erosión que genera superficies transgresivas puede ser desencadenada por olas o mareas. Una superficie de inundación máxima se forma cuando la trayectoria de la costa cambia de transgresivo (retrogradación) a regresivo (progradación).

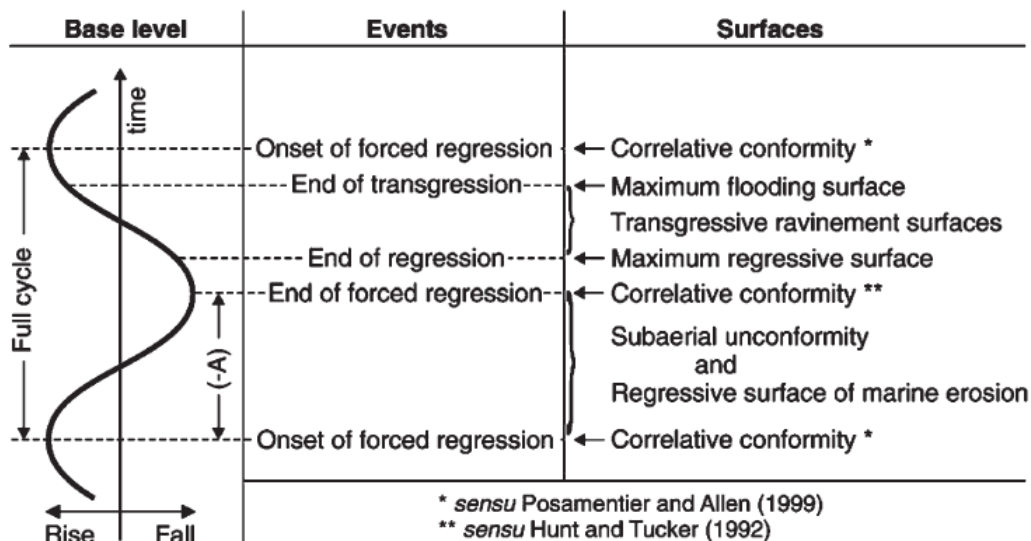


Figura 3.4: Apilamiento vertical de conjuntos de parasecuencias (Van Wagoner *et al.*, 1990).

Los eventos cíclicos del nivel base son importantes, ya que cambios en las tendencias deposicionales en cualquier ubicación a lo largo de una costa, marca eventos que son importantes para la cronología de una secuencia de marco estratigráfico. Estos son cuatro eventos, que son únicos y marcan un ciclo:

- (1) Inicio de una regresión forzada (inicio de caída a nivel de base en el orilla).
- (2) Final de una regresión forzada (final de la caída del nivel de base en el orilla).
- (3) Fin de una regresión (durante el aumento del nivel base, cuando la tasa del aumento de nivel de base crea un alojamiento que abruma la tasa de sedimentación en la costa).
- (4) Final de una transgresión (durante el aumento del nivel base, cuando el tasa de sedimentación en la costa una vez más excede el alojamiento creado por el aumento de nivel de base en ese ubicación).

La relación de eventos, además de trasgresiones o regresiones asociadas, se muestran en la figura 3.5. La curva sinusoidal superior muestra la magnitud de los cambios en el nivel base a lo largo del tiempo. Las porciones más gruesas en la curva indican la etapa temprana y tardía del aumento del nivel de base (regresiones normales de “lowstand” y “highstand” respectivamente), cuando las tasas de aumento de nivel de base (aumentando de cero y disminuyendo a cero, respectivamente) son superados por las tasas de sedimentación. La curva sinusoidal a continuación, muestra las tasas de cambio del nivel básico.

El inicio de la regresión forzada, marca un cambio de agradación a la bajada con continuación hacia el mar. El evento de regresión al final de la fuerza, significa el cambio de downstepping a agradación con continuación a progradación. El evento de fin de regresión, marca el cambio de progradación a la retrogradación. Finalmente, el final de la transgresión marca el cambio en los patrones de apilamiento de backstepping/retroceso de la costa (es decir, retrogradación) a forestepping/avance de la costa (es decir, progradación).

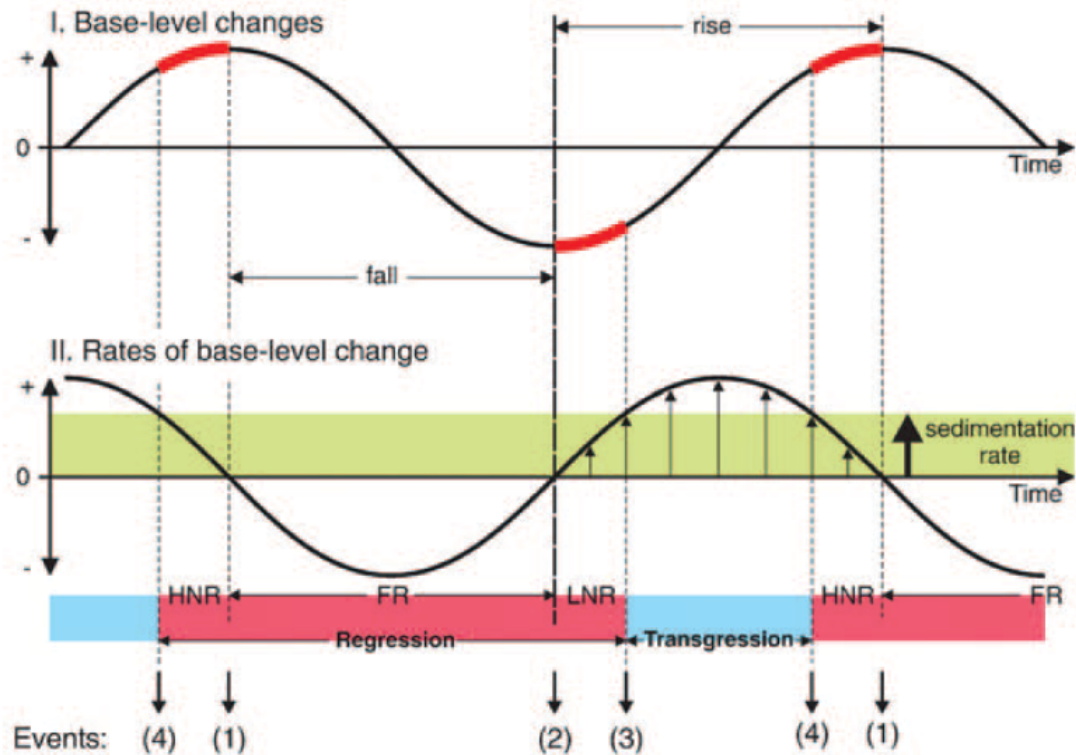


Figura 3.5: Conceptos de transgresión, regresión normal y regresión forzada, tal como se define por la interacción de los cambios a nivel de base y la sedimentación en la costa (de Catuneanu, 2006). Abreviaturas: FR - regresión forzada; LNR - lowstand regresión normal; HNR - regresión normal de la plataforma alta.

Por último, se ha definido una secuencia “transgresiva-regresiva” (T-R) originalmente como una unidad sedimentaria depositada durante el tiempo entre el comienzo de un evento transgresivo y el comienzo del siguiente, siempre que los dos eventos transgresores sean de escala similar (Johnson y Murphy, 1984; Johnson *et al.*, 1985).

El trabajo asume una subdivisión de secciones estratigráficas en una sucesión de unidades genéticas (regresión forzada, baja y alta regresión normal, transgresión; o sea, systems tracts), separados por superficies de secuencia estratigráfica, sin embargo, en este estudio, se tomarán en cuenta las secuencias T-R, ya que son más a fin con las columnas estratigráficas que se mostrarán.

Capítulo 4

Resultados

4.1. Columnas estratigráficas y facies

En primera instancia, se realiza foto-interpretación para cada quebrada donde se han levantado columnas estratigráficas. Se muestra una sección de la columna para la Quebrada Las Rosas (figura 4.1), al igual que para Quebrada El Culebrón (figura 4.2).



Figura 4.1: Sector de Quebrada las Rosas con su respectiva foto-interpretación. Las líneas negras delimitan estratos, indicados en letras negras también.

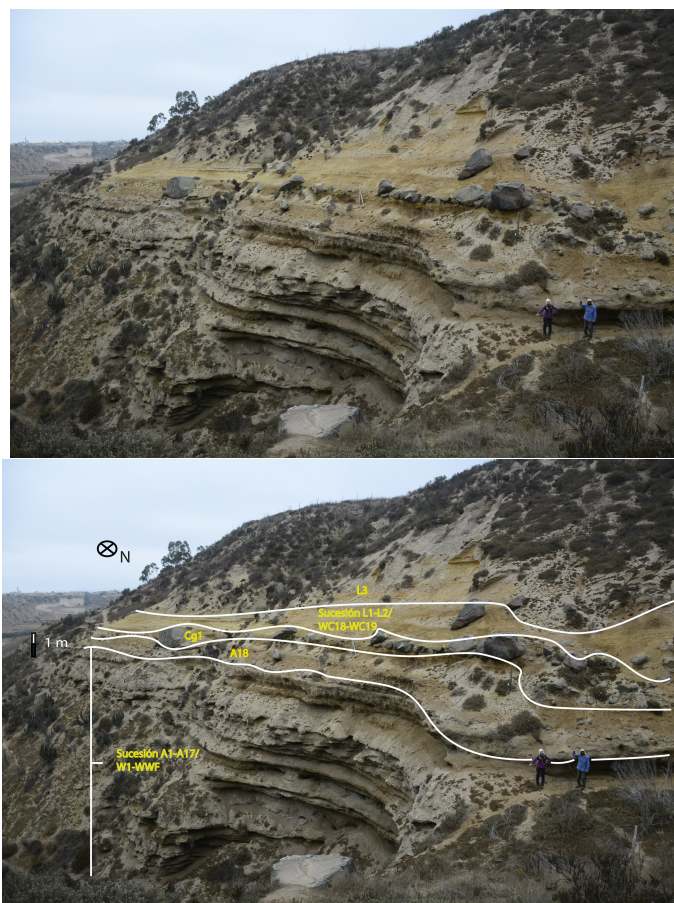


Figura 4.2: Sector de Quebrada El Culebrón con su respectiva foto-interpretación. Las líneas blancas delimitan estratos, indicados en letras amarillas.

A continuación, se presentan las columnas modificadas de Partarrieu (en prep.), para el sector de Quebrada Las Rosas, Quebrada El Culebrón inferior y superior respectivamente (figuras 4.4, 4.9 y 4.11). La respectiva simbología se encuentra en la figura 4.3.

Por otra parte, se presenta la columna estratigráfica hecha en el trabajo de De Los Arcos *et al.* (2017) (figura 4.13), que representa la zona de Lomas del Sauce. Para este caso, se analizaron muestras de cortes transparentes de algunas capas de la columna, que se correlacionan con el sector Quebrada Las Rosas.

Para el sector de Los Clarines se usa la columna estratigráfica de Partarrieu (en prep.) (figura 4.15). Se analizan los cortes transparentes para aportar en la discusión de paleoambiente, estando este sector muy cerca con las otras zonas de estudio (ver ubicación en figura 1.3).

4.1.1. Quebrada Las Rosas
























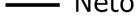
Leyenda		Simbología			
	Coquina A'		Estratificación cruzada de bajo ángulo		Icnof. Scoyenia
	Arenisca		Concreciones		Icnof. Skolithos
	Arenisca limosa		Austromegabalanus psittacus		Icnof. Glossifungites
	Limolita		Equinodermos		Icnof. Coprinisphaera
	Coquina B'		Bivalvos		Icnof. Ppsilonichnus
	Coquina C'		Gastrópodos		Paleosuelo
	Micrita		Granocreciente		
			Granodecreciente		
	Limolita gris; Limolita marrón		Calco de carga		Contactos
	Arenisca marrón				Neto

Figura 4.3: Simbología y leyenda para las figuras 4.4, 4.9 y 4.11.

QLR (w)

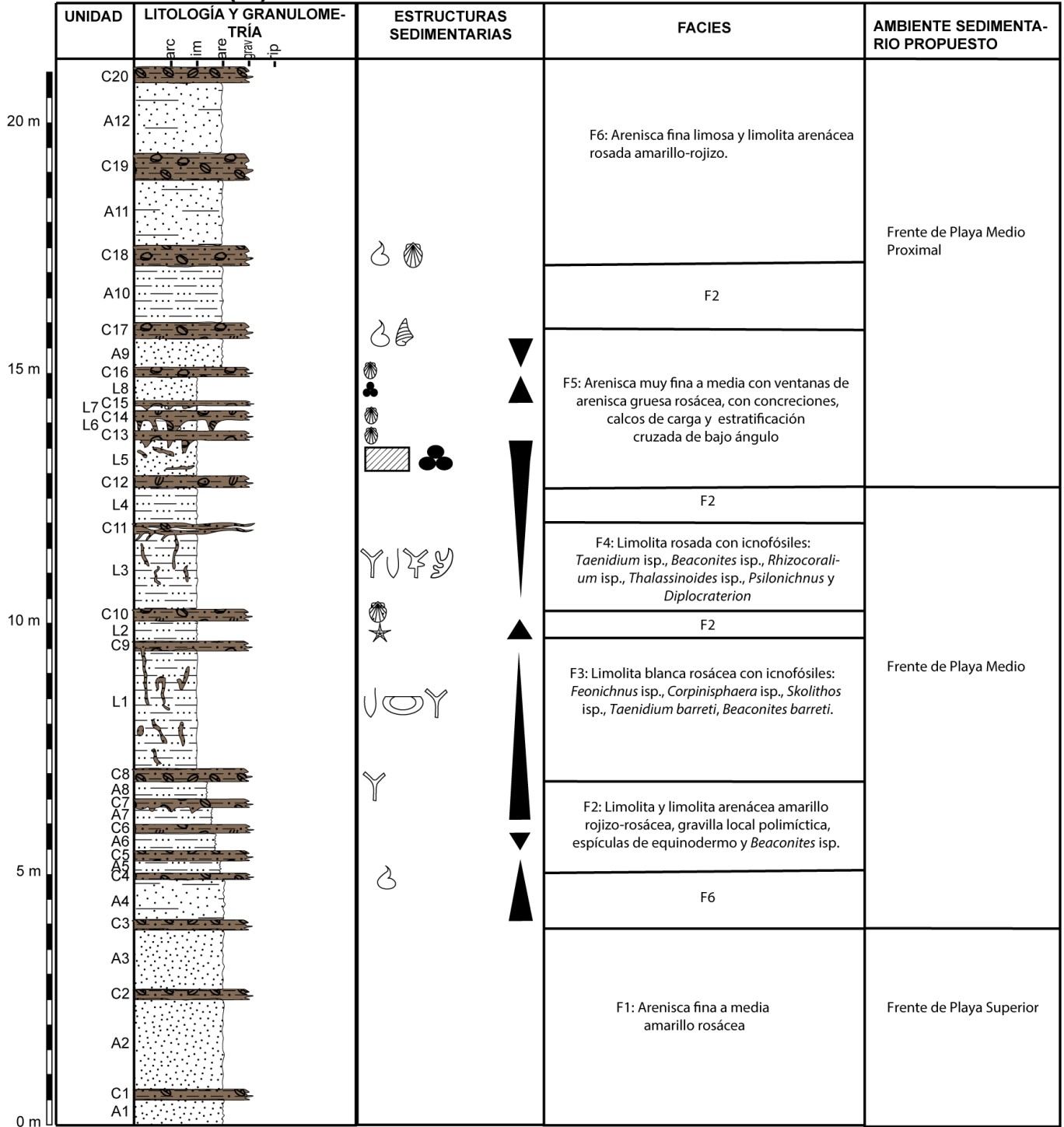


Figura 4.4: Columna estratigráfica A, Quebrada Las Rosas. Modificado de Partarrieu (en prep.)

En el caso de la columna A, se identifican las siguientes facies:

- **facies 1:** Corresponde a los estratos A1-A3. Arenisca fina a media amarillo rosácea de 1 a 2 m, selección buena, esfericidad media. Clastos subangulosos, madurez química alta. No se observan estructuras sedimentarias, icnofósiles ni fósiles. Contactos netos y geometría tabular.
- **facies 2:** Corresponde a los estratos L2, L4, A5-A8 y A10. Limolita y limolita arenácea amarillo rojizo-rosáceo con guijarros de 3 mm polimíctico, menor al 1 %, con potencias de 30 cm a 1 m, selección media local a predominantemente muy buena, esfericidad alta. Clastos subangulosos a subredondeados, con madurez química alta (principalmente Qz monocrx y Ortosa alterada a arcilla). Se observan espículas de equinodermos. Se observan trazas fósiles pertenecientes a *Beaconites* isp. (figura 4.5, icnofacies *Scoyenia*). No se observan estructuras. Contactos netos y geometría tabular. El cemento es de tipo chert en mosaico (22 % de roca)(descripción microscópica de L4 con código de corte: BT-03).



Figura 4.5: Icnofósiles identificados en estrato A8 de columna estratigráfica A, Quebrada Las Rosas.

- **facies 3:** Corresponde al estrato L1. Limolita blanco rosáceo de 2,5 m, selección muy buena, esfericidad alta. Clastos redondeados, madurez química alta. Se observan trazas fósiles pertenecientes a *Feoichnus* isp. y *Coprinisphaera* isp. (icnofacies *Coprinisphaera*), *Skolithos* isp. (icnofacies *Skolithos*), *Taenidium barreti* y *Beaconites barreti* (icnofacies *Scoyenia*). No se observan fósiles. Contactos netos y geometría tabular.



Figura 4.6: Icnofósiles identificados en estrato L1 de columna estratigráfica A, Quebrada Las Rosas.

- **facies 4:** Corresponde al estrato L3. Limolita rosado de 1,5 m, selección muy buena, esfericidad alta. Clastos redondeados, madurez química alta. Se observan trazas fósiles pertenecientes a *Taenidium* isp. y *Beaconites* isp. (icnofacies *Scoyenia*), *Rhizocoralium* isp. y *Thalassinoides* isp. (icnofacies *Glossifungites*), *Psilonichnus* (icnofacies *Psilonichnus*), *Diplocraterion* (icnofacies *Skolithos*). No se observan fósiles. Contactos netos y geometría tabular.

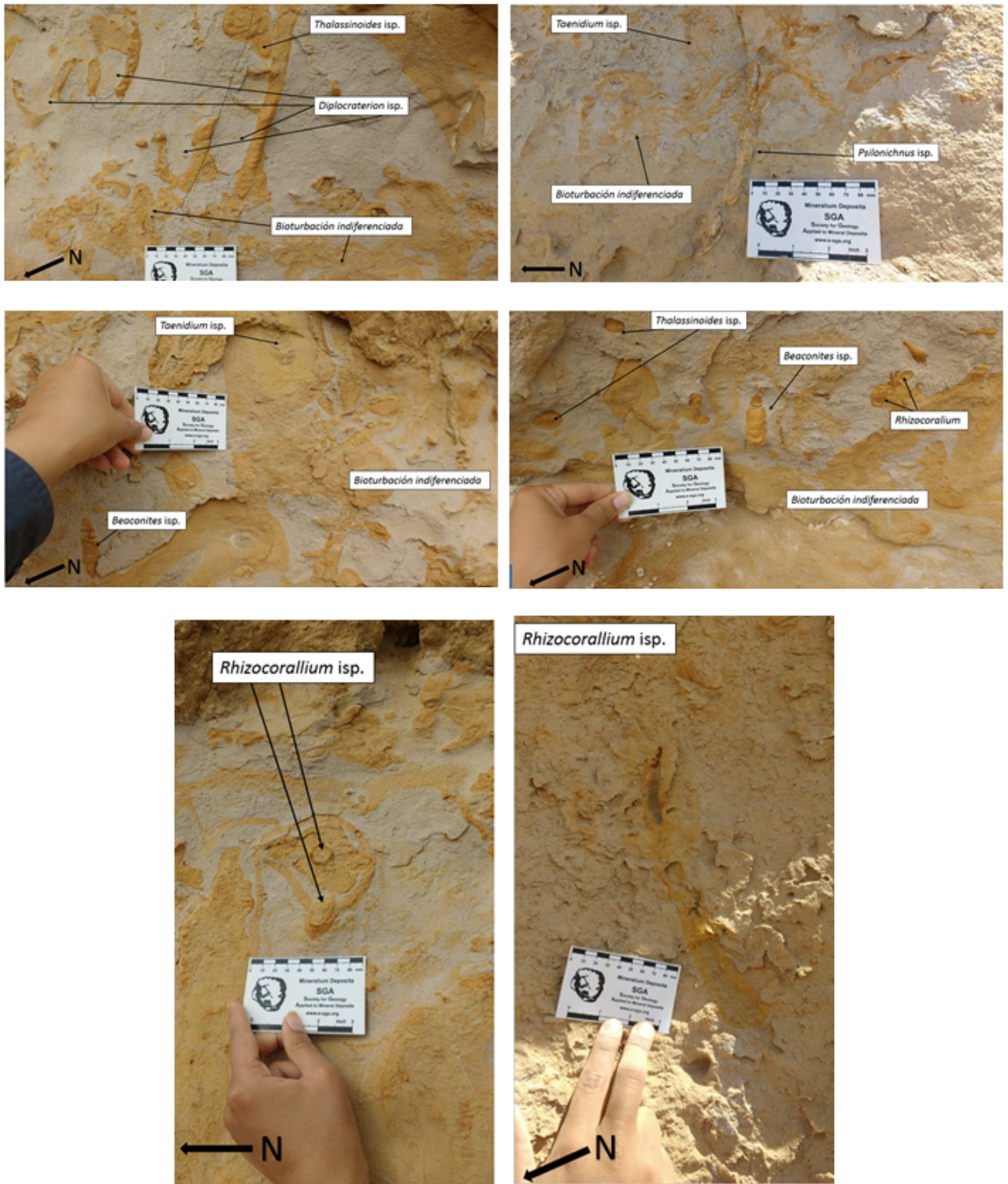


Figura 4.7: Icnofósiles identificados en estrato L3 de columna estratigráfica A, Quebrada Las Rosas.

- **facies 5:** Corresponde a los estratos L5-L8 y A9. Arenisca muy fina a media con ventanas de arenisca gruesa (que indican tendencias granodecreciente y granocreciente dentro

de estrato L8 y A9 respectivamente), amarilla rosácea de 20 cm a 1 m de potencia, selección buena a muy buena, esfericidad alta. Clastos subangulosos, madurez química alta. Se observan concreciones, calcos de carga y estratificación cruzada de bajo ángulo. No se observan icnofósiles ni fósiles. Contactos netos y geometría tabular.

- **facies 6:** Corresponde a los estratos A4, A11 y A12. Arenisca fina limosa y limolita arenácea rosada-amarilla rojizo de 50 cm a 1,5 m, selección buena a muy buena, esfericidad alta. Clastos subangulosos a subredondeados, madurez química alta. No se observan estructuras, icnofósiles ni fósiles. Contactos netos y geometría tabular.
- **facies 7:** Corresponde a los estratos C1-C20. Coquinas de 20 cm aproximadamente, presentan bivalvos, gastrópodos y balánidos/cirrípedos. Se hizo un catrastro del grado de fragmentación de fósiles, como también, el grado de disolución de éstos (figura 4.8).

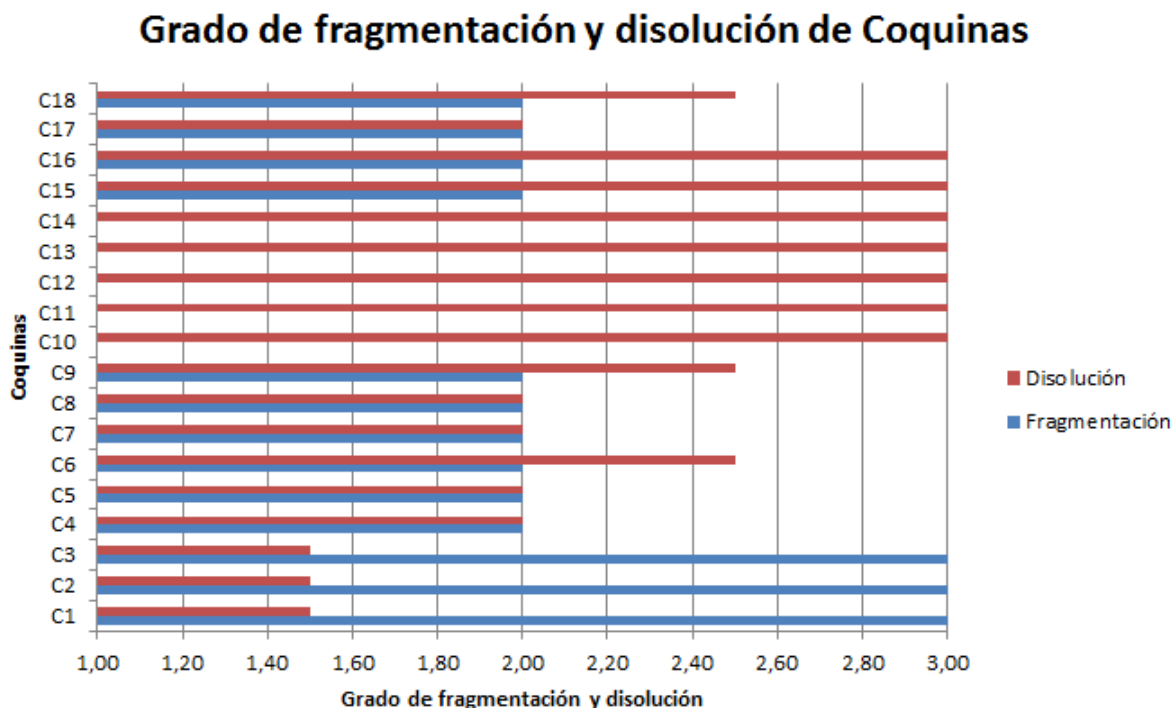


Figura 4.8: Gráfico que muestra el grado de fragmentación y disolución de Coquinas para la Columna A, siendo 1 grado bajo, 2 grado moderado y 3 grado alto.

4.1.2. Quebrada El Culebrón inferior

En el caso de la columna B, se identifican las siguientes facies:

- **facies 1:** Corresponde a los estratos A1-A18. Arenisca fina marrón de 20 cm a 3,5 m de potencia. Contactos netos y erosivos por calcos de carga, geometría tabular. No se observan bioturbaciones, fósiles ni estructuras a simple vista (zona en acantilado, peligroso, se asume la misma granulometría para toda la sección por muestra *GRN_02*).
- **facies 2:** Corresponde a los estratos WC1-WC17 y WWF. Coquinas marrones de 20 cm a 1 m de potencia. Contactos netos y erosivos por calcos de carga con longitudes de 1 m, geometría tabular. No se observan bioturbaciones, ni estructuras a simple vista (zona en acantilado, peligroso).
- **facies 3:** Corresponde al estrato Cg1. Estrato de conglomerados marrón claro tamaño bloque (hasta 1,5 m de diámetro). Contactos netos y geometría tabular. No se observan bioturbaciones, fósiles ni estructuras. Clastos ígneos alineados.
- **facies 4:** Corresponde a los estratos L1, L2, L5-L7. Limolita marrón de 10 cm a 4,5 m de potencia. Contactos netos y geometría tabular. No se observan bioturbaciones, fósiles ni estructuras.
- **facies 5:** Corresponde a los estratos WC18-WC24. Coquinas marrones de 10 a 70 cm de potencia. Contactos netos y geometría tabular. No se observan bioturbaciones, fósiles ni estructuras.
- **facies 6:** Corresponde al estrato L3 y L4. Limolita gris de 50 cm a 6 m de potencia. Se observan trazas fósiles pertenecientes a *Taenidium* isp. (icnofacies *Scoyenia*), *Coprinisphaera* isp. (icnofacies *Coprinisphaera*) y Paleo-suelo (*Rhizocretions*, *Rhisolith* y *Rhizohaloes*). No se observan estructuras ni fósiles. Contactos netos y geometría tabular.

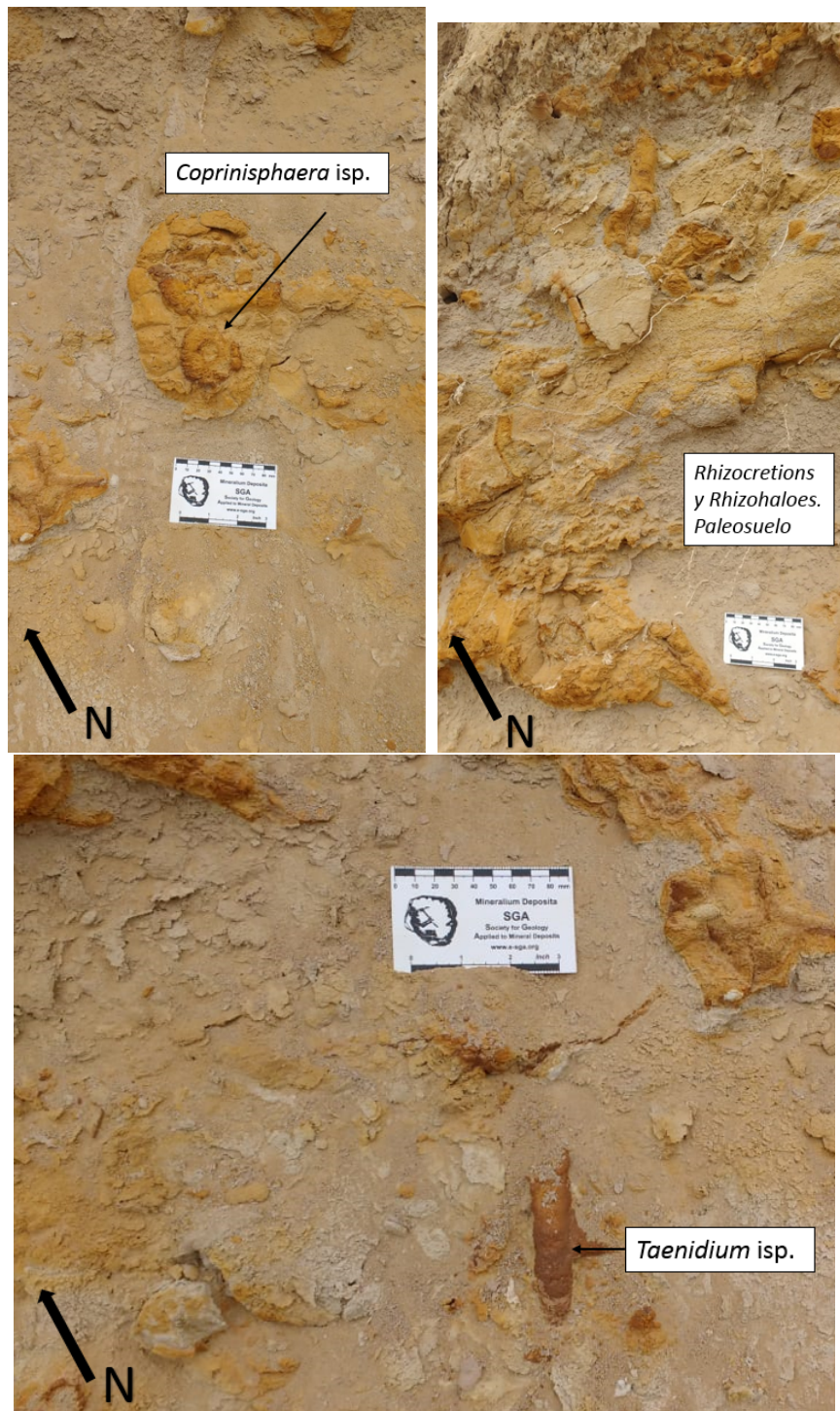


Figura 4.10: Icnofacies identificadas en estrato L3 de columna estratigráfica B, Quebrada El Culebrón.

4.1.3. Quebrada El Culebrón superior

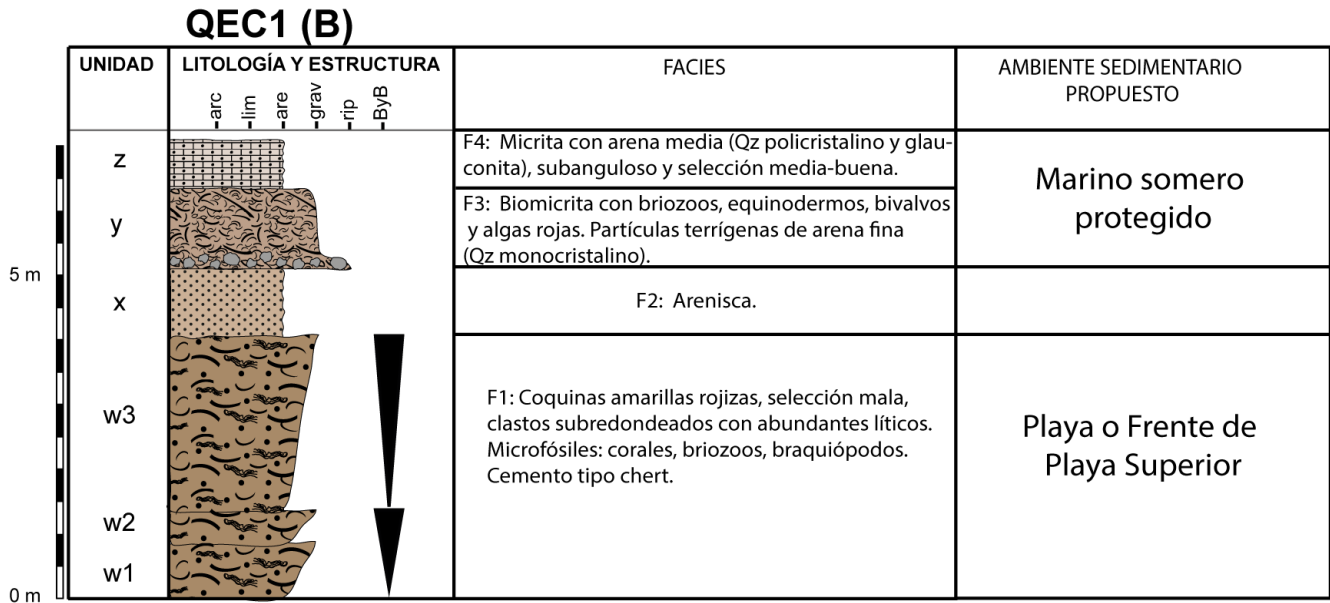


Figura 4.11: Columna estratigráfica C, Quebrada El Culebrón superior. Modificado de Partrrieu (en prep.)

Por otro lado, para el caso de la columna C, se identifican las siguientes facies:

- **facies 1:** Corresponde a los estratos W1-W3. Coquinas amarillas rojizas de 50 cm a 2,5 m de potencia, selección mala (arena fina a gruesa), esfericidad alta. Clastos subredondeados, con abundantes líticos. Existen microfósiles tales como corales, briozoos, braquiópodos, redondeados de 1 a 2 mm. Cemento tipo chert cercano al techo. No se observan icnofacies ni estructuras. Contactos netos, granocreciente hacia el techo (con W2 mas fino que W3 según granulometría) y geometría tabular (descripción microscópica vista en W3, código del corte: BT-04).
- **facies 2:** Corresponde al estrato X. Esta capa esta muy cubierta de suelo y vegetación, por lo que sólo se atribuye a una capa de arenisca de 1 m de potencia, la cual se observó levemente excavando.
- **facies 3:** Corresponde al estrato Y. Biomicrita de 1,5 m de pontencia, contactos netos y geometría tabular. Presenta briozoos, equinodermos, bivalvos y algas rojas. Partículas terrígenas de arena fina, principalmente Qz monocristalino. Cementos presentes: sintaxial, isópaco mosaico columnar y poquilotópico (figura 4.12). No se observan icnofacies ni estructuras (descripción microscópica vista bajo código de corte CT-09).

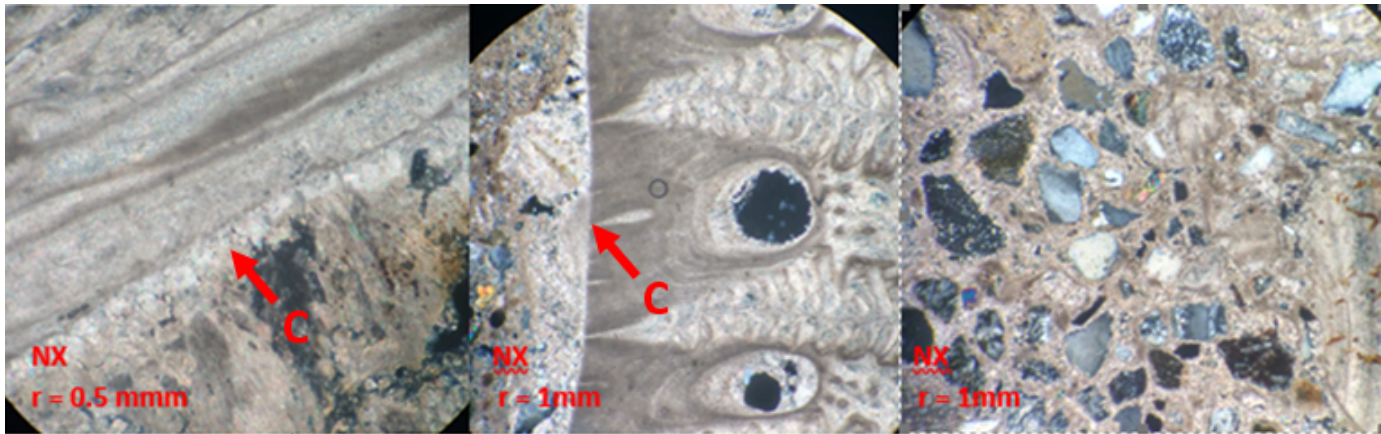


Figura 4.12: Cemento isópaco mosaico columnar en la primera y segunda imagen de izquierda a derecha (letra C), tercera imagen es poikilotópico.

- **facies 4:** Corresponde al estrato Z. Micrita con 70 cm de potencia, contacto neto en la base y techo expuesto a la superficie, geometría tabular. Existe material terrígeno tamaño arena media, principalmente Qz policristalino y glauconita, éstos son subangulosos y con selección media-buena, madurez química alta. No se observan fósiles, icnofacies ni estructuras (descripción microscópica vista bajo código de corte CT-10).

4.1.4. Lomas del Sauce

A continuación, se muestra la columna estratigráfica de Lomas del Sauce, ubicado en la localidad de Las Rosas (figura 4.13). Los códigos de las muestras analizadas en este sector fueron: LDS-N1s, LDS-CQ, LDS-N1M, CT-11. Las tres primeras muestras corresponden a la capa Capa 3 de la figura 4.13 y la cuarta muestra a la capa Capa 4 de la misma.

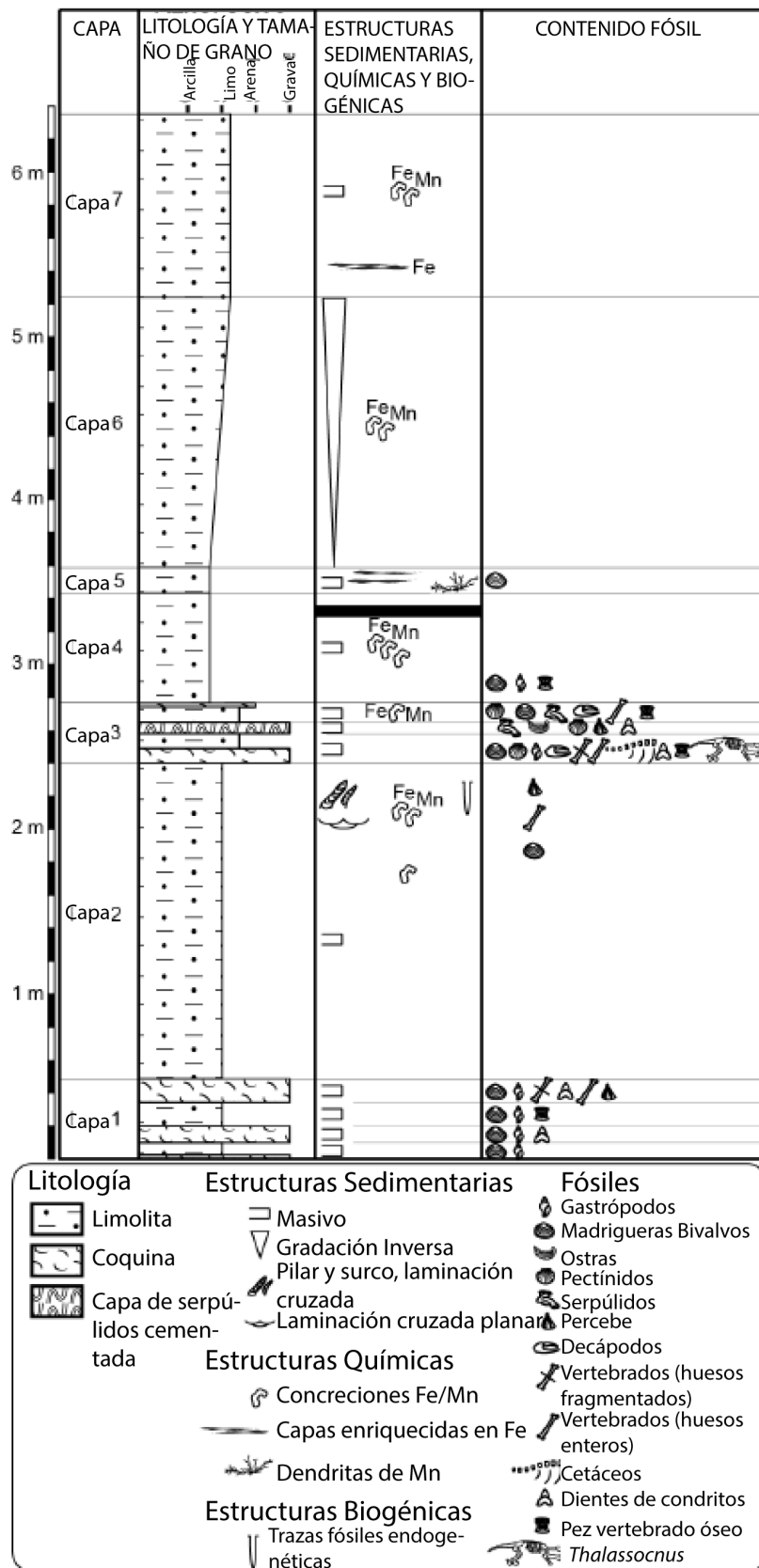


Figura 4.13: Columna estratigráfica D, Lomas del Sauce (De Los Arcos *et al.*, 2017).

Primero, el corte transparente LDS-N1s, corresponde a la capa superior de Capa 3. Según la columna, es parte de una limolita con concreciones de Fe-Mn, pectínidos, viviendas de bivalvos, serpúlidos, decápodos, huesos de vertebrados completos y pez huesudo vertebrado. Por su parte, en el corte es posible observar abundante micrita con peloides, además de fragmentos terrígenos tamaño arena fina. Descripción corresponde a una micrita según Folk (1962).

Segundo, el corte transparente LDS-CQ, corresponde a la coquina de Capa 3. La columna muestra pectínidos, viviendas de bivalvos, decápodos, gastrópodos, huesos de vertebrados conservados y fragmentados, cetáceos, "chondrichthyan teeth" (dientes de condritos), pez huesudo vertebrado y *Thalassocnus*. Por su parte, en el corte se observaron bivalvos, briozoos, peloides y abundante micrita. Los fragmentos presentes son de tamaño arena fina. Descripción corresponde a una biomicrita según Folk (1962).

Tercero, el corte LDS-N1M, corresponde a la capa cementada de serpúlidos de Capa 3. La columna muestra serpúlidos, ostras, pectínidos, cirrípedos y "chondrichthyan teeth". Por su parte, en el corte es posible observar los agujeros de serpúlidos cementados con esparita tipo bladed (figura 4.14), micrita abundante, intraclastos de 2 mm (matriz micrítica) y fragmentos terrígenos tamaño arena fina. Descripción corresponde a una biomicrita según Folk (1962).

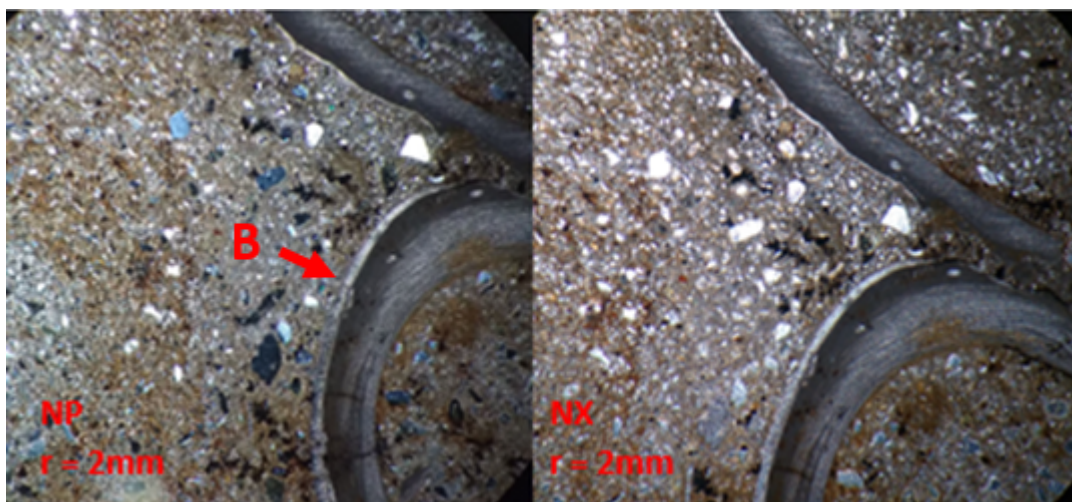


Figura 4.14: Corte transparente LDS-N1M, se observa cemento tipo bladed alrededor de agujeros de serpúlidos (letra B).

Cuarto, se tiene el corte CT-11, correspondiente a la capa Capa 4. Según la columna, es limolita con concreciones de Fe-Mn, viviendas de bivalvos, gastrópodos y vertebrados de peces óseos. Por su parte, el corte muestra micrita con fragmentos de Qz tamaño arena muy fina y arcillas, no fue posible observar microfósiles. Descripción corresponde a una micrita según Fock (1962).

4.1.5. Los Clarines

Con el fin de realizar una definición de paleoambiente en la zona de estudio mas detallada, se describieron una serie de muestras a nivel microscópico del sector de Los Clarines, ubicada en la ciudad de Coquimbo (ver anexo para mayor detalle). Se buscará correlacionar algunos de los cortes transparentes descritos en este sector, con facies definidas anteriormente en las otras quebradas. La columna asociada se tiene en la figura 4.15.

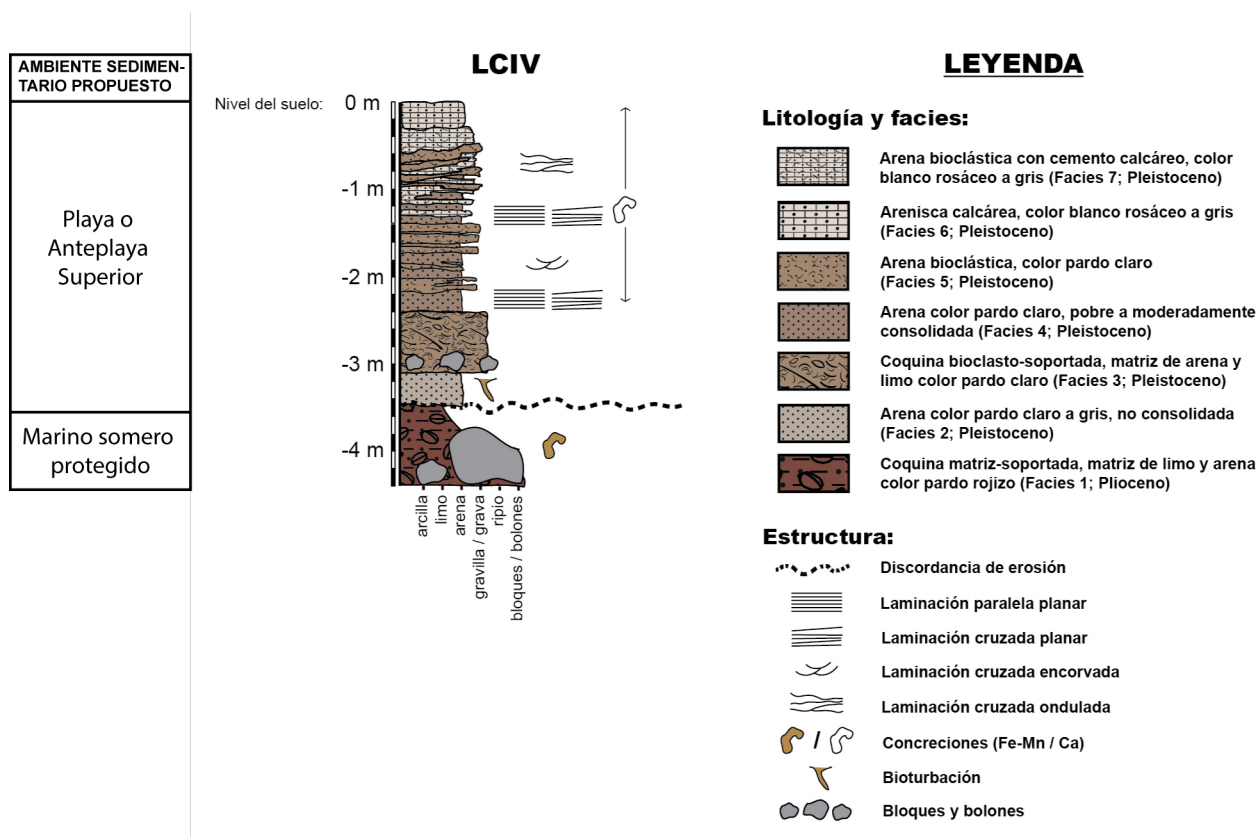


Figura 4.15: Columna estratigráfica E, Los Clarines (Partarrieu, en prep.).

Las facies de la columna E, son definidas por Partarrieu (en prep.), éstas aparecen en la figura 4.15, junto a la litología. Como se observa, fueron definidas 7 facies, en las cuales se han descrito muestras de cada sector, excepto para la facies 5. La facies 1 es pliocénica y las demás facies son pleistocénicas.

La facies 1 corresponde a una coquina pardo-rojiza con matriz de limo y arena, matriz soportada. Luego, la facies 2 corresponde a una arena pardo claro a gris no consolidada, siendo arena fina según los resultados de este trabajo (ver figura 4.18). Posteriormente, la facies 3 corresponde a una coquina bioclasto-soportada con matriz de arena y limo pardo claro. La facies 4 hace referencia a una arenisca pardo clara, pobre a moderadamente consolidada. La facies 5 consta de arenisca bioclástica pardo clara. Por otro lado, la facies 6 corresponde a

arenisca calcárea blanca-rosácea a gris. Por último, la facies 7 contiene arenisca bioclástica con cemento calcáreo blanca rosácea a gris.

En primer lugar, se describieron los clastos tamaño grava tipo ígneos (cortes CT-15, CT-16 y CT-14), que son las muestras pertenecientes a las facies 3 (capa de coquina con clastos en columna E). Los tres cortes fueron sacados del mismo nivel estratigráfico. Todos los cortes resultaron ser clastos ígneos extrusivos. Sin embargo, CT-14 Y CT-16 son mas máficos, presentando fenocristales de Horblenda y Piroxeno, mientras que CT-15 resulta ser mas félsico con abundante Ortaclasa y Microclina. Además, CT-14 presenta fenocristales mas grandes que los demás cortes llegando a 8 mm, mientras que los otros cortes tenían un tamaño de 2 mm máximo. Los cortes más máficos presentan mayor alteración (con pumpellita y ceolita extras a la arcilla que está en todas las muestras ígneas).

En segundo lugar, se describen rocas sedimentarias carbonáticas de la zona. Para un estrato asociado a la facies 1 se tiene una bioesparita con bioclastos no fragmentados (braquiópodos, corales, gastrópodos), existiendo un aporte considerable de fragmentos terrígenos (30 % del corte descrito) y nula micrita, por otro lado, los cementos encontrados fueron drussy, blocky y poikilotópico (ver figura 4.16, correspondiente al corte CT-12 que es parte de un estrato cementado, asociado a la facies 1, pero no tan representativo de ésta).

La facies 2 muestra arcosa lítica matriz soportado, teniendo arena fina a media como matriz (ver figura 4.18). Los aloquemos se encuentran fragmentados y calcificados (briozoos), siendo muy escasos, mientras que los fragmentos terrígenos ocupan la mayor cantidad de volumen (nula micrita), son subredondeados.

La facies 3 consta de biopelsparita (aliquemos de equinodermos y briozoos), con cementos tipo drussy y blocky, además de presentar un tercio de fragmentos terrígenos con respecto a su totalidad, hay nula micrita.

La facies 4 consta de biointraesparita, con briozoos y braquiópodos muy fragmentados, algas rojas bien conservadas, además de ooides e intraclastos. La cementación es de tipo chert, con abundantes líticos de cuarzo y feldespato. La micrita es nula.

La facies 6 presenta bioesparita (aliquemos de briozoos, equinodermos, bivalvos, algas rojas moderadamente fragmentados) con moderada cantidad de fragmentos terrígenos, además de cementos tipo sintaxial, bladed y blocky. Además hay biomicrita (aliquemos de equinodermos, algas rojas y briozoos y braquiópodos muy fragmentados), con casi nulo material terrígeno y cementos tipo blocky, menisco, drussy y sintaxial.

Por último, la facies 7 consta de bioesparita con cemento blocky, briozoos, bivalvos y algas rojas fragmentadas, la cantidad de líticos representa un tercio del corte total, la micrita es

escasa.

Los aloquemos principales son briozoos, equinodermos, braquiópodos y algas rojas, teniendo en menor medida bivalvos. Asimismo, el corte CP2, presenta además ooides e intraclastos. Cabe mencionar que para el corte CT-12, es posible reconocer corales y gastrópodos, además de cemento poikilotópico, elementos que no se encuentran en otro corte transparente.

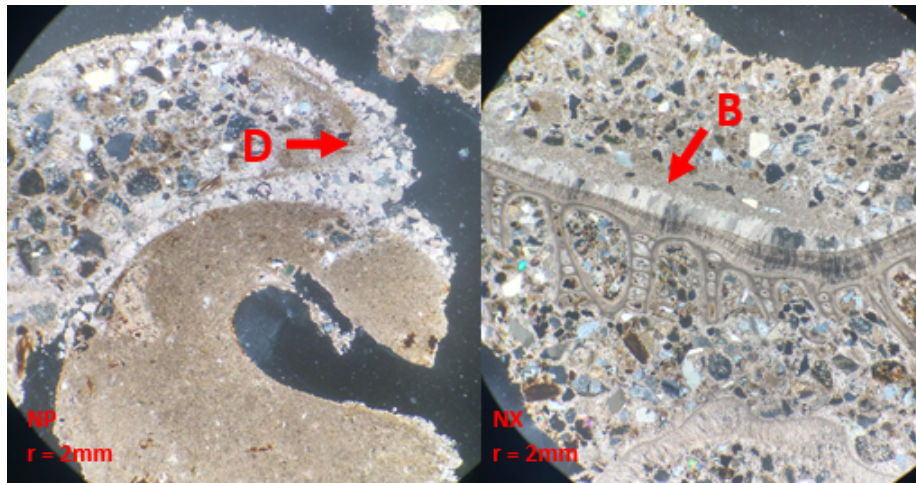


Figura 4.16: Corte transparente CT-12. Se observa cemento tipo bladed en bivalvos (derecha, letra B), drussy en gastrópodos (izquierda, letra D) y poikilotópico en ambas imágenes.

4.2. Granulometría

Los resultados de los análisis granulométricos se presentan en la sección de anexos.

Se identificaron diferentes modas para el sector de Quebrada las Rosas (columna estratigráfica A, figura 4.4), como muestra la figura 4.17, viéndose cual es la moda principal para poder asociar un estrato con una litología. Lo anterior se hizo además con muestras de Quebrada El Culebrón (columna B y C, figuras 4.9 y 4.11) y Los Clarines (columna E, figura 4.15). Las modas identificadas con su respectivo tamaño de grano se observa en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Modas asociadas a las diferentes granulometrías (USDA).

Arena muy Gruesa	1000-2000 μm	$\phi = -1-0$
Arena Gruesa	500-1000 μm	$\phi = 0-1$
Arena Media	250-500 μm	$\phi = 1-2$
Arena Fina	125-250 μm	$\phi = 2-3$
Arena muy Fina	63-125 μm	$\phi = 3-4$
Limo	3,9-62,5 μm	$\phi = 4-8$
Arcilla	<3,9 μm	$\phi = 8-14$

4.2.1. Quebrada Las Rosas

Según lo anterior, se asigna una granulometría dominante y secundaria para cada muestra de la columna estratigráfica A de Las Rosas, para más tarde obtener tendencia granodecreciente, creciente u homogénea en sectores de la columna. El gráfico asociado a la columna se observa en la figura 4.17.

Es importante notar desde ya, que la variación de arcilla dentro de las muestras es mínima, teniendo como promedio un 4 %, por lo que el aporte de material detrítico por suspensión sería menor y no influye en gran medida en los procesos de depositación dominantes.

En resumen, la columna estratigráfica de Las Rosas, contiene en su mayoría arenas finas con intercalaciones de limos y ventanas de arenas fina con limo apreciable. Con niveles constantes de energía en la base y techo de la columna, como también tendencias granodecrecientes y grano crecientes en la parte media.

Los episodios de cambio de energía en el paleo-ambiente, asociados a cambios de granulometría, se pueden dividir en tres principalmente. El primer episodio esta marcado por un tamaño constante de granulometría mas grueso (arena fina) que refleja una energía mayor hasta la capa A3. El segundo, relacionado a un ambiente con energía más baja, donde se mantiene la granulometría de limo (de A4 a L4). Finalmente, el tercer episodio se caracteriza

por tener arenas muy finas cerca de la base y arenas limosas hacia el techo, con dos episodios de alta energía marcada por niveles de arena gruesa. (L8 presenta granodrecimiento y L9 granocrecimiento respectivamente) (de L5 a A12).

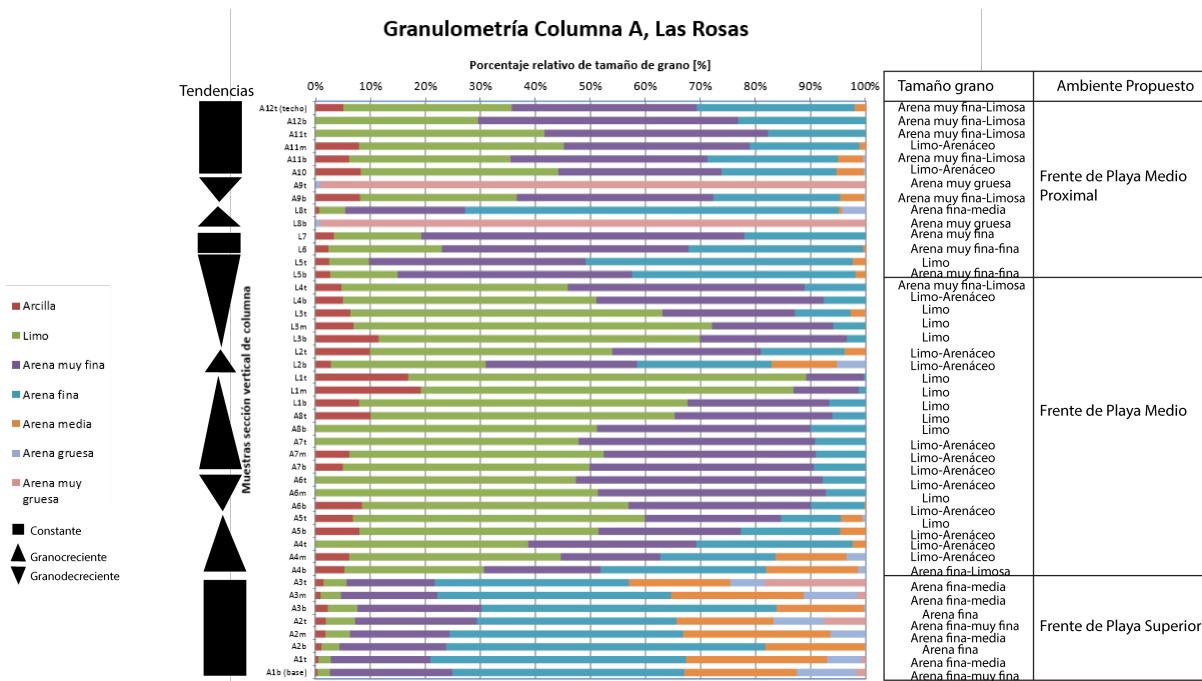


Figura 4.17: Granulometría asociada a la columna A (Las Rosas), a través del porcentaje relativo de cada moda.

4.2.2. Quebrada El Culebrón y Los Clarines

De manera análoga, para las muestras de la columna B y C, se hizo el mismo procedimiento, sólo que en este caso, la granulometría es de partes aisladas de la columna. Del mismo modo, se tienen muestras del sector de Los Clarines, correspondientes a la columna E, con muestras aisladas también. La asociación de cada muestra con el nivel estratigráfico respectivo se observa en la tabla 4.2.

Es posible observar que las muestras GNR_01, GNR_3 Y GNR_5 pertenecen a la misma facies sedimentaria (C, figura 4.11). Se observa por tanto, que los estratos de esta facies son de tamaño limo, con una moda secundaria de arena fina (20-30 % de la muestra).

Por otro lado, las muestras GNR_2 Y GNR_4 pertenecen a la columna estratigráfica B (figura 4.9). La capa WWF presenta una matriz de arena fina a muy fina, mientras que L1 es principalmente limo, con aporte de arena muy fina. De lo anterior, se tiene que luego de la capa de conglomerados, existe una disminución en el tamaño de grano.

Por último, las muestras que van desde GRN_06 hasta GRN_09 pertenecen al sector de

Los Clarines, de las facies 2 y 4. Como se observa, todas presentan una moda principal de arena fina, variando de arena muy fina o media en porcentajes menores.

Tabla 4.2: Muestras de granulometría para la Quebrada El Culebrón y Los Clarines con su respectivo nivel estratigráfico. *En la columna de Los Clarines, las muestras se identificarán con respecto a las facies definidas por Partarrieu (en prep.).

Código muestra	Localidad	Columna Estratigráfica	Nivel Estratigráfico
GRN_01	El Culebrón	C, Q. El Culebrón superior	W2
GRN_02	El Culebrón	B, Q. El Culebrón	WWF
GRN_03	El Culebrón	C, Q. El Culebrón superior	W3
GRN_04	El Culebrón	B, Q. El Culebrón	L1
GRN_05	El Culebrón	Entre C y B	Vsup (correlacionable con W1 y W2)
GRN_06	Los Clarines	E	facies 2*
GRN_07	Los Clarines	E	facies 2*
GRN_08	Los Clarines	E	facies 4*
GRN_09	Los Clarines	E	facies 4*

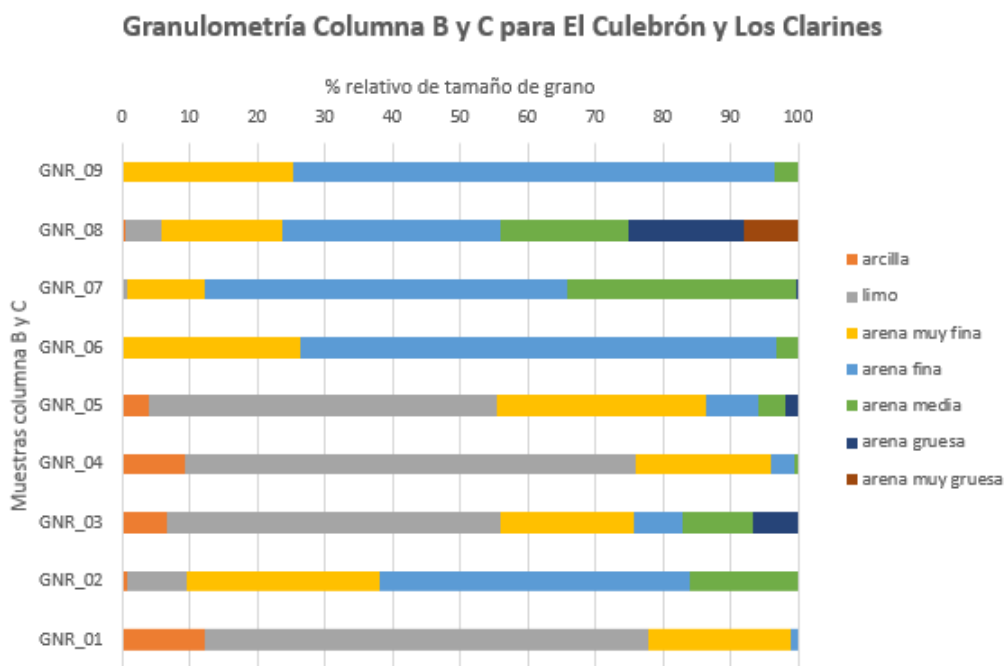


Figura 4.18: Granulometría asociada a la columna B y C (El Culebrón), además de la columna E (Los Clarines), a través del porcentaje de volumen asociado a un tamaño de grano.

4.3. Asociación de facies (AF)

A partir de las columnas estratigráficas, granulometría y facies definidas en el módulo anterior, se procede a asociar las facies que presentan una génesis común en cuanto a procesos sedimentarios implicados, icnofacies y fósiles. Se muestran las diferentes asociaciones de cada columna estratigráfica en la figura 4.19. La correlación de columnas es lito-crono-estratigráfica (Partarrieu, en prep). La altitud para cada sector se muestra en la tabla 4.3.

Posteriormente, se calcularon los parámetros granulométricos para cada asociación de facies (AF) (tabla 4.4), basado en las fórmulas de Folk y Ward (1957), se dibujó una curva promedio de todas las muestras que corresponden con una cierta AF. Por lo tanto, se calcularon estos parámetros granulométricos a partir de la curva promedio. Para AF3, no se tomó dentro del promedio la muestra L8b y A9t por alejarse mucho de las curvas de frecuencia acumulada de la asociación completa. Lo anterior se puede ver en la sección de resultados, granulometría, donde estas muestras son tamaño arena gruesa.

Tabla 4.3: Altitud de cada localidad según los puntos GPS indicados en el capítulo de introducción (ubicación zona de estudio). Datos obtenidos en Google Earth.

Localidad	Altitud [m]
Quebrada Las Rosas	38± 2
Lomas del Sauce	62± 2
Quebrada El Culebrón	81± 2
Los Clarines	84± 2

Tabla 4.4: Parámetros granulométricos para cada asociación de facies.

AF's	Mediana [ϕ]	Media [ϕ]	Selección	Asimetría	Curtosis
AF 1	2,41	2,43	1,11 Mala	0,07 Simétrica	1,52 Muy Leptocúrtica
AF 2	4,15	4,37	1,68 Mala	0,31 Muy +	1,38 Leptocúrtica
AF 3	3,32	3,54	1,41 Mala	0,40 Muy +	1,69 Muy Leptocúrtica
AF 1'	2,82	2,82	1,02 Mala	0,17 +	1,41 Leptocúrtica
AF 3'	4,81	5,15	1,71 Mala	0,36 Muy +	1,10 Mesocúrtica
AF 4'	4,65	4,92	2,08 Muy Mala	0,20 +	1,51 Muy Leptocúrtica
AF 3''	2,49	2,49	0,76 Media	0,15 +	1,39 Leptocúrtica

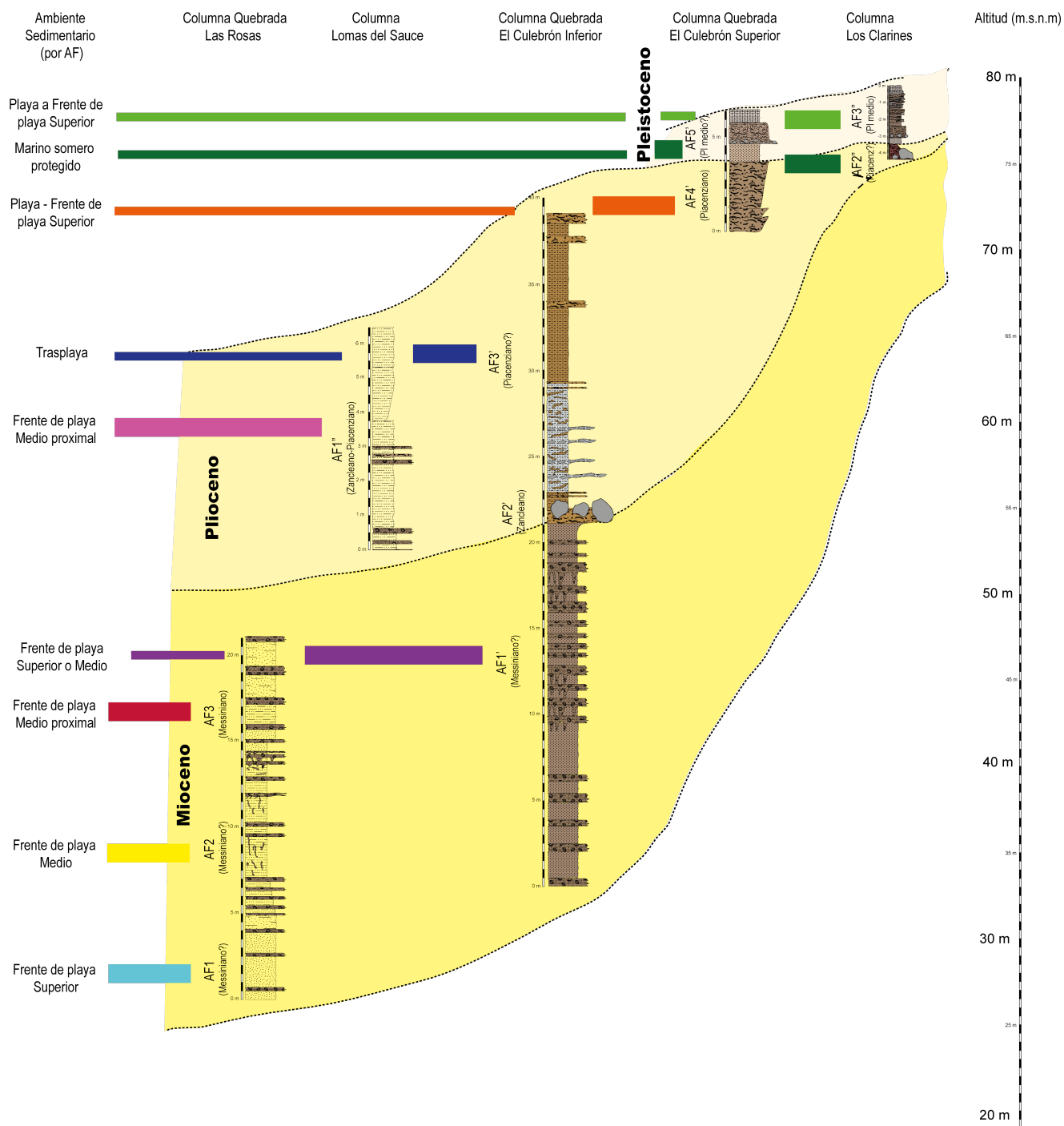


Figura 4.19: Asociaciones de facies para cada columna estratigráfica, ordenadas desde los cerros (derecha) hacia la costa (izquierda). Se presenta la elevación obtenida mediante GPS (escala de altitud en m s.n.m.). Las edades se muestran según cada AF: algunas sostenidas en dataciones de Sr, otras han sido asignadas por criterios de correlación estratigráfica (modificado de Partarrieu, en prep).

4.3.1. Quebrada Las Rosas

Para este sector, se logran identificar 3 asociaciones de facies (AF):

- **AF1:** Corresponde a la base de la columna A (fig. 4.4), abarcando a las facies 1 y 7, que corresponde del estrato A1 a C3. Estas capas constan de areniscas finas, con aporte importante de arena media y gruesa. Cabe destacar que son las únicas capas dentro de esta columna con grano más grueso, no habiendo un/una aumento/disminución significativo del tamaño de grano. Las coquinas se caracterizan por tener bioclastos fragmentados.

Con respecto al gráfico de frecuencia acumulada para AF1, se muestra la figura 4.20. Es posible observar que el principal mecanismo de transporte es de saltación, abarcando casi el 90 % del volumen total de muestra. Por otro lado, el desarrollo de la tracción y suspensión es mínima. Para el caso de esto último, concuerda con una acción notoria del oleaje, que remueve partículas finas en suspensión, pero que no haya tracción es sólo porque no existen muchas partículas pesadas en esta sección (arena gruesa a muy gruesa o más). Por otro lado, la selección es mala para esta asociación, sin embargo, la curva es simétrica, que concuerda con arenas mas bien finas, pero no es coherente con una selección mala, esto, puede deberse a la gran variedad de arenas que presentan estas capas (ver figura 4.17). Para el caso de la curtosis, que sea muy leptocúrtica muestra curvas unimodales, sugiriendo una fuente muy dominante de sedimentos.

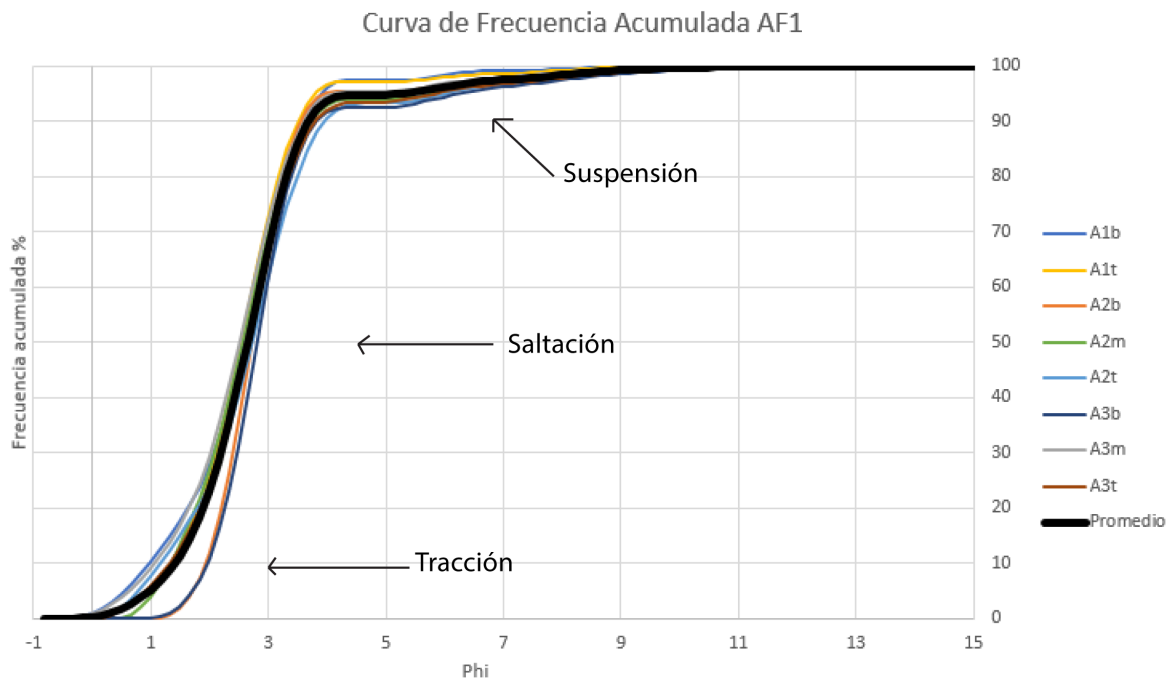


Figura 4.20: Curva de frecuencia acumulada para la AF1, correspondiente a la columna estratigráfica A.

- **AF2:** Corresponde a la parte media de la columna A (fig.4.4), abarcando a las facies

2, 3, 4, 6 y 7, que corresponde del estrato A4 a C12. Estas capas constan de limolitas, limolitas arenáceas y areniscas finas limosas que presentan gravilla local menor al 5 % en los estratos pertinentes. Se observan tendencias granodecrecientes y granocrecientes en toda la sección, con coquinas más bien disueltas. Esta es la única zona con bioturbación, con baja icnodiversidad y abundancia moderada, con predominancia de *Glossifungites* y *Ppsilonichnus*.

La curva de frecuencia acumulada para esta asociación, muestra nuevamente un transporte principal de saltación, con un 78 % del volumen de las muestras, osea menor al caso de AF1, ya que aumenta el mecanismo de tracción (6 %) y en mayor medida lo hace la suspensión (15 %). Esto podría explicarse porque las capas tienen una cantidad considerable de arena fina, que sería transportada por saltación. La tracción sin embargo, no tiene mayor sentido, ya que las partículas gruesas son mínimas, esto podría explicarse porque la curva promedio no representa del todo bien a cada curva por separado, que muestran diferentes grados de tracción.

Con respecto a los parámetros calculados, al igual que AF1, existe mala selección y curvas leptocúrticas, o sea unimodales nuevamente. Sin embargo, la asimetría resulta ser muy positiva, que sugiere un aporte mayor de partículas finas, lo que concuerda con la media de limo.

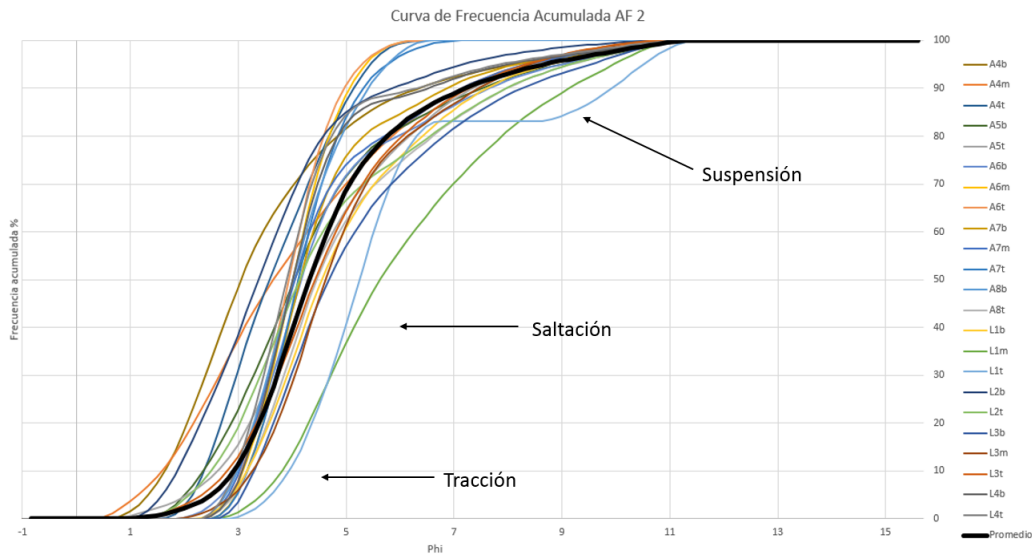


Figura 4.21: Curva de frecuencia acumulada para la AF2, correspondiente a la columna estratigráfica A.

- **AF3:** Corresponde al techo de la columna A (fig.4.4), abarcando a la facies 2, 5, 6 y 7, correspondiente por tanto, del estrato L5 a C20. En estas capas figuran con areniscas muy finas a medias, areniscas finas limosas y limolitas arenáceas. Además, existen dos niveles de arena muy gruesa. Se observa una tendencia constante de tamaño de grano, a excepción de los niveles de arena gruesa mencionado, con coquinas con bioclastos fragmentados y ciertos calcos de carga. Única zona con estructuras sedimentarias visibles,

habiendo concreciones y estratificación cruzada de bajo ángulo.

En último término, se tiene una curva de frecuencia acumulada con bastante mecanismo de saltación nuevamente (80 %), pero esta vez, existe mayor cantidad de suspensión que AF1 (18 %) y se mantiene la nula tracción (2 %). Lo anterior concuerda con arenas muy finas como principal media.

También, se muestra que AF3 presenta mala selección, con simetría muy positiva, que coincide con una sección de la columna de aporte de arenas finas y limo, o sea, con granulometría un poco más alta que en el caso anterior. La curtosis se mantiene muy leptocúrtica, por lo que existe una fuente dominante de sedimentos a lo largo de toda la sección.

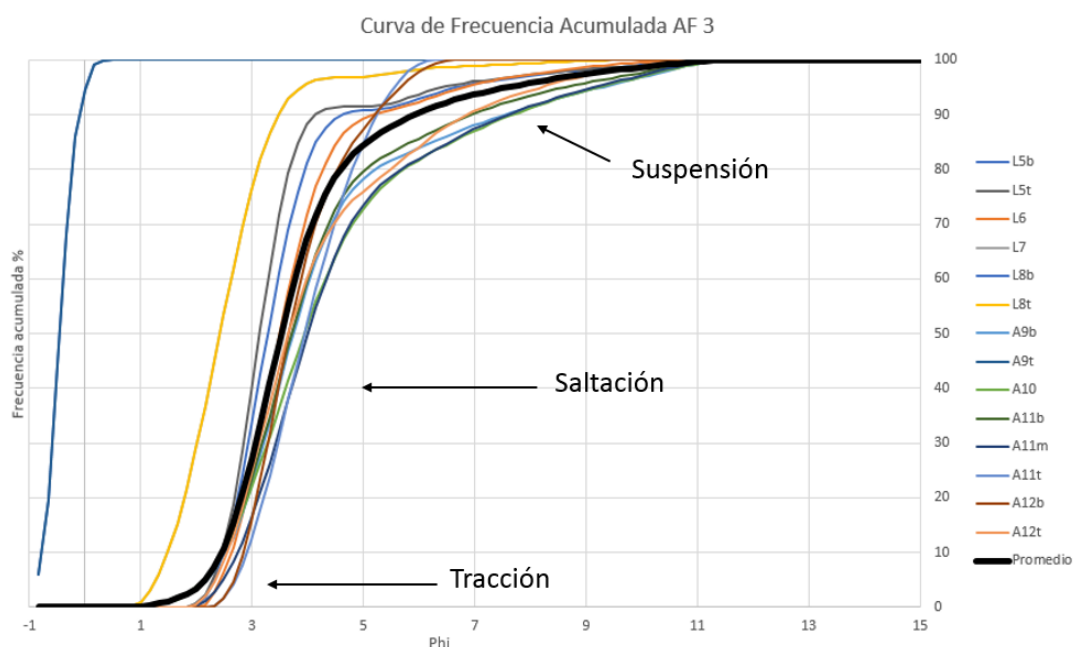


Figura 4.22: Curva de frecuencia acumulada para la AF3, correspondiente a la columna estratigráfica A.

4.3.2. Quebrada El Culebrón

Para este sector, se logran identificar 5 asociaciones de facies (AF), que incluyen las columnas B y C:

- **AF1'**: Corresponde a la base de la columna B (fig.4.9), siendo las facies 1, y 2, correspondiente por tanto, del estrato WC1 a A18. Estas capas consisten en areniscas finas y coquinas marrones, con zonas de calcos de carga.

Con respecto a la curva de frecuencia acumulada, es claro ver que el principal meca-

nismo de transporte es por saltación, teniendo un 90 % de partículas en este ámbito, mientras que la suspensión es mucho menos importante (10 %) y la tracción es nula. Lo anterior, concuerda con partículas tamaño arena fina. Por otra parte, la selección es mala, que se puede ver por la amplia gama de limo y otras arenas. La asimetría es muy positiva, que concuerda con aporte de material fino a la sección y la curtosis leptocúrtica, lo que habla de una curva unimodal que presenta un origen de sedimentos principal.

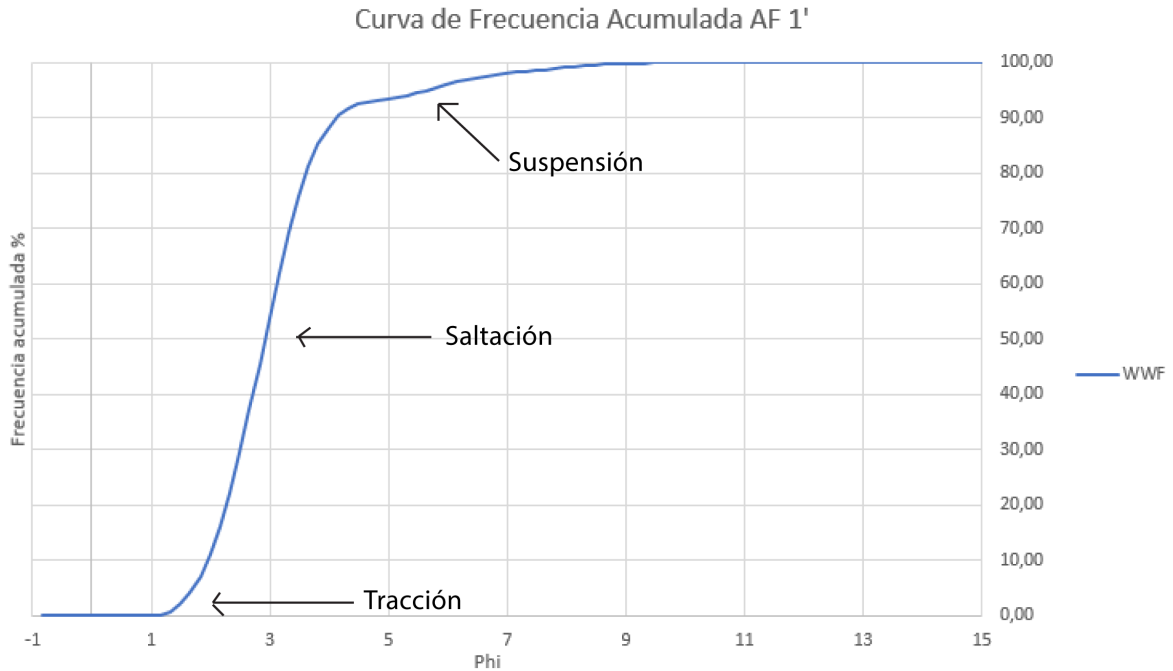


Figura 4.23: Curva de frecuencia acumulada para la AF1', correspondiente a la columna estratigráfica B.

- **AF2'**: Corresponde a la parte media de la columna B (fig.4.9), siendo la facies 3, correspondiente a la capa conglomerádica. Por lo tanto, la descripción es análoga al módulo anterior.
- **AF3'**: Corresponde a la parte media y techo de la columna B (fig.4.9), siendo las facies 4, 5 y 6, correspondiente por tanto, del estrato L1 a WC24. Estas capas constan de coquinas y limolitas marrones y grises. Existen dos icnofacies en este sector (*Coprini-sphaera* y *Scoyenia*), además de paleosuelo.

Esta asociación, al igual que AF1', presenta como principal mecanismo de transporte la saltación (73 %), y mecanismo secundario la suspensión, que concuerda con una moda principal de limo. La tracción es nula y coincide con que no haya aporte de arena gruesa. La asimetría muy positiva, que da cuenta del material más fino y una curtosis que refleja el carácter unimodal al ser leptocúrtica. Finalmente la selección es mala, lo que debería indicar un amplio rango de tamaños de grano distintos. Según lo observado en granulometría (figura 4.18), esta asociación presenta un porcentaje de limo cercana a dos tercios del total y el resto es arena, por lo que se justifica la mala selección con

la moda secundaria de la asociación.

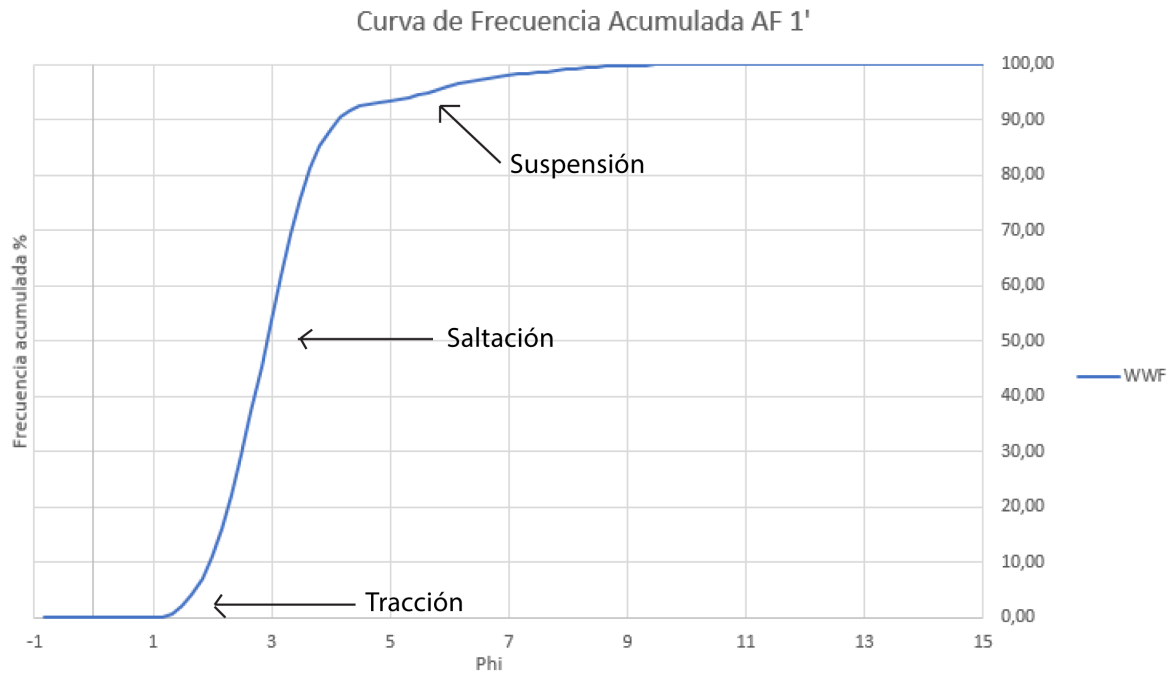


Figura 4.24: Curva de frecuencia acumulada para la AF3', correspondiente a la columna estratigráfica B.

- **AF4'**: Correspondiente a la base de la columna C (fig. 4.11), siendo la facies 1, correspondiente a los estratos W1-W3. Por lo tanto, la descripción es análoga al módulo anterior.

La asociación de la base de esta columna, presenta una curva del promedio de frecuencia acumulada con bastante desviación estándar. Por un lado, la tracción difiere de ambas muestras, teniendo W3 mayor tracción que W2, esto sin embargo, coincide con el aumento de tamaño de grano de esta sección, que propone entonces mayor transporte de material grueso. La suspensión es casi nula para ambas curvas, para esto se debe tener en cuenta que aunque las muestras tengan tamaño limo, esto hace referencia a la matriz y no a la roca completa. Con respecto a los parámetros calculados, la simetría muy positiva concuerda con el tamaño limo, mientras que sea muy leptocúrtica habla de una fuente de sedimentos dominante. Que la selección sea muy mala, sólo da cuenta de la diferencia de ambas muestras, que presentan granulometrías distintas, a pesar de tener limo como moda principal.

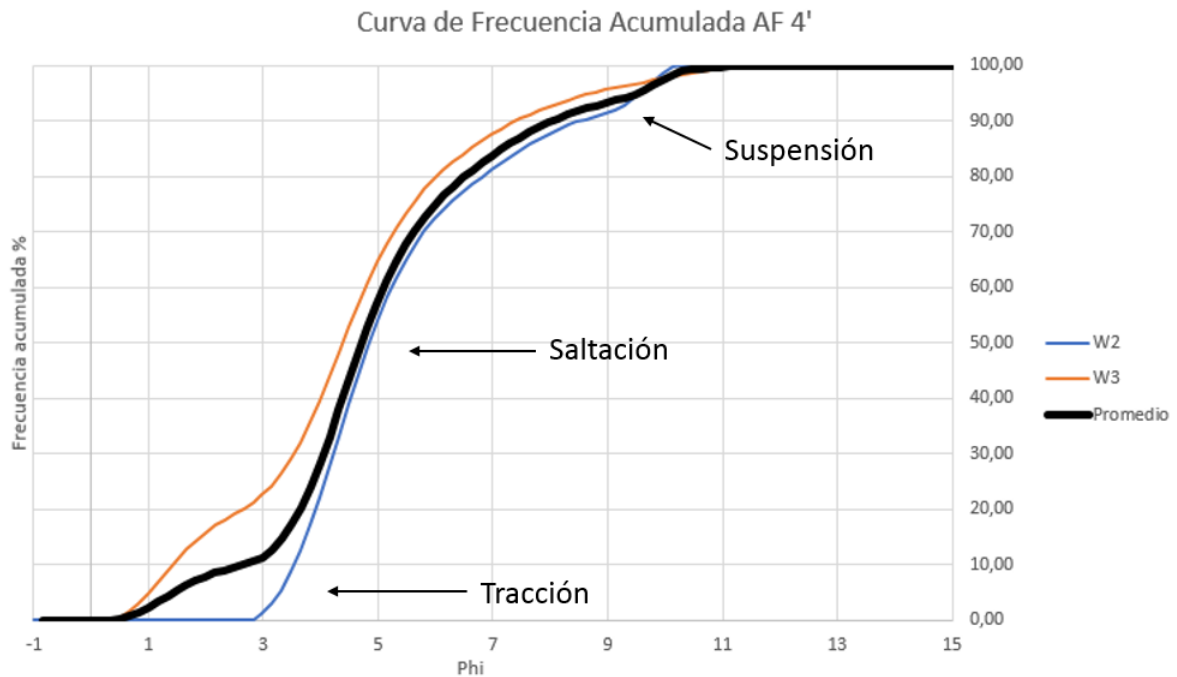


Figura 4.25: Curva de frecuencia acumulada para la AF4', correspondiente a la columna estratigráfica C.

- **AF5'**: Correspondiente al techo de la columna C (fig. 4.11), siendo las facies 3 y 4, correspondiente a los estratos Y y Z. Estas capas constan de coquina y micrita.

La facies 2 de la columna C (fig.4.11) no se añade en la discusión por ser muy pobre en información.

4.3.3. Lomas del Sauce y Los Clarines

Para Lomas del Sauce, se da una asociación completa a todas las muestras analizadas, ya que presentan una misma granulometría de arena fina, abundante micrita y microfósiles. Se asigna **AF1''** como representativa de esta asociación.

Por otro lado, se distinguen dos asociaciones para el sector de Los Clarines. La diferencia se debe a la discordancia erosional que hay entre ambas, que define distintas épocas geológicas (**AF2''** es pliocénica, mientras que **AF3''** es pleistocénica.)

Para **AF2''**, se tiene una muestra que diferencia de las demás por tener corales y cemento poikilotópico.

Para **AF3''**, se tienen muestras de abundante cemento, poca micrita, igual porcentaje

de fragmentos terrígenos y los mismos microfósiles. En este caso, la asociación presenta un mecanismo dominante de saltación (92%) y leve tracción (8%), esto coincide con muestras de arena fina y simetría positiva. Además, la selección es media y la curtosis leptocútica, que habla de una fuente dominante de sedimentos con tamaño de grano muy parecido.

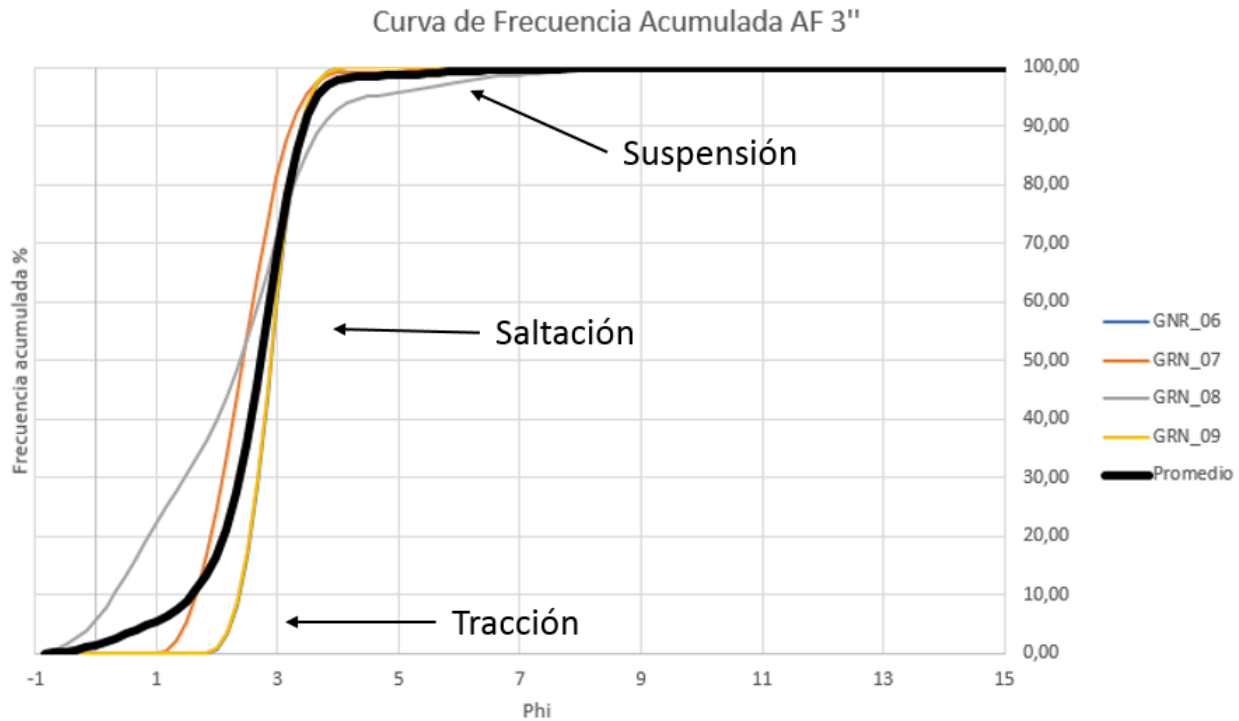


Figura 4.26: Curva de frecuencia acumulada para la AF3'', correspondiente a la columna estratigráfica E.

Capítulo 5

Discusiones

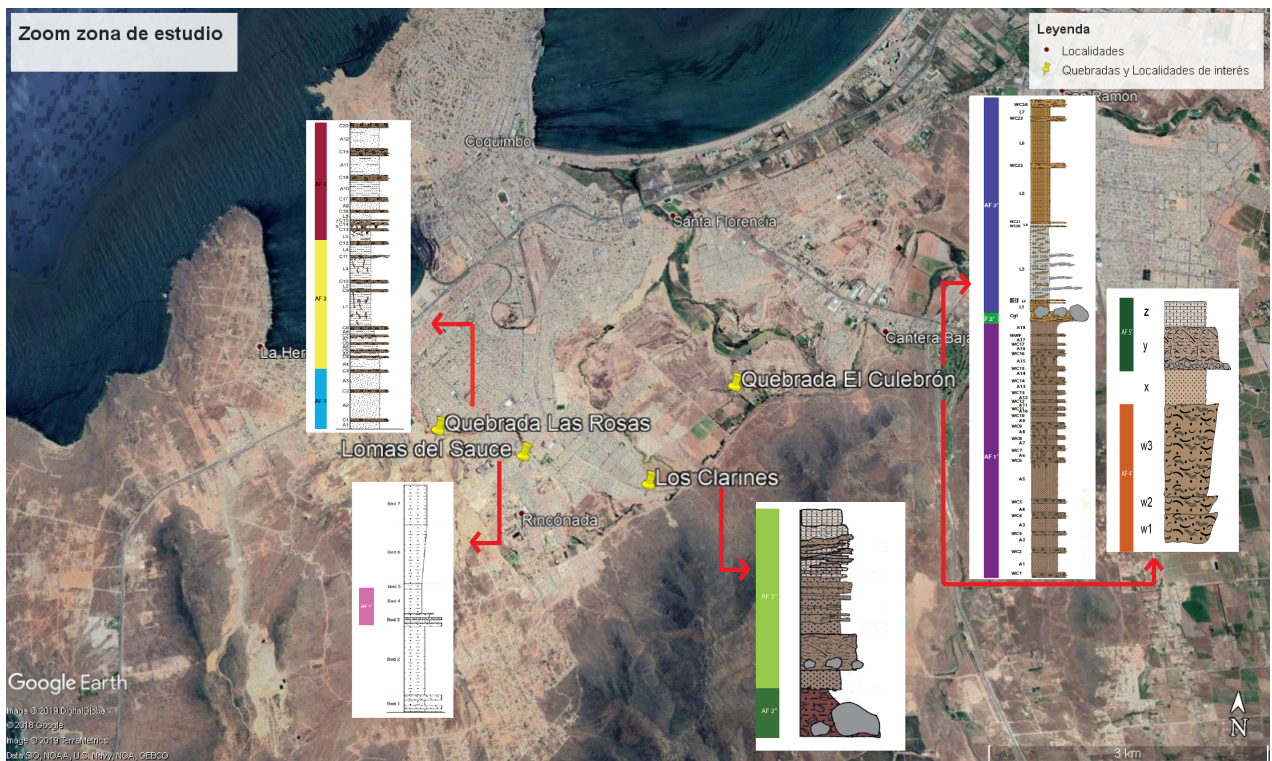


Figura 5.1: Posición geográfica de cada localidad con su respectiva columna estratigráfica y AF's.

5.1. Ambientes de depositación

A continuación, se discutirá el paleoambiente de cada zona de estudio a partir de los resultados granulométricos, estructuras sedimentarias e icnofacies en el sector. La posición geográfica de cada localidad, junto con la columna estratigráfica y AF respectiva se observa en la figura 5.1.

Por añadidura, se incluirá Lomas del Sauce (LDS) a la discusión de ambiente de Quebrada Las Rosas, ya que las coquinas descritas de LDS son análogas a las de Q. Las Rosas (Partarrieu, en prep.). Cabe mencionar que las edades usadas para las columnas estratigráficas A, B y C fueron extraídas de Partarrieu (en prep.).

5.1.1. Quebrada Las Rosas

La sección de Las Rosas, muestra lo más antiguo de las zonas de estudio, abarcando el Mioceno superior hasta el techo de la sección estratigráfica.

A groso modo, la sección de la columna A para este sector, muestra una sucesión de areniscas finas y limolitas, con dos cambios de granulometría abruptos que definen las asociaciones de facies justamente. De base a techo, AF1 cuenta con areniscas finas a medias, luego AF2 consta de limolitas y limolitas arenáceas, mientras que AF3 vuelve con areniscas muy finas limosas y limolitas arenáceas. El primer cambio se ve como una profundización del ambiente, mientras que el segundo es mas bien una somerización, ya que se asocia tamaños mas finos a ambientes más profundos que tamaños más gruesos. La columna muestra una tendencia constante para la parte cercana a la base y techo de la columna, que refleja energía constante en ese período de depositación. Por otro lado, para la parte media de la columna, se observa una tendencia rítmica granodecreciente y granocreciente, que habla de eventos esporádicos donde disminuye/aumenta la energía del ambiente, depositando material más fino y más grueso respectivamente.

El posible ambiente de depositación será visto por separado por cada asociación, ya que interactúan diferentes procesos sedimentarios y las icnofacies son distintas.

En primer lugar, para la base de la columna se tiene AF1. En este sector la única información pertinente es granulométrica. La moda principal de arenas finas, con modas secundarias más gruesas, muestran el ambiente de mayor energía para esta sección, habiendo saltación como principal mecanismo de transporte. Además, al no haber un aumento o disminución del tamaño de grano, se evidencia un flujo constante de energía. Por otro lado, la zona cuenta con un aporte dominante de sedimentos de una sola fuente por ser leptocúrtica. En último término, se sugiere que la sección AF1 sería de anteplaya superior (upper shoreface), princi-

palmente por granulometría, además de evidenciar flujos constantes de energía, que estaría por debajo de la marea baja, donde el rompiente de olas es constante, pero se necesita mayor información para respaldar esta aseveración.

En segundo lugar, la parte media de la columna A contiene a AF2. Esta sección consta de limolitas y limolitas arenosas, con clastos de grava polimíctica de tipo ígneo en la parte inferior. La moda granulométrica indica un ambiente más profundo que el anterior, pero los aportes de material tamaño grava muestran que no debe ser una zona tan profunda, ya que existen aportes de flujos continentales esporádicos. El principal transporte es por saltación y suspensión, que concuerda con la moda principal, sin embargo no se toma en cuenta las gravas para estas curvas, ya que no se analizan en el granulómetro. Por otra parte, esta es la sección con mayor contenido de icnofósiles, presentando principalmente icnofacies como *Glossifungites* y *Psilonichnus*, con baja diversidad y abundancia moderada. Estas icnofacies están caracterizadas por ser de un territorio con exposición subaérea, con aportes de precipitación o tormenta, donde la transición entre marino y continental es fuerte. En efecto, existiría una exhumación erosiva de sedimentos previamente enterrado. Recopilando lo anterior, se propone un ambiente tipo frente de playa medio (middle shoreface), básicamente porque el tipo de grano es más fino, propio del frente de playa en general, pero no existe mayor desarrollo de icnofósiles ni de estructuras para calificar en una antecosta, ni tampoco en la parte inferior del frente de playa, que tiene estructuras mucho más determinantes (como estratificación hummocky) e icnofacies con trazas más horizontales, como *Cruziana*.

En tercer lugar, la parte superior de la columna A contiene a AF3. En este caso, se tienen areniscas muy finas y limosas, además de limolitas arenosas con tamaño de grano más o menos constante. Esta asociación por tanto, presenta un nivel constante de energía, dentro de un ambiente más somero que AF2, por ser más grande el tamaño de grano, además de observar dos capas (L8b y A9t) que presentan arena gruesa, que indica un aporte continental muy próximo. En concreto, las estructuras sedimentarias sólo fueron observadas en esta parte de la columna. Éstas no son muchas en la zona, habiendo estratificación cruzada de bajo ángulo, concreciones y calcos de carga. En cuanto a la estratificación, expone una zona, marina en este caso, con un régimen de flujo (olas) oscilatorio de baja-moderada energía (cuando hay buen tiempo) a alta energía (período de tormenta). Por otra parte, las concreciones prueban que existe un período de hiatus deposicional, ya que son estructuras post-deposicionales (Raiswell and Fisher, 2000). Según los estudios de Garcés (2018), las concreciones en la Fm. Coquimbo, son eogenéticas (diagénesis temprana) con hiatus deposicional para su desarrollo, pero de corta duración o interrumpidos. Más aún, los análisis hechos en LDS, muestran una profundidad máxima de 200 m (Arche, 2010) por la presencia de glauconita con dolomitización. Los calcos de carga evidencian que las capas inferiores son menos competentes, por lo que tienden a deformarse, pero esto no está ligado con un proceso energético claro. Con lo anterior, se sugiere un ambiente tipo frente de playa medio (middle shoreface) proximal, con mayor energía que AF2, principalmente por el tipo de grano que creció, pero sigue mostrando un decrecimiento de grano y las estructuras muestran una energía baja.

Por otro lado, las coquinas analizadas en LDS mediante cortes transparentes, muestran

abundante micrita, que refleja un ambiente de baja energía nuevamente y aguas protegidas. Lo anterior justifica el hecho de tener una granulometría fina en ambiente protegido, pero más bien somero que se ven reflejado en el tipo de icnofacies y estructuras.

También, al notar el grado de fragmentación y disolución de coquinas, es posible ver que la fragmentación es mayor en AF1 y AF3, donde el tamaño de grano es mayor, mientras que la disolución es intensa en AF2, donde se tienen las partículas más finas del sector.

Debido a lo anterior, se propone que en las zonas de mayor fragmentación, existe mayor retrabajo durante la sedimentación con moderada a alta energía. Otra forma, sería que estos bioclastos están más expuestos a la tafocenosis (formación de coquina con transporte e in situ), por lo que existe más tiempo para que los bioclastos se fragmenten (Tavares et al, 2015). Del mismo modo, Kidwell et al. (1986), define 3 tipos de formación de coquina (por concentración de fósiles), que a su vez, pueden mezclarse. En el caso de las coquinas con mayor fragmentación, se observa abundante material terrígeno en la matriz, que corresponden a procesos de formación sedimentológicos, típicos en ambientes de playa y frente de playa.

Al contrario, la zona de mayor disolución, está marcada por procesos diagenéticos, donde los procesos físicos y químicos actúan después del enterramiento, por lo que estas coquinas se habrían formado una vez enterrado el material biogénico, sin mayor exposición superficial ni acción de retrabajo (que impide la fragmentación). El proceso principal en este tipo de coquinas es la compactación, que coincide con tener matriz fina, además de solución por presión selectiva de la matriz en limolitas bioclásticas. Dicho lo anterior, se sugiere que la disolución genera una porosidad secundaria, ya que luego de compactar las coquinas, disuelve material dejando nueva porosidad. Sin embargo, no es posible dar un aporte de paleoambiente para este tipo de proceso, ya que puede ocurrir siempre, siendo más bien un aporte en cuanto a procesos diagenéticos de enterramiento y/o presión.

El cemento tipo Bladed es típico de un ambiente diagenético marino freático (aguas someras) o marino vadoso, por lo que la cementación podría ser tanto secundaria como primaria, ya que los ambientes depositacionales descritos no se encuentran a más de 80 m de profundidad, que corresponde con el ambiente diagenético. Lo anterior sugiere que no es posible identificar una sobrepresión por algún evento deformativo o enterramiento.

5.1.2. Quebrada El Culebrón

Para el caso de El Culebrón, se partirá hablando de la sección más antigua, o sea, la columna B, que corresponde al Mioceno superior y Plioceno.

En general, de base a techo, la sección muestra una somerización del ambiente, evidenciado

por las icnofacies reconocidas en AF3'. Lo anterior, se condice con que AF1' es más profundo y AF2' se sugiere como un evento particular de alta energía pero depositado rápidamente.

Los icnofósiles *Taenidium* isp. y *Coprinisphaera* isp. de AF3', muestran trazas de artrópodos que indican que los sedimentos son expuestos al aire o periódicamente inundados, siendo típicos de ambientes transicionales marino-continental, como canales abandonados o zonas de inundación fluvial (Buatois y Mángano, 2011). Por otro lado, los rizolitos, rizoconcreciones y rizohalos, corresponden a paleosuelos de caliche en ambientes marinos someros, que se forman por bajadas en el nivel del mar (Flügel, 2010).

La granulometría principal es de areniscas finas y limolitas, que según la granulometría, muestra limos en la sección AF3' y arena fina para la matriz de las coquinas en AF1'. Al ser el principal mecanismo de transporte la saltación en ambas asociaciones, se relaciona con eventos esporádicos de flujos de agua, que provienen de una fuente principal de sedimentos.

Además, AF3' presenta mayor fragmentación de sus bioclastos, que como se mencionó en Las Rosas, prueba un ambiente de mayor energía con retrabajo del sedimento. Lo anterior concuerda con limolitas, ya que si bien se asocian a ambientes más profundos, de igual forma se dan en ambientes transicionales, en zonas de inundación. En último término para AF3', existen niveles de conglomerados en la capa L3 de limolita, que podrían ser un aporte fluvial. Sumando todos los factores, se propone como ambiente para la asociación AF3' una trasplaza (backshore), sin embargo, no se descarta un ambiente como frente de playa superior, que podría justificarse con estructuras sedimentarias, las cuales no se identificaron en ninguna parte del afloramiento. Para AF1' falta mayor información para discernir un ambiente, pero se recomienda un ambiente marino, mas propio de frente de playa superior o medio (upper o middle shoreface), por la granulometría de la matriz de la coquina que fue muestreada y aspecto del depósito, pero no presenta icnofósiles ni estructuras sedimentarias que justifiquen mas allá de estas suposiciones.

Para AF2', se piensa que es un evento particular en la sección, con un transporte de sedimentos tan grande, que sólo podría haberse trasladado en algún sismo, avalancha, remoción, tsunami u otro evento de este mismo calibre, llegando estos bolones a la altura del mar (matriz de coquina). Lo más probable es que haya sido un sólo evento, ya que los clastos se encuentran alineados y son monométricos.

Del mismo modo, para la parte pliocénica y pleistocénica de El Culebrón superior, se tiene la columna C.

En el primer caso, la asociación AF4' presenta una sucesión granocreciente rítmica hacia el techo, lo que indica un aumento de la energía en general (capas superiores con menor cantidad de finos, siendo limolitas cada vez mas arenosas), como aumentos esporádicos, que sugieren a su vez, somerizaciones de ambiente. La matriz de las coquinas, al ser capas ca-

da vez más arenosas, se ve reflejado en el transporte principal por saltación, más menos la tracción que generaría algunas partículas más gruesas. La cantidad de fragmentos líticos es considerable en estas capas (30 % de la muestra), existiendo un gran aporte continental en este sector. En resumidas cuentas, AF4' representa un ambiente marino somero, como playa o frente de playa superior (foreshore o upper shoreface), sin embargo, no se puede decir algo más específico, ya que no se observan estructuras sedimentarias.

En el segundo caso, la asociación AF5', muestra un ambiente protegido de más baja energía, por la abundante micrita en cortes. Aparecen bivalvos, briozoos y equinodermos, que no es suficiente para acotar un ambiente marino. No obstante, el cemento también es cercano a 30 % de la muestra y el tipo de éste comprueba un ambiente diagenético meteórico vadoso, reflejado en el considerable porcentaje de poros. Por tanto, lo más probable es que este cemento se habría formado secundariamente a la roca en sí, ya que es bastante superficial, mientras que los aloquemos tienen un rango de profundidad muy amplio dentro de lo marino. Dicho lo anterior, se concluye que el ambiente podría estar relacionado con un ambiente marino protegido, pero falta información para dilucidar entre uno u otro.

5.1.3. Los Clarines

La última zona estudiada, consta de dos asociaciones de facies separadas por una discordancia erosional. La base corresponde al Plioceno, mientras que hacia el techo es pleistocénica.

AF2'' muestra una coquina esparítica no fragmentada, pero con un aporte de material terrígeno significativo, lo cual refleja un ambiente próximo a lo continental, pero sin mayor energía para no fragmentar los restos biogénicos, o sea más bien protegido. Los cementos reflejan un ambiente diagenético meteórico vadoso, por lo que se propone primario, ya que coincide con un ambiente depositacional somero y protegido. En resumidas cuentas, se plantea un ambiente marino somero protegido para AF2'', pero falta información para dilucidar entre uno u otro.

AF3'' muestra areniscas calcáreas y coquinas de tipo intraesparitas, biomicrita, bioesparita y arcosa lítica. Los bioclastos tienden a disminuir su grado de fragmentación hacia el techo, mientras que los fragmentos líticos también disminuyen. Lo anterior, estaría indicando un ambiente de menor energía hacia el techo, por el bajo aporte continental y el poco retrabajo de los bioclastos. El principal mecanismo de transporte es saltación, que confirma un ambiente marino somero, más la acción de las olas como medio transporte de este sedimento y buena selección.

Por otro lado, los cementos indican un ambiente meteórico vadoso (caso de bioesparitas) y freático continental (caso de biomicritas), que se encuentran en el techo de la columna. Se plantea que el existe cemento primario para el caso vadoso meteórico y secundario para el

freático continental, principalmente por que el primero coincide con ambientes de depositación marino somero y el segundo se encuentra más profundo, pero al ser continental sugiere un enterramiento posterior, que además protegió a la matriz micrítica de la roca.

Todavía más, juntando todas las estructuras presentes (laminación paralela planar, laminación cruzada planar, laminación cruzada en artesa y estratificación cruzada ondulítica), se tiene un ambiente de moderada a alta energía dominada por el oleaje.

Sumado todo lo anterior, se semeja a una playa (foreshore), con un frente de playa superior (upper shoreface) acercándose al techo de la columna, principalmente por la granulometría de arena fina a media, aumento de energía hacia la base con prácticamente nula micrita, que sería removida por la acción de olas en la playa, además de la disminución del aporte continental en material clástico. Los casos de biomicrita, como se dicho anteriormente, podrían estar ligados a enterramiento rápido del sedimento, actuando procesos diagenéticos solamente.

5.2. Evolución paleogeográfica (Mioceno superior - Pleistoceno) de la costa de Coquimbo

Resumiendo, existen diferentes niveles de ambientes de depositación que varían a lo largo del tiempo y espacio (ver figura 5.1, figura 4.19 y tabla 4.3 que relacionan ambas variables). De este modo, es clave evidenciar ciertos episodios tectónicos o cambios del nivel del mar, que fuerzan a generar un nuevo ambiente de depositación.

Para comenzar, se tiene un nivel más antiguo miocénico correspondiente a Las Rosas, que grada de un frente de playa superior (AF1) a frente de playa medio proximal (AF2 y AF3). Al mismo tiempo que AF3, en El Culebrón inferior, la sección miocénica de AF1' mantiene el ambiente marino somero de un frente de playa, en este caso podría ser superior como medio, ya que al no reconocer estructuras ni icnofósiles, no se puede aseverar uno o lo otro totalmente. Esta sección del Culebrón inferior grada a una posible trasplaya pliocénica, somerizando el ambiente (AF3'), separado de un evento de alta energía, como un sismo, avalancha, remoción, tsunami, etc (AF2'). Enseguida, El Culebrón superior pliocénico profundiza a un ambiente marino somero, como playa o frente de playa superior (AF4'), hasta que en niveles más jóvenes, pleistocénicos, cambia la configuración geomorfológica de la zona, ya que se propone un ambiente marino somero protegido (AF5'). Lo anterior también se observa en Los Clarines, en su base pliocénica, por lo que este cambio geomorfológico de aguas abiertas a protegidas empezó a ocurrir primero en esta zona que es pliocénica (AF2''). Por último, la sección pleistocénica de Los Clarines, presenta un ambiente nuevamente de aguas abiertas, con una playa (foreshore) en la base, gradando a un frente de playa superior (upper shoreface), ocurriendo por tanto, una profundización del ambiente dentro de esta asociación (AF3'').

Cabe mencionar que una parte de la sección del Culebrón superior se deposita al mismo tiempo que Los Clarines, específicamente AF4' es simultáneo con AF2'' y AF5' lo es con AF3'', que muestra cambios geomorfológicos locales dentro de la costa de Coquimbo y no alteran el nivel de la línea de costa, habiendo coherencia en lo propuesto.

La evolución paleogeográfica de la costa de Coquimbo durante el Mioceno superior a Pleistoceno se observa en la figura 5.2, 5.3 y 5.4.

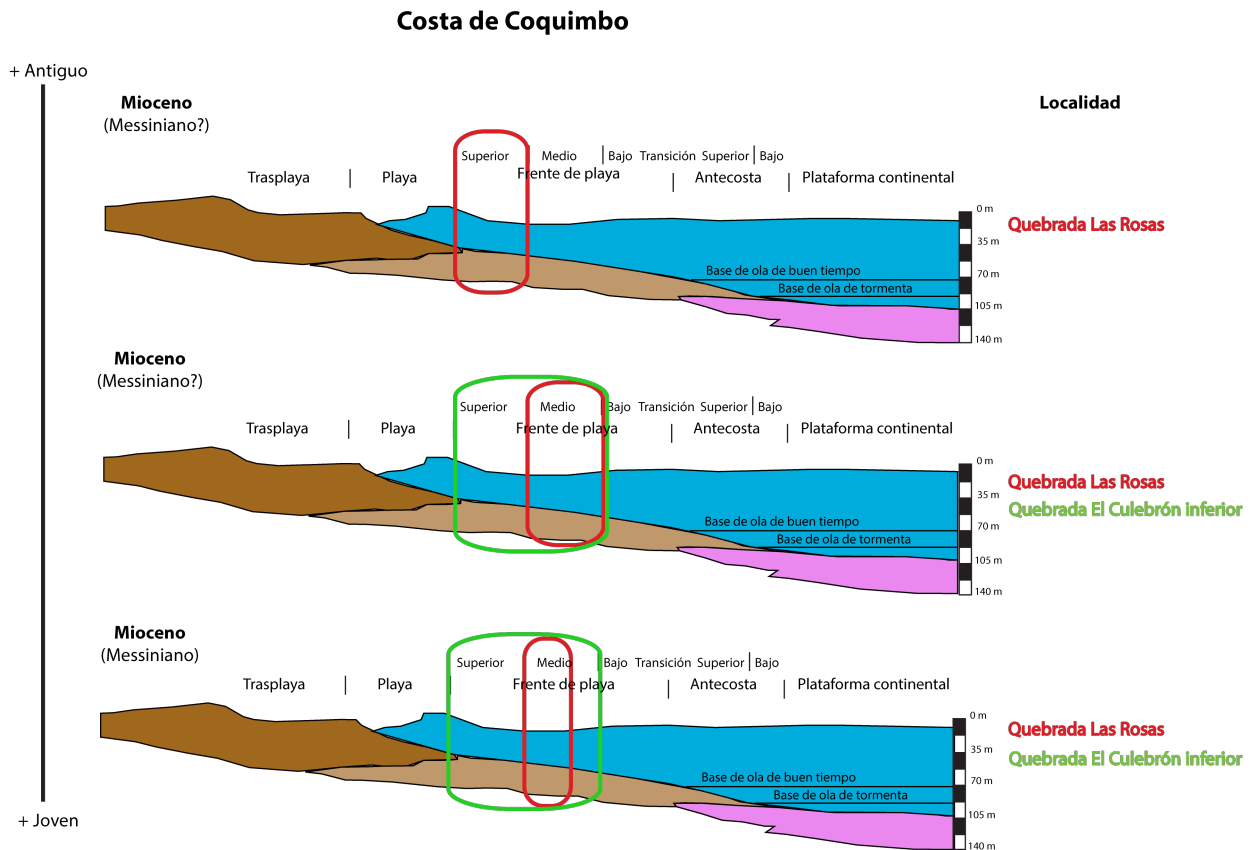


Figura 5.2: Evolución paleogeográfica de la costa de Coquimbo durante el Mioceno superior, que relaciona la altitud en el momento que se depositan las diferentes asociaciones según el paleoambiente propuesto.

La evolución geográfica, junta con las somerizaciones y profundizaciones del ambiente, son para el caso de los ambientes de deposición propuestos, sin embargo, no se descarta que en ciertas AF's los ambientes sean un poco más profundos o someros, ya que al no tener suficientes estructuras sedimentarias, la determinación del ambiente no es del todo absoluto. En particular, AF3', perteneciente al techo de la sección de El Culebrón inferior (columna B), podría ser un frente de playa superior o medio, que mantendría el ambiente y por tanto la línea de costa. Se ha propuesto un ambiente de trasplaya por la asociación de icnofósiles presentes y la granulometría que sugieren zonas de inundación fluvial o canales abandonados, que tiene soporte por los niveles conglomerádicos en capa L3 (ver columna B, figura 4.9).

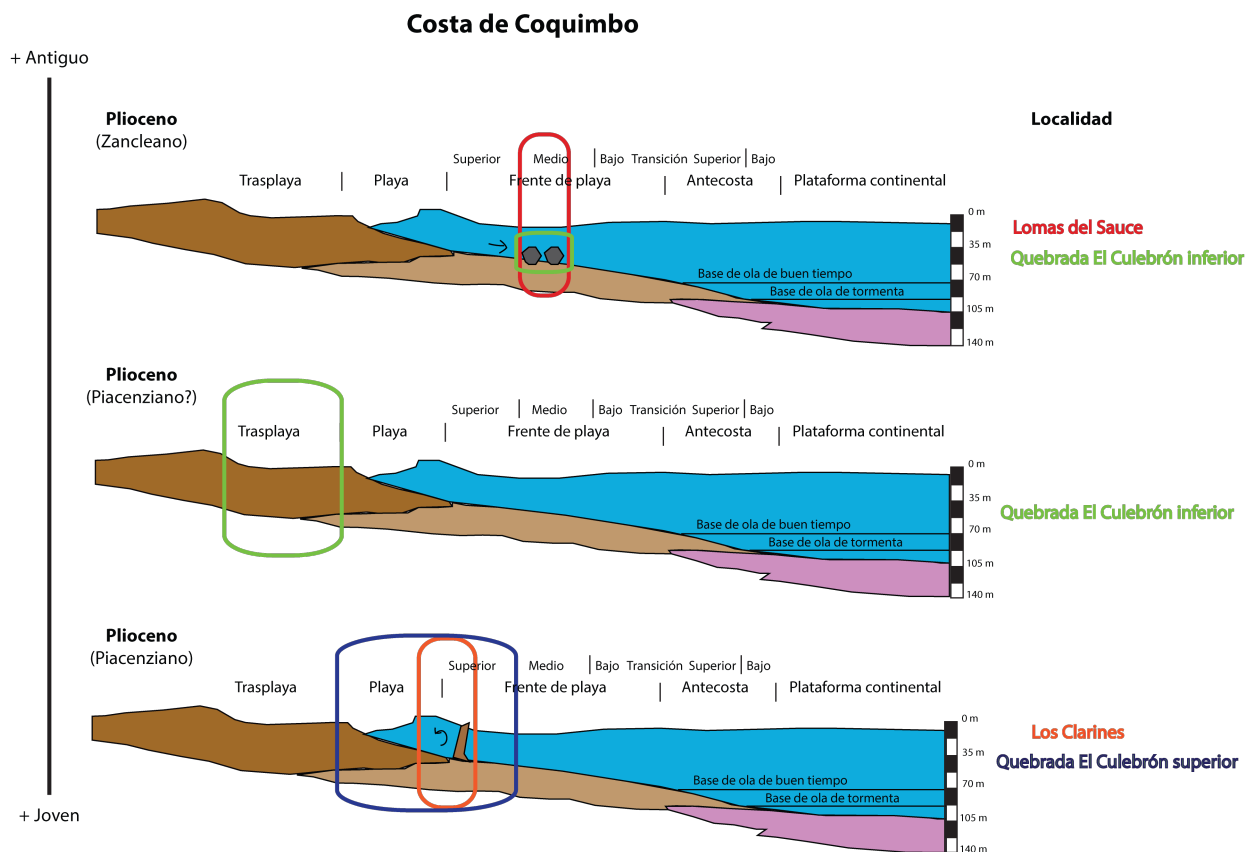


Figura 5.3: Evolución paleogeográfica de la costa de Coquimbo durante el Plioceno, que relaciona la altitud en el momento que se depositan las diferentes asociaciones según el paleoambiente propuesto.

Costa de Coquimbo

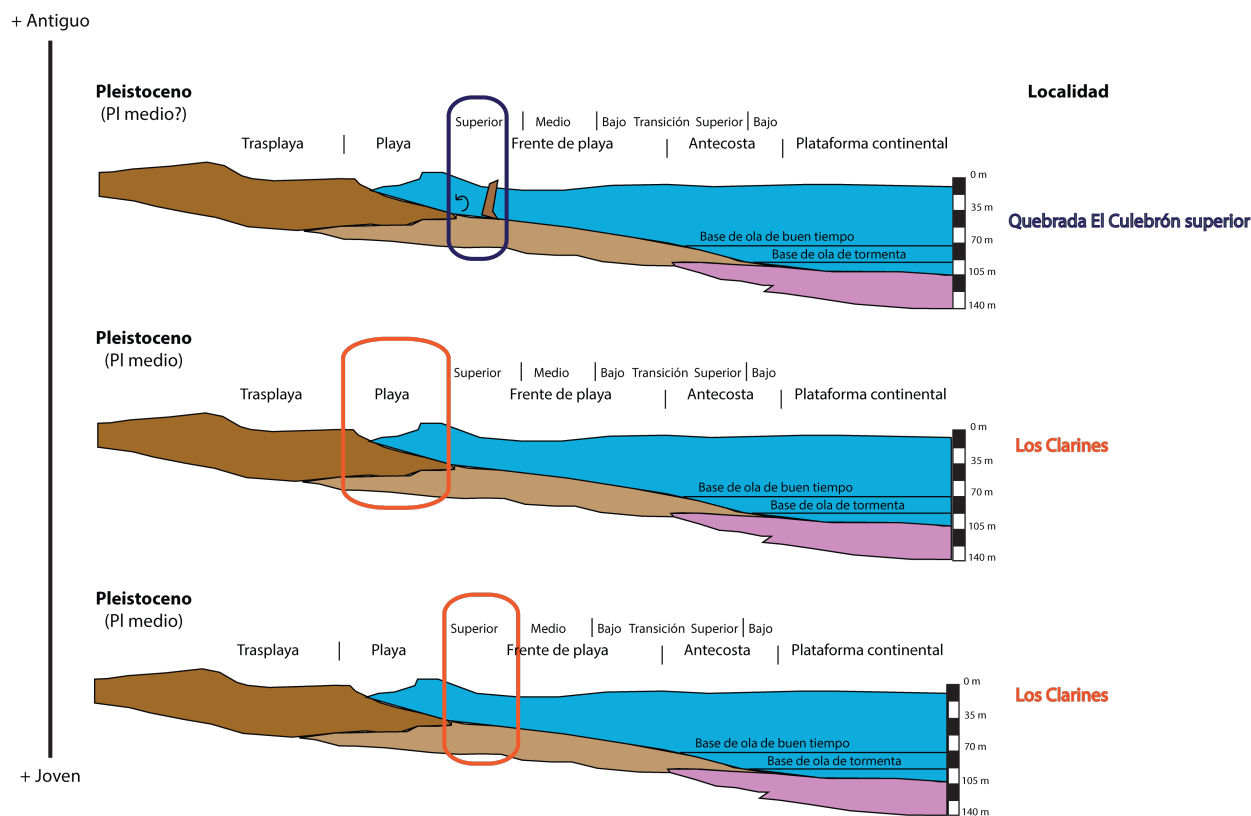


Figura 5.4: Evolución paleogeográfica de la costa de Coquimbo durante el Pleistoceno Medio, que relaciona la altitud en el momento que se depositan las diferentes asociaciones según el paleoambiente propuesto.

5.3. Parasecuencia estratigráfica: Sobre tectónica y cambios del nivel del mar

Como se ha mencionado en el módulo anterior, los paleoambientes evidencian cambios significativos en el nivel del mar y/o tectónica global/local. Es por esto, que en primera instancia, se mencionan los principales eventos ocurridos en el período Mioceno-Pleistoceno.

En primer lugar, según la recapitulación de cambios ambientales ocurridos en el Terciario, hecho por Le Roux *et al.* (2012), se presentan dos eventos importantes: MPW en el Mioceno superior-Plioceno de calentamiento global de las aguas y PC en el Pleistoceno de enfriamiento global de las aguas, que aumentarían la actividad tectónica de la dorsal oceánica en el primer caso. Sumando esta información a las curvas globales del nivel del mar (Handerbol *et al.*, 1998), ocurre una baja en el nivel eustático del mar durante el Mioceno superior (Messiniano), con una baja eustática de 20 m aproximadamente, luego en el Plioceno, el mar retrocede cerca de 30 m con respecto al punto anterior. Posteriormente, en el Pleistoceno, el mar sigue retrocediendo, esta vez cerca de 25 m con respecto al punto inicial.

En segundo lugar, se toman en cuenta los períodos de alzamiento/subsidencia tectónica que ocurrieron debido al paso del ridge de Juan Fernandez y una posible meseta oceánica flotante sobre-engrosada (Le Roux *et al.*, 2005).

Según los estudios de Le Roux *et al.*, 2005, el ridge pasa por la zona de Carrizalillo (al norte de Coquimbo) hace 11,8 Ma aproximadamente, mientras que por Tongoy, lo hace hace 10,5 Ma aprox. Usando proporciones, según la distancia entre las localidades y asumiendo una velocidad constante de la migración del ridge, éste debería haber pasado por Coquimbo hace 10,6 Ma (Tortoniano, tomando punto de referencia la Quebrada Las Rosas). Por otro lado, Le Roux *et al.*, 2006, propone un período de alzamiento producto del ridge de 4,1 Ma para Carrizalillo y 3,6 Ma para Tongoy, asumiendo una edad similar para Coquimbo, el ridge terminaría de pasar a los 7 Ma aprox. (Messiniano), terminando con el período de alzamiento y empezando un período de subsidencia.

Esto indica que cuando la Formación Coquimbo se deposita en Coquimbo, existía una etapa de post-ridge, que genera un período de subsidencia. Lo que se tiene en el trabajo mencionado, es un descenso del territorio continental de 120 m para la costa por la subsidencia.

Por otro lado, existe un alzamiento en el Pleistoceno registrado en Carrizalillo a los 2,4 Ma y en Tongoy a los 2,1 Ma, el cual se asocia a una dorsal oceánica similar al de J.F (Le Roux *et al.* 2005). De manera análoga, en la bahía de Tongoy se produjo un alzamiento de 58 m sobre el nivel del mar.

Ahora bien, según los hechos mencionados en el caso del Mioceno superior-Plioceno, la subsidencia provocada por el ridge de J.F es mayor que la baja del nivel eustático del mar, por lo que aumenta el nivel de acomodación en esta zona (Catuneanu, 2002), provocando una profundización del ambiente.

De la misma forma, en el Pleistoceno inferior (Gelasiano), el alzamiento provocado por la dorsal oceánica, sumado a la baja del nivel global del mar, provoca una regresión forzada con progradación, que provoca una somerización del ambiente ligada al paso de esta dorsal oceánica.

Para ahondar en el tema, se realiza parasecuencia estratigráfica en la columna A de Las Rosas, siendo ésta la más completa para definir secuencias "transgresiva-regresiva"(T-R). Estas unidades sedimentarias se muestran en la figura 5.5.

Cada secuencia, evidencia un período de transgresión seguido de un período de regresión, definido a partir de cambios granulométricos, que muestran una secuencia granodecreciente

hacia el techo, seguido de una secuencia granocreciente hacia el techo. De manera inversa, una secuencia R-T define justamente una regresión seguida de una transgresión. Se observan dos secuencias T-R y una secuencia R-T.

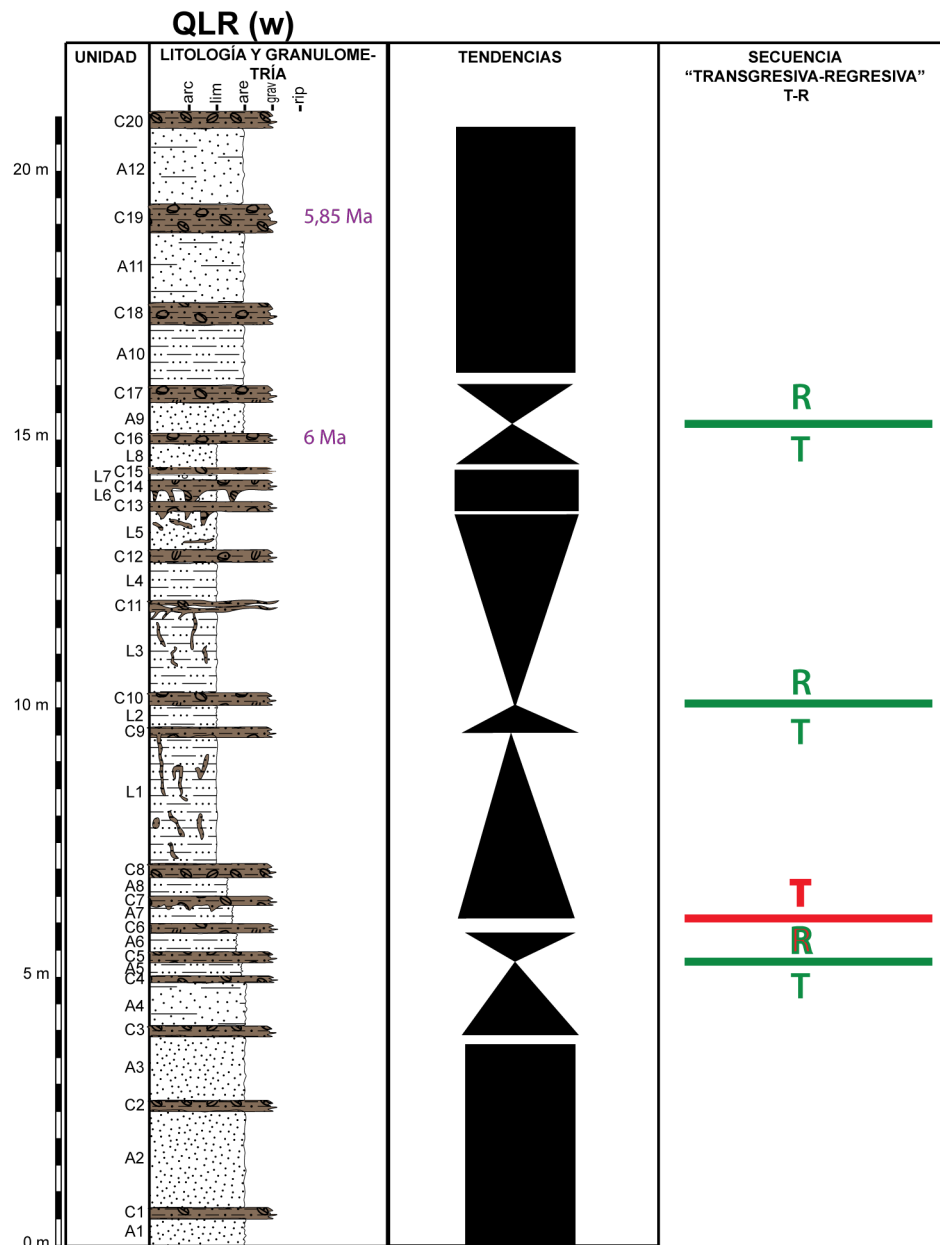


Figura 5.5: Secuencias T-R y R-T para la columna A, localidad de Las Rosas.

Asimismo, la primera y la segunda secuencia T-R propuestas, además de la secuencia R-T, de base a techo, están contenidas en AF2, mientras que la tercera secuencia T-R está contenida en AF3. Según las dataciones de Partarrieu (en prep.), el estrato C16 de la columna A, presenta una edad miocénica superior (6,0 Ma aprox.) y el estrato C19 una edad miocénica superior (5,85 Ma aprox.). Añadiendo a esto los eventos tectónicos y climáticos mencionados, la zona de estudio se encontraría en transgresión, ocurriendo una notable profundización del

ambiente (toda capa con menos de 7 Ma), donde ocurre el término del paso del ridge de J.F. Justo anterior a esto, ocurriría una regresión, que somerizó el ambiente producto de este evento. En definitiva, el término del paso del ridge estaría marcado por la única secuencia R-T de la sección, marcando la profundización del ambiente. Lo que respecta a las dos secuencias T-R que siguen hacia el techo, éstas sólo podrían explicarse por una somerización producto de un leve cese de la subsidencia por el ridge (los motivos no se discutirán en el presente estudio) y así solo queda la caída del nivel global del mar como responsable.

Volviendo a los hechos mencionados, primero se tiene un período largo de subsidencia en el Mioceno superior-Plioceno inferior y comienza un alzamiento en el Pleistoceno. Según las dataciones de Partarrieu (en prep.), las asociaciones de facies AF1' y AF3' (El Culebrón inferior), presenta una edad miocénica superior y pliocénica respectivamente, añadiendo que ocurre una somerización del ambiente, pasando de un ambiente marino en la base propiamente tal (AF1'), a una trasplaya (AF3', techo de la columna B), por lo que necesariamente debería existir un factor que provoque el avance de la línea de costa continente afuera. Ya se sabe que no es una baja del nivel global del mar (es un efecto menor comparado con la subsidencia), ni tampoco se ha evidenciado un alzamiento producto de una meseta oceánica nueva, por lo que sólo se atribuye esta somerización a una colmatación de la cuenca, la cual podría atribuirse a un agente suficientemente erosivo en el continente, para no dar paso a remover estos sedimentos del lugar, si no más bien acumularlos.

Por otra parte, en El Culebrón superior (AF4' y AF5') ocurre un cambio geomorfológico local, que cambia el ambiente marino somero de aguas abiertas a protegidas, no habiendo una somerización o profundización propiamente tal. Lo anterior se puede explicar por erosión gradual en el tiempo, como también una destrucción instantánea por algún evento sísmico y/u otro estilo similar, que remueve la barrera que mantiene una zona marina protegida.

En último caso, para el sector de Los Clarines, se analiza la parte netamente del Pleistoceno Medio (AF3''), ya que AF2'' pliocénica, está delimitada por una superficie erosiva. De esta forma, en el Pleistoceno Medio, se debería encontrar una somerización del ambiente si se toma en cuenta la caída del nivel global del mar para todo este período. Sin embargo, el alzamiento producido por la dorsal oceánica propuesta por Le Roux et al. (2005) ocurre en el Pleistoceno inferior, o sea, antes de la depositación de esta sección de Los Clarines, por lo que podría ser una sedimentación en etapa de subsidencia producto de la migración de la dorsal oceánica, concordando así con una profundización del ambiente (correspondiente a AF3'').

Capítulo 6

Conclusiones

En definitiva, se ha llevado a cabo estudios de propiedades físicas y análisis de facies en sedimentos neógenos marinos de la Formación Coquimbo (30°S), para dilucidar su significado paleoambiental y determinar implicancias tectónicas.

En primer lugar, se estudiaron cuatro zonas en la ciudad de Coquimbo, que agrupaban cinco columnas estratigráficas. A partir de lo anterior, se definieron distintos ambientes de depositación, según análisis sedimentológicos que incluían granulometría, propiedades físicas, estructuras sedimentarias e icnofacies. Los paleoambientes que se describen a continuación, son nombrados según su localidad, de más antiguo a más joven.

Para el sector de Quebrada Las Rosas y Lomas del Sauce en conjunto, se definen cuatro asociaciones de facies, que muestran tres ambientes de depositación distintos, nombrados de base a techo. Primero se tiene un frente de playa superior, marcado por areniscas finas a medias, con un transporte principal de saltación, una fuente dominante de sedimentos por oleaje y nivel de energía constante.

Luego hay una profundización del ambiente, llegando a un frente de playa medio, representado por limolitas con gravas locales, un transporte principal de saltación pero con suspensión apreciable, nivel de energía oscilatorio, con icnofacies (*Glossifungites* y *Psilonichnus*) que demuestran exposiciones subaéreas de estas capas.

Por último, se someriza el ambiente, manteniéndose un frente de playa medio, pero más proximal, figurando areniscas finas a limosas, con saltación como principal transporte, nivel de energía decreciente hacia el techo, pero con alzas energéticas y estructuras que dan cuenta de un régimen de flujo de baja-moderada energía a alta energía, según períodos de tormenta, con hiatus deposicionales cortos evidenciados por Garcés (2018).

Por otra parte, el aporte de coquinas refleja un ambiente protegido, pero con episodios de alta energía propios de ambientes marinos muy someros (bioclastos “fragmentados”). La fragmentación en coquinas indica una formación sedimentológica de la misma. Por otro lado, los episodios marcados por disolución de bioclastos, tendrían una formación diagenética, post-enterramiento, sin mayor exposición superficial, además de haber sufrido compactación, generando porosidad secundaria. Por último se menciona que los eventos de fragmentación se encuentran en niveles de mayor energía (base y techo de esta sección), mientras que la disolución está presente en la parte media de la sección, donde hay menor energía.

Para Quebrada El Culebrón, se definen cinco asociaciones de facies. Para empezar, se tiene un ambiente marino somero, siendo una playa o frente de playa superior, saltación como principal transporte y una fuente dominante de sedimentos por oleaje. Más tarde, existe un evento de muy alta energía, que deposita bolones. Por último, se tiene una somerización de ambiente, reflejado en una trasplaya (icnofacies *Coprinisphaera* y *Scoyenia*), que muestra exposiciones al aire e inundaciones recurrentes. Asimismo, los paleosuelos son representativos de ambiente marinos someros donde baja el nivel del mar (transición de playa a trasplaya). Luego, se tiene un ambiente marino somero con una playa o frente de playa superior, con aumentos rítmicos de energía, transportes de saltación y tracción, además de aportes continentales de grava. Finalmente, existe una nueva configuración geomorfológica local, pasando de aguas abiertas a cerradas, concluyendo un ambiente marino somero protegido.

En último término, Los Clarines consta de dos asociaciones de facies. La base mantiene un ambiente protegido con nula fragmentación, pero con constante aporte continental, que podría explicar la no aparición de micrita, los cementos son primarios por coincidir la profundidad de depositación con el ambiente diagenético. Hacia el techo, el ambiente se mantiene somero, pero con aguas abiertas, gradando de playa a frente de playa superior, con saltación como principal transporte y arena fina como granulometría principal.

Se toman en cuenta las implicancias tectónicas que conllevan los cambios paleoambientales, apoyándose en la parasecuencia estratigráfica cuando es debido. Para Las Rosas, se tiene una transgresión producto de la subsidencia que produce el paso del rigde de JF. Sin embargo existen leves períodos de regresión reflejado en la parte media superior de la columna (AF2-AF3), que podría deberse a un período de cese de subsidencia del ridge, actuando sólo una baja eustática del mar. Ahora bien, para El Culebrón inferior, la somerización sólo podría deberse a una colmatación de la cuenca, producto de un fuerte agente erosivo en el continente. Por otro lado, en El Culebrón superior ocurre un cambio geomorfológico local que cambia el ambiente marino somero de aguas abiertas a protegidas. Para terminar, en Los Clarines la profundización propuesta en el Pleistoceno Medio, se relaciona directamente con la transgresión ocurrida producto de la migración de la meseta oceánica y posterior subsidencia.

Finalmente, este estudio aporta nuevos antecedentes y evidencias sedimentológicas de los cambios paleoambientales y tectónicos ocurridos en la costa de Chile central (30°S) durante el Mioceno superior-Pleistoceno, que son consistentes con estudios paleontológicos previos.

6.1. Recomendaciones

En vista de los alcances de este trabajo y los recursos disponibles, se propone profundización de estudios granulométricos, paleontológicos e isotópicos en la localidad de El Culebrón y Los Clarines, con el fin de determinar de manera más exacta el ambiente de depositación y delimitar los eventos de profundización/somerización asociados a eventos tectónicos, todo lo anterior, aportando a la evolución de la costa chilena central durante el Neógeno. En detalle se propone:

- Realizar granulometría en la sección de El Culebrón inferior, para cada estrato de arenisca o limolita, con el fin de definir eventos de somerización y profundización. Lo mismo debería ocurrir con la sección de Los Clarines.
- Determinar las icnofacies presentes en Los Clarines, ya que aportarían en gran medida a la determinación de ambiente.
- Realizar dataciones una vez que se hayan obtenido los cambios fuertes de granulometría que evidencian cambios en el nivel del mar, para así relacionarlos (o no) a un evento tectónico o caídas importantes del nivel global del mar.

Bibliografía

- Abreu, V.S., Hardenbol, J., Haddad, G.A., Baum, G.R., Droxler, A.W., Vail, P.R., 1998. Oxygen isotope synthesis: A Cretaceous ice-house?. In: Graciansky, P.-C., Hardenbol, J., Jacquin, T., Vail, P.R. (Eds.), Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins SEPM Special Publication 60, pp. 75–80.
- Abreu, V.S., Hardenbol, J., Haddad, G.A., Baum, G.R., Droxler, A.W., Vail, P.R., 2000. Oxygen isotope synthesis: a Cretaceous ice-house? In: Gracianski, P.-C., Hardenbol, J., Jacquin, T., Vail, P.R. (Eds.), Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins: SEPM Special Publication, 60, pp. 75–80.
- Aceñolaza, F.G., 2004. Paleobiogeografía de la Región Mesopotámica. Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino, INSUGEO, Tucumán, Miscelánea 12, 25–30.
- Adams A., 1998, A Colour Atlas of Carbonate Sediments and Rocks Under the Microscope, Barcelona, España, Manson Publishing.
- Allen G. P. y Posamentier H. W., 1993. Sequence stratigraphy and facies model of an incised valley fill: the Gironde estuary, France, Journal of Sedimentary Petrology 63 (3) (1993), pp. 378–391.
- Arche A., 2010. Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid,
- Beerling, D.J., Royer, D.L., 2011. Convergent Cenozoic CO₂ history. Nature Geoscience 4, 418–420.
- Boggs, S. 2006. Principles of Sedimentology and Stratigraphy.
- Brown L. F. Jr. y Fisher W. L., 1977. Seismic stratigraphic interpretation of depositional systems: examples from Brazilian rift and pull apart basins. In: C. E. Payton, Editor, Seismic Stratigraphy — Applications to Hydrocarbon Exploration, Memoir vol. 26, American Association of Petroleum Geologists (1977), pp. 213–248.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. (1995b). The paleoenvironmental and paleoecological significance of the lacustrine *Mermia* ichnofacies: an archetypical subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. Ichnos, 4, 151–161.
- Buatois L. y Mángano G., (2011), Ichnology: organism-substrate interactions in space and time, New York, United States, Cambridge.
- Buatois, L.A., Netto, R.G. y Mángano, M.G. (2007b). Ichnology of Permian marginal-marine to shallow-marine coal-bearing successions: Rio Bonito and Palermo Formations, Parana basin, Brazil. In Applied Ichnology, ed. J.A. MacEachern, K.L. Bann, M.K. Gingras and S.G. Pemberton, Society for Sedimentary Geology Short Course Notes, 52, 167–177.

- Buscombe, D. y Masselink, G. (2006). Concepts in gravel beach dynamics. *Earth Science Reviews*, 79, 33–52.
- Catuneanu, O. 2002. Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls. *Journal of African Earth Sciences* Volume 35, Issue 1, July 2002, Pages 1-43.
- Catuneanu, O. 2006. *Principles of Sequence Stratigraphy*, Elsevier, Amsterdam (2006) 375 pp.
- Catuneanu O., Abreu V., Bhattacharya J. P., Blum M. D., Dalrymple R. W., 2009. Towards the Standardization of Sequence Stratigraphy.
- Clifton, H.E. (2006). A Reexamination of Facies Models for Clastic Shorelines. In: *Facies Models Revisited*, ed. H.W. Posamentier and R.G. Walker, Society for Sedimentary Geology Special Publication, 84, 293–337.
- Curran, H.A. (1984). Ichnology of Pleistocene carbonates on San Salvador, Bahamas. *Journal of Paleontology*, 58, 312–321.
- Darwin C. 1846. Geological observations of South America.
- De Los Arcos S., Partarrieu D., Carrillo-Briceño J. y Amson E. (2017). The southernmost occurrence of the aquatic sloth *Thalassocnus* (Mammalia, Tardigrada) in two new Pliocene localities in Chile. *Ameghiniana* 54: 351–369.
- Emparan, C.; Pineda, G., 2000. Área La Serena y La Higuera. Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas Geológicos No 18, 1 mapa escala 1:1.000.000, Santiago.
- Flower, B.P., Kennett, J.P., 1993a. Middle Miocene ocean–climate transition: high resolution oxygen and carbon isotopic records from Deep Sea Drilling Project Site 588A, southwest Pacific. *Paleoceanography* 8, 811–843.
- Flügel E., 2010. *Microfacies of Carbonate rocks*. Berlin, Germany. Springer.
- Frassinetti, D. (en preparación). Informe paleontológico (Hoja La Serena), muestras ES-2281 F a ES-2297 F (Inédito). Servicio Nacional de Geología y Minería. Informe externo, 15 p. Santiago.
- Frassinetti D. y Covacevich V., 1997. Perfiles, cinco, desde los 29°37'S (Caleta Los Hornos) a los 30°15'S (Tongoy). (Inédito) Servicio Nacional de Geología y Minería, 30 p. Santiago.
- Frazier D. E., 1974. Depositional episodes: their relationship to the Quaternary stratigraphic framework in the northwestern portion of the Gulf Basin, University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Geological Circular vol. 4, 1 (1974) 28 pp.
- Frey, R.W., Curran, H.A. y Pemberton, S.G. (1984a). Tracemaking activities of crabs and their environmental significance; the ichnogenus *Psilonichnus*. *Journal of Paleontology*, 58, 333–350.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G. y Fagerstrom, J.A. (1984b). Morphological, ethological and environmental significance of the ichnogenera *Scoyenia* and *Ancorichnus*. *Journal of Paleontology*, 58, 511–528.
- Frey, R.W. y Pemberton, S.G. (1984). Trace fossils Facies Models. In *Facies Models*, ed. R.G. Walker, Geoscience Canada Reprint Series, 189–207.
- Frey, R.W. y Pemberton, S.G. (1987). The *Psilonichnus* ichnocoenose, and its relationship to adjacent marine and nonmarine ichnocoenoses along the Georgia coast. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 35, 333– 357.

- Folk, R. L. y War., W. C., 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Jour Sedimentary Petrology*, v. 27, p. 3-26.
- Folk, R.L., 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: *Classification of Carbonate Rocks* (Ed. by W. E. Ham). *Mem. Am. Ass. Petrol. Geol.* Telsa, 1,62-84.
- Fürsich, F.T. y Mayr, H. (1981). Non-marine *Rhizocorallium* (trace fossil) from the Upper Freshwater Molasse (Upper Miocene) of southern Germany. *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie, Monashefte*, 321–333.
- Galloway, W. E. 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis, I. Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 73 (1989), pp. 125–142.
- Galloway W. E., 2001b. The many faces of submarine erosion: theory meets reality in selection of sequence boundaries, A. A. P. G. Hedberg Research Conference on “Sequence Stratigraphic and Allostratigraphic Principles and Concepts,” Dallas, August 26–29, Program and Abstracts Volume (2001), pp.28–29.
- Garcés A., 2018. Significado paleoambiental de las concreciones presentes en formaciones marinas costeras de Chile central (30°-34° S) (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago.
- García C., 2018. Bioestratigrafía y paleoecología de los conjuntos fosilíferos marinos del Plioceno y Pleistoceno de Coquimbo. Poryecto II, Universidad de Chile.
- Genise, J.F., 2000. The ichnofamily Celliformidae for *Celliforma* and allied ichnogenera. *Ichnos*, 7, 267–284.
- González, J., 2014. Alzamiento de terrazas marinas y continentales de Chile centro norte.
- González, M., 2013. Paleoecología y estratigrafía de depósitos marinos neógenos del norte de Chile: sistemática paleontológica de moluscos y reconstrucción paleoambiental. Tesis de grado para optar al título profesional Biólogo Marino.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea level change. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G., St. Posamentier, H.W., Ross, W.A., Von Wagoner, J.C. (Eds.), *Sea Level Changes: An Integrated Approach: SEPM Special Publication*, 42, pp. 71–108.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., Graciansky, P.-C., Vial, P.R., 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. In: Graciansky, P.-C., Hardenbol, J., Jacquin, T., Vail, P.R. (Eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins SEPM, Special Publication* 60, Chart 1.
- Helland-Hansen W. y Martinsen O. J., 1996. Shoreline trajectories and sequences: description of variable depositional-dip scenarios, *Journal of Sedimentary Research* 66 (4) (1996), pp. 670–688.
- Hinojosa, L.F., 2005. Cambios climáticos y vegetaciones inferidos a partir de paleofloras cenozoicas del sur de Sudamérica. *Revista Geológica de Chile* 32, 95–116.
- Ibaraki, M., 1990. In: Tsuchi, R. (Ed.), *Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of the Neogene of Caleta Herradura de Mejillones, northern Chile*, Special vol. 3. Shizuoka University, pp. 9–16.
- Ibaraki, M., 1997. Closing of the Central American Seaway and Neogene coastal upwelling along the Pacific coast of South America. *Tectonophysics* 281, 99–104.

- Johnson J. G. y Murphy M. A., 1984. Time-rock model for Siluro-Devonian continental shelf, western United States, Geological Society of America Bulletin 95 (1984), pp. 1349–1359.
- Johnson J. G. , Klapper G. y Sandberg C. A., 1985. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica, Geological Society of America Bulletin 96 (1985), pp. 567–587.
- Keller, G., Adatte, T., Hollis, C., Órdonez, M., Zambrano, I., Jiménez, N., Stinnesbeck, W., Aleman, A., HaleErlich, W., 1997. The Cretaceous/Tertiary boundary event in Ecuador: reduced biotic effects due to eastern boundary setting. Marine Micropaleontology 31, 97–133.
- Kidwell S., Fursich F., Aigner T., 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. Palaios V.1,ui.00p. 228-238.
- Le Roux, J. 2005b. Neogene-Quaternary coastal and offshore sedimentation in north central Chile: Record of sea-level changes and implications for Andean tectonism.
- Le Roux, J. 2005a. Determining the Neogene behavior of the Nazca plate by geohistory analysis.
- Le Roux J. 2006. Bay sedimentation as controlled by regional crustal behaviour, local tectonics and eustatic sea-level changes: Coquimbo Formation (Miocene-Pliocene), Bay of Tongoy, central Chile.
- Le Roux J., 2012. A review of Tertiary climate changes in southern South America and the Antarctic Peninsula. Part 1: oceanic conditions. Sedimentary Geology 247–248 (2012) 1-20.
- Le Roux J., 2012. A review of Tertiary climate changes in southern South America and the Antarctic Peninsula. Part 2: continental conditions. Sedimentary Geology 247–248 (2012)21–38.
- Le Roux J., 2016. Oroclinal bending of the Juan Fernández rodge suggested by geohistory analysis of the Bahía Inglesa Formation, north-central Chile.
- MacEachern, J.A. y Pemberton, S.G., 1992. Ichnological aspects of Cretaceous shoreface successions and shoreface variability in the Western Interior Seaway of North America. In Applications of Ichnology to Petroleum Exploration: A Core Workshop, ed. S.G. Pemberton. Society for Sedimentary Geology Core Workshop, 17, 57–84.
- MacEachern, J.A., Zaitlin, B.A. y Pemberton, S.G., 1999a. A sharpbased sandstone of the Viking Formation, Joffre Field, Alberta, Canada: criteria for recognition of transgressively incised shoreface complexes. Journal of Sedimentary Research, 69, 876–892.
- MacEachern, J.A., Bann, K.L., Pemberton, S.G. y Gingras, M.K. (2007a). The Ichnofacies paradigm: High-resolution paleoenvironmental interpretation of the rock record. In Applied Ichnology, ed. J.A. MacEachern, K.L. Bann, M.K. Gingras and S.G. Pemberton, Society for Sedimentary Geology Short Course Notes, 52, 27–64.
- Malumián, N., Nañez, C., 2011. The Late Cretaceous–Cenozoic transgressions in Patagonia and the Fuegian Andes: foraminifera, paleoecology and paleogeography. Biological Journal of the Linnean Society 103, 269–288.
- Marchant, M., Marquardt, C., Blanco, N., Godoy, E., 2000. Foraminíferos del área de Caldera (26°45'–28°S) y su utilización como indicadores cronoestratigráficos del Neógeno. Abstracts IX Congreso Geológico Chileno, Puerto Varas, vol. 1, pp. 499–502.
- Martínez-Pardo, R., Osorio, R., 1968. Foraminíferos miocénicos de Chile Central: II.

Edad y paleontología de la Formación Tubul. In: Cecione, G. (Ed.), Simposio del Terciario de Chile, Zona Central. Editorial Andrés Bello, Santiago, pp. 166–185.

- Martínez-Pardo, R., 1979. Hallazgo de foraminíferos miocénicos cerca de Puerto Aldea, Bahía de Tongoy, Provincia de Coquimbo, Chile. *Revista Geológica de Chile* 8, 65–78.
- Martínez-Pardo, M. 1990. Major Neogene events of the Southeastern Pacific: the Chilean and Peruvian record.
- Martínez-Pardo, M. 2010. Microfósiles silíceos de las diatomitas de Tongoy, provincia de Coquimbo, Chile: Su significado biocronoestratigráfico, biocronogeológico, paleoecológico y paleogeográfico.
- Martínez-Pardo, M. 2010. Hallazgo de foraminíferos miocenos cerca de Puerto Aldea, Bahía de Tongoy, provincia de Coquimbo, Chile.
- Miall, A. 2016. *Stratigraphy: A Modern Synthesis*.
- Moscoso R. Geología de la hoja Vallenar y parte norte de la Serena: regiones de Atacama y Coquimbo. SERNAGEOMIN.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1980). Methods available for vegetation classification and their suitability for various purposes. In *The IBP Survey of Conservation Sites: An Experimental Study*, ed. A.R. Clapham, IBP Internat'l Series No. 24, Cambridge University Press, 26–54.
- Naranjo, J. 2010. Evolución geomorfológica del desierto de Atacama entre los 26° y 33° latitud sur: Revisión cronológica.
- Nesbitt, E.A. y Campbell, K.A., 2006. The paleoenvironmental significance of *Psilonichnus*. *Palaios*, 21, 187–196.
- Nummedal D. y Swift D. J. P., 1987. Transgressive stratigraphy at sequence-bounding unconformities: some principles derived from Holocene and Cretaceous examples. In: D. Nummedal, O. H. Pilkey and J. D. Howard, Editors, *Sea-level fluctuation and coastal evolution*, Special Publication vol. 41, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM) (1987), pp. 241–260.
- Orgeira, M.J., 1990. Palaeomagnetism of late Cenozoic fossiliferous sediments from Barranca de los Lobos (Buenos Aires Province, Argentina). The magnetic age of the South American land-mammal ages. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 64, 121–132.
- Pardo, M., Comte, D., Monfret, T., 2002. Seismotectonic and stress distribution in the central Chile subduction zone. *Journal of South American Earth Sciences* 15, 11 – 22.
- Partarrieu D., Villafaña J., Pinto L., Mourgues A., Oyanadel- Urbina P., Rivadeneira M., and Carrillo-Briceño R., (2018). Neogene ‘horn sharks’ *Heterodontus* (Chondrichthyes: Elasmobranchii) from the Southeastern Pacific and their paleoenvironmental significance. *Ameghiniana* 55: 651–667.
- Partarrieu, D. (en preparación). Estratigrafía y paleoecología de los depósitos marinos fosilíferos del Plioceno y Pleistoceno de Coquimbo. Tesis doctoral, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- Paskoff, R. 1995. Field meeting in the La Serena-Coquimbo bay area (Chile).
- Pemberton, S.G., MacEachern, J.A. y Frey, R.W., 1992b. Trace fossils facies models: environmental and allostratigraphic significance. In *Facies Models and Sea Level Changes*, ed. R.G. Walker and N.P. James, Geological Association of Canada, 47–72.

- Pemberton, S.G., Spila, M., Pulham, A.J., Saunders, T., MacEachern, J.A., Robbins, D. y Sinclair, I.K., 2001. Ichnology Sedimentology of Shallow to Marginal Marine Systems. Ben Nevis and Avalon Reservoirs, Jeanne d'Arc Basin. Geological Association of Canada Short Course Notes, 15, St. John's.
- Pemberton, S.G., MacEachern, J.A. y Saunders, T., 2004. Stratigraphic applications of substrate-specific ichnofacies: delineating discontinuities in the fossil record. In *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*, ed. D. McLroy, Geological Society Special Publication, 228, 29–62.
- Plint A. G., 1988. Sharp-based shoreface sequences and “offshore bars” in the Cardium Formation of Alberta; their relationship to relative changes in sea level. In: C. K. Wilgus, B. S. Hastings, C. G. St. C. Kendall, H. W. Posamentier, C. A. Ross and J. C. Van Wagoner, Editors, *Sea Level Changes — An Integrated Approach*, Special Publication vol. 42, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM) (1988), pp. 357–370.
- Posamentier H. W. y Allen G. P., 1999. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications, *Concepts in Sedimentology and Paleontology* vol. 7, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM) (1999) 210 pp.
- Posamentier H. W. Posamentier, M. T. Jervey y P. R. Vail. 1988. Eustatic controls on clastic deposition I — conceptual framework. In: C. K. Wilgus, B. S. Hastings, C. G. St. C. Kendall, H. W. Posamentier, C. A. Ross and J. C. Van Wagoner, Editors, *Sea Level Changes — An Integrated Approach*, Special Publication vol. 42, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM) (1988), pp. 110–124.
- Posamentier H. W. y Allen, G. P. 1999. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications, *Concepts in Sedimentology and Paleontology* vol. 7, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM) (1999) 210 pp.
- Radwański, A., 1977. Present-day types of trace in the Neogene sequence; their problems of nomenclature and preservation. In *Trace Fossils 2*, ed. T.P. Crimes and J.C. Harper, Geological Journal Special Issue, 9, 227–264.
- Raiswell R. y Fisher Q., 2000. Mudrock-hosted carbonate concretions: a review of growth mechanisms and their influence on chemical and isotopic composition. *Journal of the Geological Society*, 157(1): 239-251.
- Reading, H. 1996. *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*.
- Reinson, G.E., 1984. Barrier island and associated stand-plain systems. In *Facies Models*, Second edition, ed. R.G. Walker, Geological Association of Canada, Geoscience Canada Reprint Series, 1, 119–140
- Rivano, S., Sepúlveda, P., 1985. Las calizas de la Formación Huentelauquén: Depósitos de aguas templadas a frías en el Carbonífero Superior-Pérmico Inferior. *Revista Geológica de Chile*, N° 25-26, 29-38.
- Rojo M., 1985. Un aporte al conocimiento del Terciario marino: Formación Bahía Inglesa. In *Congreso Geológico Chileno No 4*, Actas, Vol. 1, p. 514-533. Antofagasta.
- Salinas, P. 2011. Hallazgo de cetáceos fósiles (Mysticeti, Balaenopteridae) en la ciudad de Coquimbo, Chile.
- Selley, R. 1998. *Ancient Sedimentary Environments*.
- Sloss L. L. , Krumbein W. C. y Dapples E. C., 1949. Integrated facies analysis. In: C. R.

Longwell, Editor, *Sedimentary Facies in Geologic History*, Memoir vol. 39, Geological Society of America (1949), pp. 91–124.

- Swift D. J. P., 1975. Barrier-island genesis: evidence from the central Atlantic shelf, eastern U. S. A, *Sedimentary Geology* 14 (1975), pp. 1–43.
- Tavares A., Borghi L., Corbett P., Nobre-Lopes J., Camara R., 2015. Facies and depositional environments for the coquinas of the Morro do Chaves Formation, Sergipe-Alagoas Basin, defined by taphonomic and compositional criteria. *Brazilian Journal of Geology*, 45(3): 415-429.
- Tsuchi, R., 1990. Neogene events in Japan and the Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 77, 355–365.
- Tsuchi, R., 1992. Neogene events in Japan and on the Pacific coast of South America. *Revista Geológica de Chile* 19, 67–73.
- Uliana, M.A., Biddle, K., 1988. Mesozoic–Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociências* 18, 172–190.
- Van Husen, C., 1967. Klimaglierung in Chile auf der Basis von Häufigkeitsverteilungen der Nierderschlagssummen. Universität Freiburg BR, 4.
- Van Wagoner J. C. Van Wagoner, R. M. Mitchum Jr., K. M. Campion y V. D. Rahmani, 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, core, and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies, *American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration Series* vol. 7 (1990) 55 pp.
- Van Wagoner, J. C., 1995. Overview of sequence stratigraphy of foreland basin deposits: terminology, summary of papers, and glossary of sequence stratigraphy. In: J. C. Van Wagoner and G. T. Bertram, Editors, *Sequence Stratigraphy of Foreland Basin Deposits: Outcrop and Subsurface Examples from the Cretaceous of North America*, Memoir vol. 64, American Association of Petroleum Geologists (1995), pp. ix–xxi.
- Van Wagoner J. C., Posamentier H. W., Mitchum R. M., Vail P. R., Sarg J. F. , Loutit T. S. y Hardenbol J., 1988. An overview of sequence stratigraphy and key definitions. In: C. K. Wilgus, B. S. Hastings, C. G. St. C. Kendall, H. W. Posamentier, C. A. Ross and J. C. Van Wagoner, Editors, *Sea Level Changes – An Integrated Approach*, Special Publication vol. 42, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM) (1988), pp.39–45.
- Zachos, J., Pagani, H., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K., 2001. Trends, Rhythms and Aberrations in global climate: 65 Ma to present. *Science* 292, 686-693.

Apéndice A

Anexo I: Icnofacies

Basado en el trabajo de Buatois y Mángano, 2011.

- *Psilonichnus*:

Icnofacies caracterizada por: (1) Dominancia de madrigueras verticales en forma de U, Y, J, producidas por cangrejos; (2) presencia de madrigueras chicas, no delineadas, bulbosas de arácnidos e insectos; (3) presencia local de trazas de vertebrados e invertebrados; (4) trazas de raíz; (5) coprolitos; (6) baja icnodiversidad; (7) baja abundancia.

Los invertebrados presentes son gastrópodos, bivalvos, gusanos, artrópodos. Icnofacies asociada a exposición subaérea, afluencia de agua fresca por precipitaciones y mareas de tormenta. Además, indica condiciones transicionales entre escenarios continentales y marinos, típicamente ambientes costeros, como islas barreras, llanuras costeras, playas progradadas, deltas, estuarios, lagoons y bahías. También está presente en retroplayas, abanicos de arena costeros (por tormenta), dunas costeras y llanuras supramareales (Frey y Pemberton, 1987). Hacia el mar, esta icnofacies gradada a *Skolithos*.

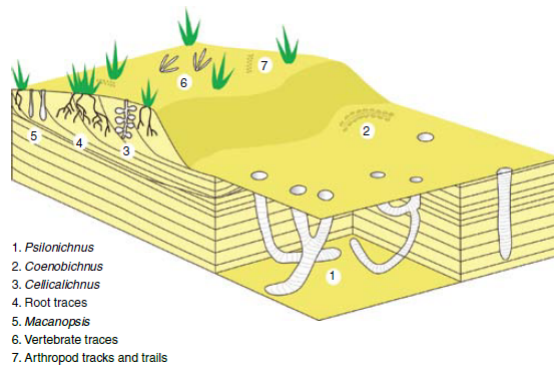


Figura A.1: Reconstrucción esquemática de icnofacies *Psilonichnus* (Buatois y Mángano, 2011).

- ***Skolithos*:**

Icnofacies caracterizada por: (1) Dominancia de madrigueras verticales, cilíndricas, simples o en forma de U hechas por alimentadores por suspensión y predadores pasivos; (2) presencia de spreiten (láminas concavas hacia arriba agrupadas) en forma de U en viviendas y trazas de escape; (3) abundancia de sistemas de vivienda tridimensionales con componentes verticales; (4) trazas horizontales son raras (fauna móvil); (5) baja icnodiversidad; (6) abundancia variable.

Los principales productores son poliquetos, sipuncúlidos, crustáceos y anémonas de mar. Todo refleja un ambiente de alta energía y erosión intensa. Icnofacies típica de ambiente de playa, anteplaya superior y media de playas dominadas por oleaje.

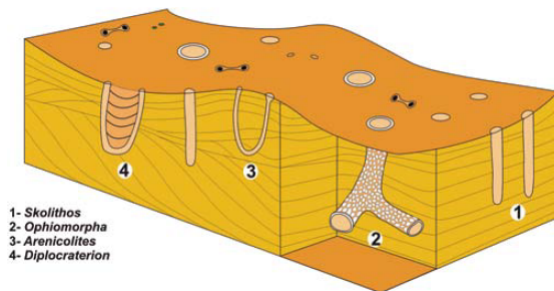


Figura A.2: Reconstrucción esquemática de icnofacies *Skolithos* (Buatois y Mángano, 2011).

- ***Glossifungites*:**

Icnofacies caracterizada por: (1) Cubiertas angulosas, no delineadas, madrigueras llenadas pasivamente por alimentadores en suspensión o predadores pasivos; (2) madrigueras robustas verticales a subverticales, simples o con spreiten, en forma de U; (3) presencia de madrigueras ramificadas; (4) madrigueras con paredes ornamentadas; (5) baja diversidad; (6) alta abundancia.

Los animales que crean esta madrigueras en suelo firme son bivalvos, crustáceos, nemerteanas, poliquetos. El sustrato es típicamente fangos deshidratados o arenas muy compactas (MacEachern *et al.*, 1992, 2007a; Pemberton *et al.*, 1992b, 2004). En depósitos siliciclásticos, se asocia típicamente a exhumación erosiva de sedimentos previamente enterrados, comúnmente a cambios en el nivel del mar (MacEachern *et al.*, 1992, 2007a; Pemberton *et al.*, 2004). Esta icnofacies se asocia a ambientes marinos someros, además de superficies alostratigráficas, como cuando ocurren regresiones, nivel bajo de superficies de erosión debido a la caída del nivel del mar, con superficies de ravinamiento durante transgresiones o, superficies co-planares o de bajan resistencia asociada a erosión transgresiva (MacEachern *et al.*, 1992, 2007a; Pemberton *et al.*, 1992b, 2004).

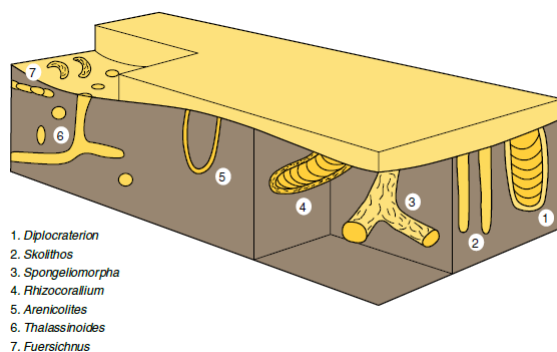


Figura A.3: Reconstrucción esquemática de icnofacies *Glossifungites* (Buatois y Mángano, 2011).

- ***Scoyenia*:**

Icnofacies caracterizada por: (1) Abundancia de trazas horizontales por alimentadores móviles del depósito; (2) abundancia de trazas de locomoción; (3) presencia de domicilios verticales; (4) mezcla de invertebrados, vertebrados y trazas de raíz; (5) baja a moderada icnodiversidad; (6) alta abundancia localizada.

La abundancia de trazas horizontales da cuenta de baja energía en el ambiente. Además, las trazas de artrópodos indican sedimentos que son expuestos al aire o periódicamente inundados, o sea, un intermedio entre ambiente marino y continental (Frey *et al.*, 1984b; Frey y Pemberton, 1984, 1987). Por lo demás, esta icnofacies es típica de ambientes fluviales, lacustres o también eólicos.

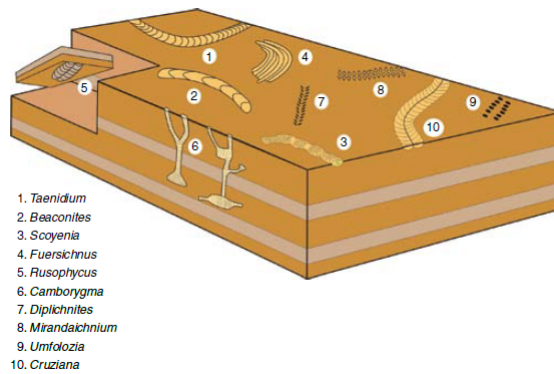


Figura A.4: Reconstrucción esquemática de icnofacies *Scoyenia* (Buatois y Mángano, 2011).

• ***Coprinisphaera*:**

Icnofacies caracterizada por: (1) Trazas dominantes de abejas, abispos, hormigas y escarabajos; (2) subordinado de trazas de termitas; (3) huellas de anidación dominantes o calichnia; (4) estructuras de escalonamiento que resultan de las profundidades variables de nidos; (5) moderada a alta icnodiversidad; (6) alta abundancia.

Además se encuentran trazas fósiles de raíces. Esta icnofacies es típica de los paleosuelos desarrollados en paleoecosistemas de comunidades herbáceas (sensu Mueller-Dombois y Ellenberg, 1980), con rango climático de condiciones secas y frías, hasta húmedas y cálidas (Genise *et al.*, 2000). Ocurre en paleosuelos que se han desarrollado en diversas depositaciones, sujetos a exposición subaérea, incluyendo llanuras aluviales, llanuras de inundación y ambientes eólicos.

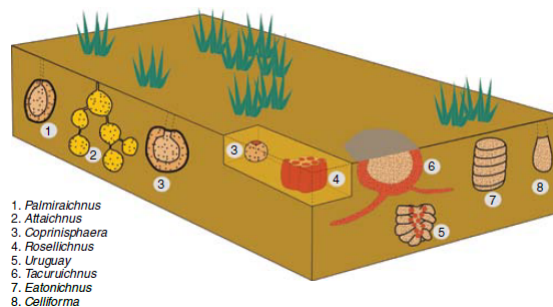
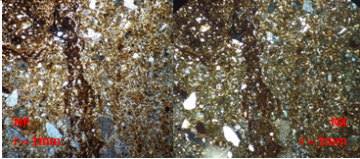
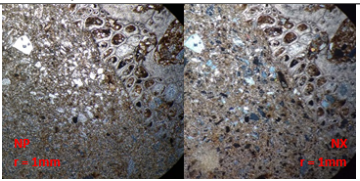


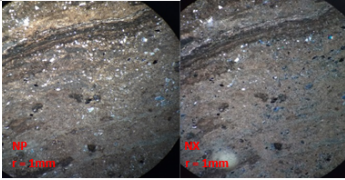
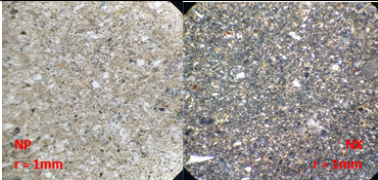
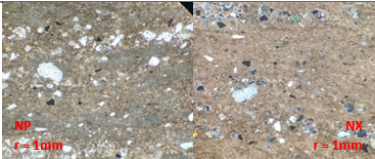
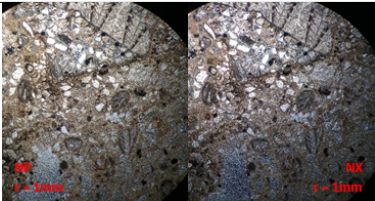
Figura A.5: Reconstrucción esquemática de icnofacies *Coprinisphaera* (Buatois y Mángano, 2011).

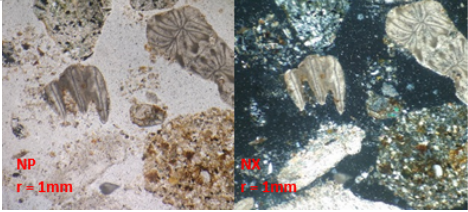
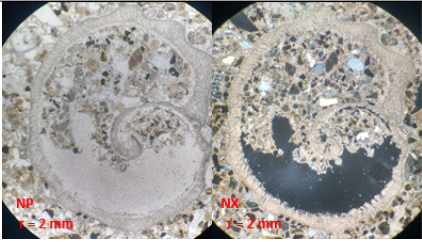
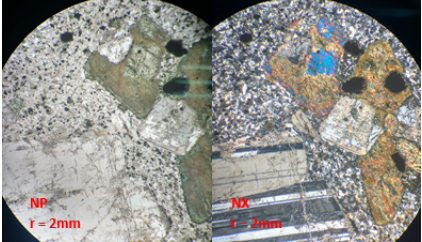
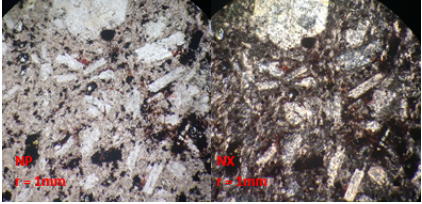
Apéndice B

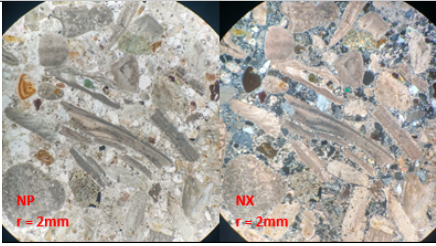
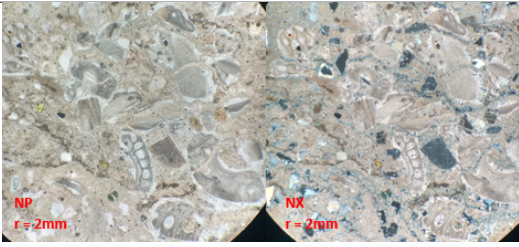
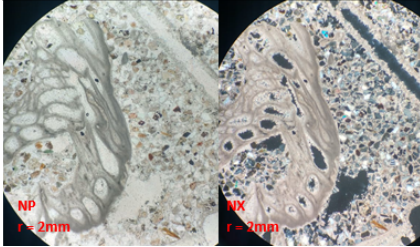
Anexo II: Cortes transparentes

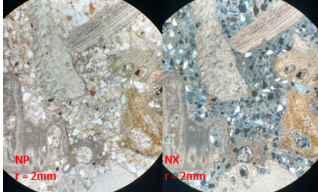
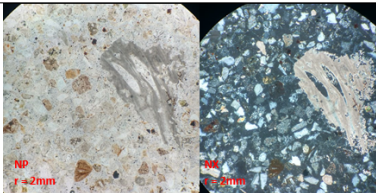
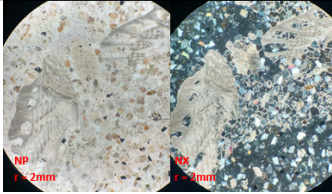
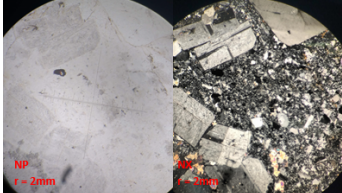
Tabla B.1: Cortes transparentes de la localidad Las Rosas (Lomas del Sauce), Quebrada el Culebrón, Quebrada Las Rosas y Los Clarines.* En Los Clarines se usará las facies en vez de un nivel estratigráfico, definidas por Partarrieu en prep.

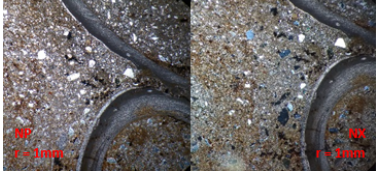
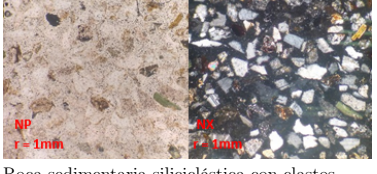
Corte	Ubicación	Nivel estratigráfico	Descripción e Imagen	Clasificación Petrográfica
LDS-N1s	Las Rosas	Parte superior Bed 3	 <p>Roca sedimentaria carbonática con cementación nula, corte muy oxidado, por lo que es difícil el reconocimiento de aloquemos (no observable). Se reconocen peloides, cercanos al 10% de la roca. Los fragmentos terrígenos son principalmente cuarzo y chert, encontrándose este último en vetillas menores a 0.1 mm de espesor, representando el 10% de la roca. Se atribuye el 80% de la roca a micrita color marrón oscuro.</p>	<p>-Folk (1962): Micrita</p> <p>-Dunham (1962): Mudstone</p>
LDS-CQ	Las Rosas	Coquina bed 3	 <p>Roca sedimentaria carbonática con cementación casi nula o despreciable. Existe un 11% de aloquemos, de los cuales se identifican briozoos de 6 mm, forma irregular lobulosa, color rojizo en cierto sector del corte, cercano al 2% de la roca total. Por otro lado, se reconocen bivalvos en mayor proporción (8% de la roca), de 2 cm y forma alargada recta, incoloro y disposición aleatoria. Existen peloides escasos tamaño menor a 0.1 mm que representan el 1% de la roca. Además, existen fragmentos terrígenos de cuarzo, feldspatos de tamaño menor a 0.1 mm, que representan el 30% de la roca total. Finalmente, se observa micrita rellenando espacios (color marrón general del corte), que representa el 59% de la roca.</p>	<p>-Folk (1962): Biomicrita</p> <p>-Dunham (1962): Wackestone</p>

Corte	Ubicación	Nivel estratigráfico	Descripción e Imagen	Clasificación Petrográfica
TI-031	Q. El Culebrón	Correlacionable con Z	 <p>Roca sedimentaria carbonática con cementación nula o no observable. El corte es en su mayoría micrita de color marrón oscuro, con elementos originales que se encuentran ligados a la sedimentación, con forma de "gusano", probablemente formados por bioconstructores (corales, cianobacterias, etc.). Además, existen fragmentos terrígenos de cuarzo, feldespatos de tamaño menor a 0.1 mm, dispersos en corte, que representan menos del 5% de la roca total.</p>	<p>-Folk (1962): Dolomía grano fino</p> <p>-Dunham (1962): Boundstone</p>
CT-11	Las Rosas	Bed 4	 <p>Roca carbonática micrítica y fragmentos <0.1 mm. Principalmente con arcillas y Qz. La roca se encuentra alterada 100%. No se observan fósiles y la porosidad es muy baja.</p>	<p>-Folk (1962): Micrita</p> <p>-Dunham (1962): Mudstone</p>
CT-10	Q. El Culebrón	Z	 <p>Roca sedimentaria carbonática con abundante micrita (95% de la roca) y poco aporte de material terrígeno (2% de roca), con diámetro máximo de 0.4 mm, principalmente Qz policristalino, minerales pesados, Qz monocristalino y glauconita. 3% de la roca corresponde a microesparita. Porosidad nula, al igual que el cemento espático y contenido fósil.</p>	<p>-Folk (1962): Micrita</p> <p>-Dunham (1962): Mudstone</p>
CT-09	Q. El Culebrón	Y-Z	 <p>Roca sedimentaria carbonática con abundante micrita (45% de roca), con aloquemos que representan el 15% de la roca, como briozoos de hasta 4 mm lobulados de color gris-pardo, equinodermos de 0.3 mm muy cementados, bivalvos de hasta 3 cm de largo fragmentados incoloros, algas rojas de 5 mm. El cemento es de tipo syntaxial (en equinodermos), isópaco mosaico columnar (en bivalvos) y poikilotópico. Por último, el material terrígeno es 20%, siendo Qz monocristalino y minerales pesados, subangulosos de 0.1 mm.</p>	<p>-Folk (1962): Biomicrita</p> <p>-Dunham (1962): Wackestone</p>

Corte	Ubicación	Nivel estratigráfico	Descripción e Imagen	Clasificación Petrográfica
BT-04	Q. El Culebrón	W3	 <p>Roca sedimentaria siliciclástica con fósiles. Presenta alta porosidad. Entre clastos terrígenos, hay fragmentos líticos (35% de roca) tales como areniscas con abundante Qz, Ox de Fe, Feld-K, minerales pesados. Con mala selección y redondeados. Se observan cristales de Plg de 4 mm subhedrales alteradas con arcilla, Px subhedrales, Hbl y Qz policristalino y monocristalino (10% de roca). El cemento es de tipo Chert, siendo un 25% de la roca. No hay matriz. Los bioclastos representan un 30% de la roca, siendo corales, briozoos, braquiópodos, redondeados de 1 a 2 mm.</p>	Folk (1962): Arenita lítica fósilífera
CT-12	Los Clarines	Sobre facies 1*, pared E	 <p>Roca sedimentaria carbonática porosa. Aloqueos representan un 25% la roca total, de lo cual se encuentran braquiópodos, corales y gastrópodos, de 2 mm a 2 cm, bien conservados. Material terrígeno cercano al 30%, principalmente Qz y mineral pesado. El cemento es esparita y microesparita, siendo un 45% de la roca. La esparita se presenta como drusa en poros, columnar en braquiópodos, mientras que la microesparita esta presente entre material terrígeno, tipo poikilotópico. No hay micrita.</p>	Folk (1962): Bioesparita -Dunham (1962): Grainstone
CT-14	Los Clarines	facies 3*	 <p>Roca Ígnea porfirica con fenocrx de Plg (12%), FeldK (3%) alterado con arcilla y CPx (5%) reemplazado por pumpellita y mineral opaco en paragénesis con Px (5%), el tamaño varía de 2 a 8 mm. Masa fundamental con microlitos de Plg, Hbl y Qz (75% de la roca), textura intergranular. Textura de reabsorción en Opx.</p>	Andesita porfirica de Hbl
CT-16	Los Clarines	facies 3*	 <p>Roca ígnea extrusiva con textura porfirica, color gris en masa fundamental (microlitos no orientados de Plg y mineral opaco Goetita). Fenocristales de Plg, Hbl, Opx y Cpx subhedrales de 0,2 a 2 mm. Masa fundamental alterada con arcillas, pumpellita y ceolita en fenocrx de Plg. Textura sieve en Plg y coronítica en Px.</p>	Andesita porfirica de Hbl

Corte	Ubicación	Nivel estratigráfico	Descripción e Imagen	Clasificación Petrográfica
CP2-5B	Los Clarines	facies 7*	 <p>Roca sedimentaria carbonática con cementación esparítica tipo isópaca en mosaico equidimensional, suma un 35% de la roca total. Existe un 27% de aloquemos, de los cuales se identifican briozoos de 2 mm fragmentados y redondeados, color marrón claro con disposición aleatoria, cercano al 5% de la roca total. Por otro lado, se reconocen bivalvos en mayor proporción (15% de la roca), de 6 mm y forma alargada recta, color marrón oscuro y disposición aleatoria. Se observan algas rojas escasas, representando un 5% de la roca, de tamaño 5 mm, forma alargada sinuosa, color marrón y disposición aleatoria. Existen peloides escasos tamaño menor a 0.1 mm que representan el 2% de la roca. Además, existen fragmentos terrígenos de cuarzo, feldspatos y glauconita de tamaño menor a 0.1 mm que representan el 30% de la roca total. Finalmente, se observa micrita en forma aleatoria entre cementación, que representa el 8% de la roca.</p>	<p>-Folk (1962): Bioesparita</p> <p>-Dunham (1962): Grainstone</p>
CLC-V5 (DP4)	Los Clarines	facies 6*	 <p>Roca sedimentaria carbonática con cementación cercana al 30%, existe tipo mosaico columnar sobre aloquemos, además de drussy rellenando cavidades de briozoos, de igual forma, de menisco entre fragmentos de bioclastos. Existe un 30% de aloquemos, muy pequeños en general y fracturados. Entre ellos se observan equinodermos de tamaño 0.5 mm, con cementación sintaxial. Los briozoos tienen un tamaño que va de 0.5 a 1 mm. Las algas rojas tienen un tamaño de 0.5 mm, se encuentran deformadas. Asimismo, los braquiópodos son de 0.5 mm. Finalmente, se observa micrita en todo el corte, color marrón, cercano al 40% de la roca total.</p>	<p>-Folk (1962): Biomicrita</p> <p>-Dunham (1962): Packstone</p>
CP3-3	Los Clarines	facies 3*	 <p>Roca sedimentaria carbonática con cementación esparítica tipo isópaca en mosaico equidimensional, además de tipo drussy y alrededor de poros, suman un 45% de la roca total. Existe un 15% de aloquemos, de los cuales se identifican briozoos de 2 mm fragmentados y redondeados, color marrón claro con disposición aleatoria. Por otro lado, se reconocen equinodermos en menor proporción, de 2 mm y forma alargada, color marrón y disposición aleatoria. Aparte, hay peloides escasos (tamaño menor a 0.1 mm). Además, existen fragmentos terrígenos de cuarzo, feldspatos, chert y glauconita de tamaño menor a 0.1 mm que representan el 30% de la roca total. Los poros representan el 8% de la roca, como se dijo antes, con cementación alrededor. Se deja un 2% de micrita, que se encuentra en fósiles.</p>	<p>-Folk (1962): Biopelsparita</p> <p>-Dunham (1962): Grainstone</p>

Corte	Ubicación	Nivel estratigráfico	Descripción e Imagen	Clasificación Petrográfica
CP3-5C	Los Clarines	facies 6*	 <p>Roca sedimentaria carbonática con cementación rellenando espacios, siendo un 33 % de la roca, tipo sintaxial en equinodermos y columnar en bivalvos, resto del corte tipo mosaico. Existe un 41 % de aloquemos, de los cuales se identifican briozoos de 1 mm forma lobulosa, color marrón con disposición aleatoria, cercano al 5 % de la roca total. Por otro lado, se reconocen bivalvos en mayor proporción (15 % de la roca), de 1.5 cm y forma alargada recta, incoloro y disposición aleatoria. Además, existen equinodermos, de forma levemente cuadrada, de 1 mm, color marrón, representando un 5 % de la roca. Asimismo, se observa aloquemo no reconocido, teniendo un 15 % de la roca total. Existen peloides escasos tamaño menor a 0.1 mm que representan el 1 % de la roca. Además, existen fragmentos terrígenos de cuarzo, feldspatos de tamaño menor a 0.1 mm que representan el 15 % de la roca total. Finalmente, se observa micrita alrededor de fósiles o fragmentos terrígenos (color marrón general del corte), que representa el 10 % de la roca.</p>	<p>-Folk (1962): Biosparita</p> <p>-Dunham (1962): Grainstone</p>
CLC-C1	Los Clarines	facies 2*	 <p>Roca siliciclástica con clastos entre 0.2 a 0.4 mm. Fragmentos de ortoclasas, cuarzos policristalinos con textura fina, feldspatos potásicos, plagioclasa, minerales pesados y clastos de rocas metamórficas e ígneas faneríticas principalmente. Matriz arcillosa representa un 67 % de la roca. Además, los clastos se encuentran subredondeados, de tipo matriz soportado. Todo el conjunto esqueletal representa un 30 % de la roca. Existen briozoos escasos de 3 mm máximo muy fragmentados y calcificados, representan el 3 % de la roca.</p>	<p>-Folk (1962): Arcosa lítica</p>
CP2	Los Clarines	facies 4*	 <p>Roca sedimentaria carbonática híbrida (presencia de silicificación) con poca cementación carbonática entre espacios silicificados, siendo un 40 % de la roca los fragmentos de cuarzo, feldspato y chert. Existe un 60 % de aloquemos, de los cuales se identifican briozoos de 2 mm fragmentados, color marrón con disposición aleatoria, cercano al 12 % de la roca total. Por otro lado, se reconocen braquiópodos en mayor proporción (15 % de la roca), de 4 mm y forma alargada recta, color marrón y disposición aleatoria. Además, existen ooides, de forma redonda levemente irregular, de 4 mm, color marrón, representando un 3 % de la roca. Asimismo, se observa alga roja, de 1 cm y color marrón, forma cuadrada con bordes redondeados, teniendo un 12 % de la roca total. Existen intraclastos de 0.5 a 2 mm, color marrón oscuro, con fragmentos líticos de 0.1 mm, redondeados, que representan el 18 % de la roca. No se observa micrita en el corte.</p>	<p>-Folk (1962): Arenita híbrida o Intraesparita</p> <p>-Dunham (1962): Grainstone</p>
CT-15	Los Clarines	facies 3*	 <p>Roca ígnea porfírica con fenocrx de microclina, Ortosa y Plg de tamaño de 0.3 a 1.3 mm. Masa fundamental con microlitos de Qz y Feldk, alterados a arcilla, textura intersectal. Vetilla de Qz de 2 mm de espesor, continua y recta</p>	<p>Andesita porfírica</p>

Corte	Ubicación	Nivel estratigráfico	Descripción e Imagen	Clasificación Petrográfica
LDS-N1M	Las Rosas	Serpúlidos bed 3	 <p>Roca sedimentaria carbonática con cementación tipo "bladed" fibrosa alrededor de agujeros de serpúlidos, siendo un 1% de la roca. Existe un 16% de aloquemos, de los cuales se identifican agujeros de serpúlidos de 2 mm máximo, con bordes más oxidados, color negro y con disposición aleatoria, cercano al 15% de la roca total. Algunos se encuentran rellenos con los mismos fragmentos del corte en general. Por otro lado, se reconocen 2 intraclastos, tamaño 2 mm aproximadamente, color más gris, representando el 1% de la roca. Además, existen fragmentos terrígenos de cuarzo, feldspatos de tamaño menor a 0.1 mm que representan el 20% de la roca total. Finalmente, se observa micrita en todo el corte, color marrón, cercano al 63% de la roca total.</p>	<p>-Folk (1962): Biomicrita</p> <p>-Dunham (1962): Wackestone</p>
BT-03	Q. Las Rosas	L4	 <p>Roca sedimentaria siliciclástica con clastos predominantes de 0.1 mm, arena fina. El esqueleto representa un 78% de la roca total, teniendo Qz monocrx (35%), Ortosa alterada a arcilla (30%), Plg (5%), Qz policrx (5%), Hbl (2%) y Mine. Pesados (1%). Los clastos son angulosos, con buena selección, contactos cóncavos-convexos. Madura texturalmente, mientras que composicionalmente es media a madura. El cemento es chert en mosaico (22% de roca).</p>	<p>-Folk (1962): Arenita arkósica</p>

Apéndice C

Anexo III: Microscopia óptica

Tabla C.1: Propiedades texturales de los sedimentos asociados a la columna estrigráfica de Quebrada Las Rosas.

Muestra	Selección	Esfericidad	Redondeamiento	Madurez textural	Madurez química	Color (Munsell, 2009)
<i>A12b</i>	Muy buena	Alta	Subredondeado	Alta	Alta	Amarillo Rojizo (8/6)
<i>A11b</i>	Muy buena	Alta	Subredondeado	Media-Baja	Alta	Rosado (8/4)
<i>A10</i>	Buena	Alta	Subanguloso-Subredondeado	Alta	Alta	Rosado (7/4)
<i>A9b</i>	Buena	Alta	Subanguloso-Subredondeado	Media-Alta	Alta	Rosado (7/4)
<i>L8b</i>	Buena	Media-Alta	Subanguloso	Alta	Alta	Marrón claro
<i>L7</i>	Muy buena	Alta	Subanguloso-Subredondeado	Alta	Alta	Rosado
<i>L6</i>	Muy buena	Alta	Subanguloso	Alta	Alta	Rosado
<i>L5b</i>	Muy buena	Alta	Subanguloso	Alta	Alta	Amarillo Rojizo
<i>L4b</i>	Muy buena	Alta	Subredondeado	Alta	Alta	Rosado (7/4)
<i>L3b</i>	Muy buena	Alta	Redondeado	Alta	Alta	Rosado (8/3)
<i>L2b</i>	Media-Buena	Alta	Subanguloso-Subredondeado	Alta	Alta	Amarillo Rojizo
<i>L1b</i>	Muy buena	Alta	Redondeado	Alta	Alta	Blanco Rosáceo
<i>A8b</i>	Muy buena	Alta	Subredondeado	Alta	Alta	Amarillo Rojizo (7/6)
<i>A7b</i>	Muy buena	Alta	Subredondeado	Alta	Alta	Amarillo Rojizo (8/6)
<i>A6b</i>	Muy buena	Alta	Subredondeado	Media	Alta	Amarillo Rojizo (7/6)
<i>A5b</i>	Media-Mala	Alta	Subanguloso-Subredondeado	Media	Alta	Amarillo Rojizo (7/8)
<i>A4b</i>	Buena	Alta	Subredondeado	Media	Alta	Amarillo Rojizo (6/8)
<i>A3b</i>	Media-Buena	Alta	Subanguloso	Media	Alta	Amarillo Rojizo (6/6)
<i>A2b</i>	Buena-Muy buena	Media	Subanguloso-Subredondeado	Alta	Alta	Rosado (7/3)
<i>A1b</i>	Media-Buena	Baja	Subanguloso	Alta	Alta	Rosado (7/4)
<i>Bt-03</i>	Muy buena	Alta	Anguloso-Subanguloso	Alta	Alta	Rosado
<i>Bt-04 (GNR_3)</i>	Mala	Alta	Subredondeado	Baja	Alta	Amarillo Rojizo

Apéndice D

Anexo IV: Granulometría

Tabla D.1: Granulometría asociada a estratos de columna Las Rosas. Subíndices b, m y t de las muestras, indican de que parte fueron sacadas con respecto al estrato: base, media, techo respectivamente.

Tamaño (um)	0,022	0,025	0,028	0,032	0,036	0,040	0,045	0,050	0,056	0,063
Tamaño (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PHI	15,444	15,277	15,111	14,945	14,779	14,613	14,447	14,281	14,115	13,949
Muestras Columna Las Rosas	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA
A12t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A12b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L8t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L5t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L5b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L4b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L2t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tamaño (um)	0,022	0,025	0,028	0,032	0,036	0,040	0,045	0,050	0,056	0,063
Tamaño (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PHI	15,444	15,277	15,111	14,945	14,779	14,613	14,447	14,281	14,115	13,949
Muestras Columna Las Rosas	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA
A2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tamaño (um)	0,071	0,080	0,089	0,100	0,112	0,126	0,142	0,159	0,178	0,200
Tamaño (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PHI	13,783	13,616	13,450	13,284	13,118	12,952	12,786	12,620	12,454	12,288
Muestras Columna Las Rosas	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA
A12t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A12b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L8t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L5t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L5b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L4b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L2t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tamaño (um)	0,224	0,252	0,283	0,317	0,356	0,399	0,448	0,502	0,564	0,632
Tamaño (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
PHI	12,122	11,956	11,789	11,623	11,457	11,291	11,125	10,959	10,793	10,627
Muestras Columna Las Rosas	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA
A12t	0	0	0	0	0	0	0,022672	0,068761	0,096252	0,125463
A12b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11m	0	0	0	0	0	0,103306	0,16745	0,255692	0,308001	0,357804
A11b	0	0	0	0	0	0,108098	0,16231	0,225547	0,263158	0,29616
A10	0	0	0	0,008228	0,054057	0,137337	0,226272	0,286366	0,344166	0,385625
A9t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9b	0	0	0	0,011263	0,071705	0,150667	0,236525	0,296524	0,354109	0,39629
L8t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L7	0	0	0	0	0	0,061089	0,092592	0,129889	0,151177	0,169565
L6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,048933
L5t	0	0	0	0	0	0,058103	0,082337	0,105087	0,11823	0,127776
L5b	0	0	0	0	0	0,023303	0,06375	0,090724	0,110073	0,123138
L4t	0	0	0	0	0	0,054987	0,09483	0,153929	0,187089	0,218481
L4b	0	0	0	0	0	0,078129	0,12482	0,186914	0,222342	0,25445
L3t	0	0	0	0	0	0	0	0,023312	0,112492	0,151305
L3m	0	0	0	0	0	0	0	0,024011	0,115916	0,156855
L3b	0	0	0	0	0	0,129151	0,219888	0,353343	0,430658	0,505042
L2t	0	0	0	0	0	0,096308	0,166827	0,272452	0,332986	0,39157
L2b	0	0	0	0	0	0	0	0,013062	0,068883	0,082295
L1t	0	0	0	0,020592	0,30063	0,583468	0,835155	1,056674	1,225035	1,346249
L1m	0	0	0	0	0	0,137849	0,318057	0,458546	0,607862	0,733126
L1b	0	0	0	0	0	0,042081	0,098671	0,201151	0,256168	0,310787
A8t	0	0	0	0	0	0,110623	0,18284	0,284374	0,342369	0,397011
A8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7m	0	0	0	0	0	0,058789	0,105677	0,177873	0,217022	0,253915
A7b	0	0	0	0	0	0,069752	0,113221	0,171996	0,203979	0,232381
A6t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6b	0	0	0	0	0,020379	0,12828	0,225896	0,277927	0,336164	0,375348
A5t	0	0	0	0	0	0	0,06835	0,154374	0,212305	0,250997
A5b	0	0	0	0,012906	0,081747	0,166642	0,255992	0,313963	0,366574	0,399724
A4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4m	0	0	0	0	0	0	0,064171	0,14383	0,192824	0,226692
A4b	0	0	0	0,015953	0,09773	0,152186	0,209971	0,247859	0,280177	0,298689
A3t	0	0	0	0	0	0	0,024007	0,057069	0,063536	0,071942
A3m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,015261
A3b	0	0	0	0	0	0,042677	0,066759	0,079793	0,091874	0,099868
A2t	0	0	0	0	0	0	0,028797	0,068445	0,076192	0,086353
A2m	0	0	0	0	0	0	0	0,011193	0,057123	0,06317
A2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,028392
A1t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tamaño (um)	0,710	0,796	0,893	1,002	1,125	1,262	1,416	1,589	1,783	2,000
Tamaño (mm)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
PHI	10,461	10,295	10,128	9,962	9,796	9,630	9,464	9,298	9,132	8,966
Muestras Columna Las Rosas	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA
A12t	0,151708	0,173454	0,194628	0,214873	0,236214	0,259496	0,285972	0,314586	0,345333	0,375785
A12b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11m	0,392888	0,414556	0,425063	0,42668	0,423399	0,419535	0,418715	0,423429	0,434432	0,450131
A11b	0,316531	0,325502	0,325405	0,318782	0,309579	0,302034	0,299424	0,303894	0,315661	0,332518
A10	0,411706	0,424407	0,425088	0,417909	0,407711	0,39989	0,398705	0,406784	0,424473	0,448858
A9t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9b	0,4234	0,437143	0,438568	0,431466	0,420302	0,410168	0,40497	0,407338	0,417427	0,432703
L8t	0	0	0	0	0	0	0	0,032634	0,048659	0,054568
L8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L7	0,180363	0,1844	0,183243	0,178512	0,172672	0,168306	0,167342	0,170855	0,178588	0,188494
L6	0,06763	0,079575	0,093161	0,106601	0,120086	0,133727	0,148087	0,162324	0,176421	0,189291
L5t	0,131229	0,129199	0,12307	0,114449	0,10568	0,099372	0,097565	0,101695	0,112105	0,127396
L5b	0,13061	0,133304	0,131503	0,127136	0,122234	0,119158	0,119871	0,125613	0,136768	0,151954
L4t	0,239695	0,251673	0,256237	0,255093	0,251149	0,247448	0,246363	0,249372	0,256577	0,266517
L4b	0,274711	0,284091	0,284622	0,278325	0,268543	0,258923	0,252148	0,250248	0,253344	0,260175
L3t	0,192074	0,224644	0,256729	0,28519	0,312272	0,338624	0,365757	0,39341	0,422937	0,453871
L3m	0,198601	0,230446	0,261058	0,287342	0,312329	0,33762	0,365818	0,397766	0,436043	0,480654
L3b	0,557365	0,589369	0,604354	0,605513	0,598764	0,590755	0,587307	0,593045	0,610339	0,638412
L2t	0,433258	0,459874	0,474554	0,480354	0,48252	0,486473	0,497138	0,517285	0,548438	0,588216
L2b	0,097917	0,110864	0,123433	0,134798	0,146196	0,157987	0,170745	0,18405	0,198124	0,212351
L1t	1,413019	1,430586	1,403466	1,339866	1,248644	1,139585	1,014963	0,878935	0,719373	0,544842
L1m	0,830905	0,903373	0,949568	0,976122	0,991168	1,004069	1,023841	1,055711	1,102889	1,162025
L1b	0,349341	0,373268	0,385536	0,388697	0,387534	0,387148	0,392156	0,405676	0,429586	0,462753
A8t	0,434453	0,45678	0,467577	0,470445	0,471168	0,475582	0,488828	0,513418	0,55045	0,596474
A8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7m	0,278262	0,291449	0,296164	0,294944	0,291947	0,291427	0,296949	0,310419	0,332409	0,360522
A7b	0,249275	0,255916	0,254838	0,248527	0,240841	0,23575	0,236289	0,244114	0,259183	0,278952
A6t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6b	0,399443	0,410772	0,410689	0,403938	0,395718	0,391669	0,396317	0,412006	0,43907	0,473983
A5t	0,278253	0,296592	0,304319	0,306821	0,308251	0,313434	0,326726	0,35001	0,384158	0,425927
A5b	0,414987	0,414743	0,401644	0,381079	0,359427	0,343676	0,33899	0,348566	0,372481	0,406731
A4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4m	0,250745	0,267069	0,274272	0,276824	0,278248	0,282688	0,293974	0,313929	0,34362	0,380596
A4b	0,304266	0,298413	0,283181	0,262285	0,2402	0,221963	0,211021	0,20994	0,218569	0,234452
A3t	0,076239	0,078863	0,07885	0,077959	0,077269	0,078168	0,081968	0,089331	0,100713	0,115229
A3m	0,017936	0,016443	0,016667	0,015931	0,015824	0,014454	0,019027	0,060346	0,07256	0,079838
A3b	0,103634	0,103762	0,101149	0,097082	0,093259	0,0915	0,093314	0,099569	0,110582	0,125233
A2t	0,0916	0,094763	0,094592	0,093056	0,091293	0,090853	0,093158	0,099042	0,108976	0,122095
A2m	0,072013	0,075337	0,079306	0,081153	0,083064	0,086108	0,091271	0,099098	0,109955	0,123007
A2b	0,048817	0,053719	0,056009	0,055694	0,055325	0,057965	0,061355	0,067896	0,077432	0,08938
A1t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,031297
A1b	0	0	0	0	0	0	0	0,038732	0,043656	0,04608

Tamaño (um)	2,244	2,518	2,825	3,170	3,557	3,991	4,477	5,024	5,637	6,325
Tamaño (mm)	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005	0,006	0,006
PHI	8,800	8,634	8,467	8,301	8,135	7,969	7,803	7,637	7,471	7,305
Muestras Columna Las Rosas	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	ARCILLA	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO
A12t	0,405055	0,431684	0,454857	0,474799	0,491722	0,507909	0,525401	0,548275	0,580035	0,624395
A12b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11m	0,46879	0,488646	0,508974	0,530329	0,552635	0,577549	0,605191	0,637057	0,672777	0,711994
A11b	0,352105	0,371992	0,390878	0,408891	0,426	0,443932	0,463693	0,487553	0,516472	0,551241
A10	0,476966	0,505662	0,533197	0,559535	0,583981	0,607884	0,631224	0,655456	0,680683	0,707284
A9t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9b	0,450254	0,467194	0,481948	0,494327	0,504225	0,512857	0,521402	0,531695	0,545049	0,562577
L8t	0,061221	0,06528	0,070262	0,07524	0,078492	0,080791	0,081356	0,080202	0,077592	0,074164
L8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L7	0,19824	0,205374	0,208392	0,207064	0,202524	0,196964	0,194133	0,198076	0,212646	0,24045
L6	0,200682	0,21021	0,217923	0,224406	0,230417	0,23759	0,247471	0,262405	0,284086	0,313943
L5t	0,145861	0,165151	0,183016	0,197748	0,20742	0,211431	0,209741	0,203732	0,196143	0,190737
L5b	0,169543	0,187266	0,203045	0,215527	0,223515	0,227235	0,227614	0,226928	0,228307	0,235361
L4t	0,277906	0,289906	0,302969	0,318897	0,339001	0,365805	0,399538	0,440882	0,487049	0,534223
L4b	0,269478	0,280703	0,294765	0,314113	0,340391	0,376561	0,422289	0,477809	0,53881	0,599915
L3t	0,487486	0,524525	0,565922	0,613543	0,666916	0,728607	0,796383	0,871683	0,952068	1,036566
L3m	0,533211	0,593884	0,662196	0,738406	0,818476	0,90246	0,983458	1,059668	1,125515	1,17853
L3b	0,676319	0,722727	0,776994	0,839966	0,909055	0,985572	1,065115	1,147855	1,229828	1,309193
L2t	0,634972	0,686559	0,742056	0,802582	0,866414	0,935581	1,006707	1,080052	1,151477	1,217925
L2b	0,227116	0,242762	0,259976	0,280052	0,303441	0,332001	0,365332	0,404429	0,447831	0,49411
L1t	0,311696	0,066869	0,000713	0	0	0	0	0	0	0
L1m	1,230491	1,304679	1,382718	1,465251	1,548892	1,635525	1,720978	1,806474	1,889086	1,968336
L1b	0,504673	0,55461	0,612839	0,681632	0,759775	0,850426	0,949634	1,058204	1,170717	1,283259
A8t	0,648986	0,704933	0,762849	0,823703	0,886075	0,952736	1,021704	1,094763	1,169339	1,243639
A8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7m	0,39292	0,427727	0,464554	0,505224	0,550364	0,603875	0,665959	0,739589	0,823064	0,914279
A7b	0,301169	0,323824	0,346553	0,371076	0,398872	0,433832	0,47769	0,533906	0,602251	0,681627
A6t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6b	0,513795	0,555481	0,597861	0,64217	0,68809	0,738341	0,791778	0,849435	0,908245	0,965027
A5t	0,472917	0,5222	0,572436	0,624992	0,67985	0,741249	0,809533	0,888944	0,979373	1,08113
A5b	0,447403	0,490373	0,533195	0,575556	0,615785	0,655382	0,693518	0,731885	0,770123	0,80851
A4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4m	0,42299	0,468168	0,514386	0,561797	0,609059	0,658467	0,709333	0,764548	0,824548	0,890945
A4b	0,254826	0,277019	0,299489	0,321982	0,343537	0,364959	0,385938	0,407661	0,43042	0,45511
A3t	0,132007	0,14953	0,166197	0,180722	0,191363	0,197384	0,197997	0,193492	0,184979	0,174428
A3m	0,096769	0,111592	0,126396	0,139535	0,149231	0,155039	0,156228	0,153167	0,146913	0,139263
A3b	0,142386	0,160361	0,177535	0,19271	0,204275	0,21181	0,214879	0,214249	0,211309	0,208161
A2t	0,137396	0,153226	0,167848	0,179891	0,187805	0,191077	0,189561	0,184193	0,176886	0,17027
A2m	0,137515	0,152199	0,165782	0,1773	0,185499	0,189987	0,190416	0,187307	0,181826	0,175774
A2b	0,103174	0,117596	0,131309	0,143133	0,151496	0,155657	0,154957	0,149673	0,140966	0,130795
A1t	0,092142	0,102301	0,116417	0,127657	0,134224	0,135283	0,130317	0,119681	0,104892	0,088184
A1b	0,054416	0,058386	0,062349	0,065014	0,064967	0,062654	0,057897	0,051246	0,043622	0,037082

Tamaño (um)	7,096	7,962	8,934	10,024	11,247	12,619	14,159	15,887	17,825	20,000
Tamaño (mm)	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,013	0,014	0,016	0,018	0,020
PHI	7,139	6,973	6,807	6,640	6,474	6,308	6,142	5,976	5,810	5,644
Muestras Columna Las Rosas	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO
A12t	0,684668	0,760714	0,853619	0,955902	1,064429	1,167091	1,255996	1,321754	1,358588	1,366515
A12b	0	0	0	0	0,129245	0,408785	0,721041	1,025596	1,302726	1,540565
A11t	0	0	0	0	0	0	0,148522	0,746674	1,192294	1,689207
A11m	0,753526	0,794368	0,833022	0,865695	0,892196	0,912601	0,931771	0,957883	1,002726	1,083794
A11b	0,591794	0,635727	0,681459	0,723585	0,759517	0,784779	0,799008	0,804639	0,808893	0,825115
A10	0,735246	0,763644	0,792927	0,821985	0,852673	0,886532	0,928659	0,985606	1,065223	1,179503
A9t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9b	0,584801	0,610657	0,639213	0,666846	0,691475	0,709727	0,721297	0,728368	0,737187	0,759715
L8t	0,071033	0,069843	0,072479	0,080609	0,095914	0,118523	0,147716	0,180671	0,212691	0,238113
L8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L7	0,282447	0,335036	0,393216	0,444756	0,478463	0,479228	0,434773	0,342963	0,207841	0,024157
L6	0,352721	0,398538	0,449768	0,499702	0,543679	0,573129	0,582646	0,568821	0,533865	0,486355
L5t	0,192266	0,205585	0,235354	0,282313	0,34682	0,42143	0,496631	0,557385	0,587065	0,569703
L5b	0,251979	0,280703	0,323649	0,377652	0,4398	0,499859	0,54751	0,569927	0,556372	0,499599
L4t	0,57654	0,605856	0,615461	0,599955	0,557772	0,49578	0,428568	0,381523	0,388126	0,491258
L4b	0,653421	0,689256	0,699641	0,678969	0,626669	0,552786	0,476416	0,428929	0,44995	0,588606
L3t	1,124165	1,212253	1,303585	1,396462	1,497989	1,611667	1,747709	1,914965	2,120715	2,376058
L3m	1,217605	1,244326	1,265916	1,292451	1,340562	1,428917	1,579512	1,811241	2,134826	2,56155
L3b	1,384289	1,452985	1,518163	1,580245	1,64653	1,72255	1,818473	1,943391	2,104655	2,312579
L2t	1,275415	1,318848	1,345964	1,354271	1,345217	1,323804	1,29918	1,284716	1,296523	1,353818
L2b	0,540992	0,584435	0,622318	0,650632	0,669203	0,678845	0,685103	0,697183	0,727923	0,795188
L1t	0	0	0,155607	0,98919	1,816364	2,699594	3,597611	4,43518	5,156788	5,724131
L1m	2,044026	2,115637	2,1878	2,261928	2,346459	2,446339	2,570674	2,725195	2,911318	3,130106
L1b	1,390952	1,486776	1,569851	1,636475	1,692389	1,744462	1,807481	1,898657	2,035709	2,239615
A8t	1,314719	1,377585	1,430645	1,470251	1,498839	1,520788	1,547236	1,593599	1,678321	1,825248
A8b	0	0	0	0,033412	0,453915	0,905008	1,296061	1,711793	2,081948	2,432475
A7t	0	0,055349	0,148332	0,328505	0,481403	0,639683	0,805009	0,974657	1,169999	1,422849
A7m	1,008799	1,09749	1,173866	1,226556	1,250741	1,24337	1,210508	1,166761	1,136371	1,153157
A7b	0,768666	0,85513	0,934947	0,996492	1,034585	1,04468	1,031824	1,009586	1,001768	1,04347
A6t	0	0	0	0	0,040419	0,149059	0,36995	0,568051	0,827631	1,152505
A6m	0	0	0	0	0,009793	0,11134	0,35919	0,637836	1,00245	1,455891
A6b	1,014915	1,051191	1,069297	1,065527	1,040617	1,002207	0,964925	0,951668	0,990706	1,117113
A5t	1,193065	1,309462	1,428936	1,54201	1,648367	1,742919	1,829771	1,915377	2,010762	2,133935
A5b	0,846842	0,883882	0,920524	0,956224	0,994821	1,040566	1,102744	1,192511	1,321708	1,506578
A4t	0	0	0	0	0,04501	0,17236	0,477648	0,828485	1,275803	1,784369
A4m	0,965193	1,046464	1,137306	1,23374	1,337984	1,445402	1,555842	1,666623	1,77498	1,880884
A4b	0,482714	0,513706	0,550353	0,592811	0,644442	0,706013	0,780563	0,869467	0,972704	1,091796
A3t	0,16463	0,159286	0,161999	0,175621	0,202324	0,240909	0,288208	0,337247	0,378244	0,400109
A3m	0,132682	0,130248	0,134905	0,148658	0,172933	0,206018	0,244626	0,282128	0,310002	0,319142
A3b	0,207454	0,212038	0,224659	0,246304	0,277651	0,315512	0,355378	0,389641	0,409294	0,405021
A2t	0,16765	0,172505	0,188005	0,215029	0,253962	0,300363	0,348336	0,388276	0,409414	0,401347
A2m	0,171546	0,171974	0,179746	0,196248	0,222319	0,25538	0,291365	0,323068	0,341766	0,338298
A2b	0,12191	0,11784	0,121933	0,136514	0,163083	0,199462	0,241144	0,280061	0,305199	0,303331
A1t	0,072562	0,061851	0,059186	0,066992	0,086326	0,115188	0,14954	0,182615	0,205804	0,209761
A1b	0,03372	0,031891	0,049777	0,085417	0,12165	0,167133	0,215715	0,25618	0,277303	0,265381

Tamaño (um)	22,440	25,179	28,251	31,698	35,566	39,905	44,774	50,238	56,368	63,246
Tamaño (mm)	0,022	0,025	0,028	0,032	0,036	0,040	0,045	0,050	0,056	0,063
PHI	5,478	5,312	5,146	4,979	4,813	4,647	4,481	4,315	4,149	3,983
Muestras Columna Las Rosas	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	LIMO	ARENA MUY FINA
A12t	1,353389	1,335374	1,337557	1,391923	1,532829	1,789294	2,184922	2,713649	3,37406	4,09841
A12b	1,727487	1,876683	2,001712	2,140966	2,34032	2,654825	3,144286	3,839747	4,7734	5,85655
A11t	2,200149	2,708383	3,208155	3,709551	4,208252	4,709865	5,217375	5,713472	6,192718	6,60277
A11m	1,216213	1,422467	1,709146	2,09111	2,560347	3,103054	3,697469	4,293328	4,861657	5,33315
A11b	0,871191	0,971708	1,146993	1,423787	1,814198	2,321712	2,940537	3,628764	4,361485	5,05227
A10	1,334637	1,544831	1,80792	2,131626	2,505962	2,920458	3,361442	3,79777	4,216861	4,57663
A9t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9b	0,811897	0,916871	1,093587	1,36847	1,754506	2,257266	2,873788	3,565126	4,308425	5,0165
L8t	0,249617	0,242131	0,213058	0,163901	0,108668	0,057213	0,038616	0,109562	0,288632	0,60439
L8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L7	0	0	0,000117	0,022425	0,248696	0,817658	1,829142	3,297327	5,183446	7,1989
L6	0,446468	0,441256	0,50658	0,685328	1,017041	1,532343	2,253721	3,156714	4,231889	5,36678
L5t	0,495714	0,367306	0,20306	0,017635	0	0,000168	0,046146	0,29287	0,899954	1,9571
L5b	0,405	0,285408	0,175487	0,119175	0,178342	0,414441	0,889621	1,630564	2,668874	3,92266
L4t	0,728342	1,143706	1,743463	2,541056	3,493896	4,543782	5,614436	6,583322	7,372589	7,86689
L4b	0,884128	1,38217	2,080324	2,983327	4,030758	5,146894	6,237514	7,165871	7,845499	8,1685
L3t	2,674669	3,022478	3,394845	3,78188	4,150489	4,473439	4,723113	4,870427	4,901281	4,80893
L3m	3,068053	3,64791	4,242122	4,816679	5,305401	5,660061	5,839057	5,81638	5,58718	5,18252
L3b	2,563624	2,865423	3,200707	3,566867	3,941459	4,305948	4,639499	4,910706	5,100087	5,17486
L2t	1,471425	1,667135	1,940773	2,296733	2,715912	3,174451	3,642079	4,069421	4,427294	4,66788
L2b	0,914405	1,106497	1,376304	1,734454	2,168453	2,659913	3,183346	3,690465	4,155897	4,52759
L1t	6,09362	6,266762	6,241484	6,038426	5,684865	5,21327	4,656403	4,067884	3,468323	2,90872
L1m	3,364548	3,605044	3,819115	3,985143	4,07257	4,062293	3,941102	3,713474	3,385771	2,9958
L1b	2,514583	2,871932	3,288495	3,751494	4,217812	4,647702	4,999933	5,229492	5,313391	5,23703
A8t	2,048258	2,368259	2,776358	3,271705	3,819136	4,378904	4,903066	5,325214	5,603016	5,68755
A8b	2,770256	3,132342	3,535195	4,013575	4,565615	5,175038	5,807154	6,390516	6,869692	7,15994
A7t	1,759654	2,226193	2,829231	3,590126	4,474645	5,43223	6,391692	7,236782	7,887298	8,23432
A7m	1,254338	1,481514	1,856029	2,400977	3,098896	3,913611	4,790089	5,627197	6,354358	6,85824
A7b	1,173338	1,437306	1,859001	2,465836	3,240485	4,144485	5,117117	6,044432	6,84374	7,38427
A6t	1,562485	2,107708	2,796178	3,663473	4,685268	5,811586	6,956278	7,96363	8,712088	9,05508
A6m	1,99895	2,666264	3,439584	4,334177	5,30687	6,302619	7,24179	7,998809	8,483473	8,6003
A6b	1,356731	1,741004	2,264401	2,927856	3,684613	4,478243	5,239859	5,87273	6,316944	6,50227
A5t	2,297497	2,520984	2,80287	3,146056	3,526849	3,915735	4,275903	4,557782	4,73024	4,76279
A5b	1,750561	2,065581	2,434723	2,85152	3,282596	3,696991	4,062664	4,342169	4,521968	4,58965
A4t	2,310637	2,842306	3,325316	3,744406	4,071205	4,301553	4,442954	4,515596	4,556591	4,60458
A4m	1,979564	2,073023	2,156707	2,232655	2,300004	2,361107	2,419994	2,481143	2,554312	2,64454
A4b	1,220894	1,360983	1,502594	1,645553	1,78525	1,923709	2,067642	2,224532	2,414393	2,64456
A3t	0,39147	0,345303	0,262333	0,149369	0,033663	0	0	0,084195	0,386224	0,91036
A3m	0,298208	0,248133	0,163818	0,015747	0	0	0	0	0,145088	0,65516
A3b	0,370489	0,302964	0,210902	0,108682	0,022043	0	0,005165	0,052565	0,226039	0,63608
A2t	0,355331	0,275297	0,166599	0,015208	0	0	0,0566	0,33586	0,833085	1,52557
A2m	0,303956	0,239162	0,145813	0,013341	0	0	0	0,060669	0,301412	0,7501
A2b	0,269405	0,182811	0,064067	0,003551	0	0	0	0	0,040727	0,30592
A1t	0,189891	0,135945	0,05916	0,004291	0	0	0	0	0,070468	0,49276
A1b	0,217964	0,109166	0	0	0	0	0,005434	0	0,29853	1,07308

Tamaño (um)	70,963	79,621	89,337	100,237	112,468	126,191	141,589	158,866	178,250	200,000
Tamaño (mm)	0,071	0,080	0,089	0,100	0,112	0,126	0,142	0,159	0,178	0,200
PHI	3,817	3,651	3,485	3,319	3,152	2,986	2,820	2,654	2,488	2,322
Muestras Columna Las Rosas	ARENA MUY FINA	ARENA MUY FINA	ARENA MUY FINA	ARENA MUY FINA	ARENA MUY FINA	ARENA MUY FINA	ARENA MUY FINA	ARENA MUY FINA	ARENA MUY FINA	ARENA FINA
A12t	4,850833	5,537076	6,091626	6,446261	6,557847	6,406834	6,009964	5,382817	4,587018	3,648642
A12b	7,01006	8,029452	8,73231	8,949091	8,594451	7,659328	6,303252	4,622702	2,987165	1,515197
A11t	6,914074	7,067023	7,020599	6,744608	6,235047	5,494702	4,604604	3,529156	2,506936	1,511033
A11m	5,681696	5,862868	5,864898	5,687214	5,351352	4,878463	4,319874	3,688659	3,029306	2,340315
A11b	5,661773	6,11014	6,356247	6,36792	6,144235	5,698442	5,090936	4,360358	3,596307	2,841664
A10	4,865424	5,052933	5,127381	5,078293	4,907238	4,616924	4,234131	3,769475	3,266901	2,743768
A9t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9b	5,647834	6,116974	6,376333	6,387482	6,146327	5,666251	5,014828	4,239137	3,440807	2,670512
L8t	1,102296	1,780518	2,637642	3,637624	4,712538	5,806777	6,796006	7,623954	8,183319	8,434968
L8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L7	9,106656	10,50969	11,15291	10,89951	9,815122	8,086885	6,104964	4,122545	2,472078	1,159452
L6	6,50347	7,494278	8,234827	8,617172	8,578712	8,095333	7,228209	6,044196	4,710167	3,376651
L5t	3,539307	5,520263	7,674807	9,636194	11,01765	11,52614	11,02918	9,616579	7,623932	5,396028
L5b	5,346428	6,770247	8,048685	9,007194	9,505631	9,460086	8,86803	7,787603	6,38147	4,79917
L4t	8,027723	7,826636	7,291193	6,477224	5,484733	4,388851	3,280036	2,359614	1,106153	0
L4b	8,104429	7,653176	6,867527	5,834322	4,676752	3,484438	2,362765	1,346923	0,453418	0
L3t	4,596289	4,283707	3,893002	3,454017	3,000605	2,551029	2,140917	1,77029	1,459524	1,199633
L3m	4,630343	3,998669	3,339373	2,708676	2,152542	1,685347	1,323567	1,039771	0,811806	0,598101
L3b	5,113435	4,892692	4,493056	3,897957	3,125649	2,180103	1,088179	0,179962	0	0
L2t	4,776897	4,740661	4,568989	4,283528	3,919799	3,50596	3,089302	2,680976	2,310127	1,970735
L2b	4,795572	4,942317	4,980489	4,930823	4,82356	4,68545	4,542524	4,396687	4,244904	4,061481
L1t	2,384188	1,911838	1,476944	1,064752	0,688074	0,346957	0,032668	0	0	0
L1m	2,56213	2,129221	1,716004	1,353735	1,034137	0,717465	0,453758	0,141663	0	0
L1b	5,002833	4,634401	4,16058	3,614265	3,045173	2,477275	1,896642	1,380323	0,740671	0,156181
A8t	5,562744	5,231349	4,718034	4,064152	3,335237	2,574124	1,824802	1,192188	0,507556	0
A8b	7,219648	7,014365	6,547735	5,847442	4,981888	3,998738	2,957357	2,055374	0,999014	0,044504
A7t	8,237034	7,876438	7,186409	6,237305	5,13513	3,958479	2,826688	1,774557	0,680004	0
A7m	7,091283	7,00672	6,609007	5,930247	5,036063	3,975128	2,852513	1,687132	0,563717	0
A7b	7,608303	7,464034	6,962975	6,157426	5,146864	4,018469	2,909785	1,837828	0,697341	0
A6t	8,939293	8,36249	7,399004	6,174657	4,849067	3,536069	2,377486	1,413283	0,527261	0
A6m	8,323001	7,67642	6,734974	5,607882	4,425144	3,267447	2,223514	1,315368	0,476917	0
A6b	6,412263	6,055454	5,47505	4,738407	3,930504	3,111586	2,371615	1,722959	1,218566	0,838811
A5t	4,650041	4,404196	4,051425	3,628284	3,176745	2,721469	2,301476	1,91718	1,589829	1,311928
A5b	4,556801	4,443362	4,276107	4,08009	3,874669	3,662223	3,443925	3,198641	2,920424	2,591281
A4t	4,700698	4,872506	5,128266	5,440034	5,739885	5,931537	5,889266	5,512007	4,785468	3,752844
A4m	2,761458	2,90499	3,072839	3,25214	3,421883	3,560355	3,638107	3,638112	3,550696	3,377335
A4b	2,934545	3,28117	3,679913	4,105752	4,51866	4,880857	5,134398	5,249201	5,198501	4,980711
A3t	1,656762	2,597125	3,680861	4,813802	5,878416	6,779836	7,393111	7,676312	7,599373	7,191835
A3m	1,354048	2,25249	3,306773	4,430177	5,510039	6,454008	7,133123	7,501302	7,517071	7,203232
A3b	1,407628	2,59548	4,176249	5,981317	7,73352	9,156605	9,950277	10,0219	9,399604	8,242912
A2t	2,427087	3,455809	4,536124	5,55465	6,393505	6,96899	7,204117	7,094793	6,678716	6,025966
A2m	1,434363	2,334316	3,402973	4,541086	5,620704	6,53816	7,166664	7,474966	7,449239	7,138869
A2b	0,922022	1,974091	3,487947	5,344564	7,291153	9,049693	10,25321	10,73608	10,42467	9,422395
A1t	1,283819	2,2726	3,440107	4,695341	5,90626	6,973399	7,752345	8,192755	8,246192	7,934785
A1b	1,976658	3,065808	4,25066	5,409934	6,41607	7,169555	7,567277	7,591376	7,260268	6,638996

Tamaño (um)	224,404	251,785	282,508	316,979	355,656	399,052	447,744	502,377	563,677	632,456
Tamaño (mm)	0,224	0,252	0,283	0,317	0,356	0,399	0,448	0,502	0,564	0,632
PHI	2,156	1,990	1,824	1,658	1,491	1,325	1,159	0,993	0,827	0,661
Muestras Columna Las Rosas	ARENA FINA	ARENA MEDIA	ARENA MEDIA	ARENA MEDIA	ARENA MEDIA	ARENA MEDIA	ARENA MEDIA	ARENA GRUESA	ARENA GRUESA	ARENA GRUESA
A12t	2,622666	1,560783	0,487626	0	0	0	0	0	0	0
A12b	0,113054	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11t	0,124835	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11m	1,645381	0,914869	0,244559	0	0	0	0	0	0	0
A11b	2,159182	1,577505	1,107325	0,758054	0,508591	0,350131	0,250985	0,191895	0,153028	0,098318
A10	2,235987	1,752077	1,296058	0,876412	0,478429	0,291893	0,262616	0,216851	0,127767	0,039858
A9t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9b	1,996184	1,445622	1,023066	0,727138	0,528607	0,385217	0,265469	0,165776	0,097964	0,030653
L8t	8,344069	7,925087	7,212136	6,291395	5,216633	4,131121	3,049	1,965356	0,821292	0,084424
L8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L7	0,108658	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L6	2,226049	0,50862	0	0	0	0	0	0	0	0
L5t	3,324853	1,790397	0,585886	0	0	0	0	0	0	0
L5b	3,279793	1,594838	0,260731	0	0	0	0	0	0	0
L4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L4b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3t	0,988296	0,814258	0,660577	0,514509	0,364291	0,218419	0,107685	0,06832	0,031193	0
L3m	0,384799	0,084475	0	0	0	0	0	0	0	0
L3b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L2t	1,663458	1,369623	1,069575	0,770576	0,479834	0,147402	0,029118	0	0	0
L2b	3,817529	3,481872	3,033967	2,481949	1,820419	1,1967	0,481139	0,055715	0	0
L1t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1b	0,0211	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6b	0,496923	0,173372	0,05385	0	0	0	0	0	0	0
A5t	1,086595	0,908401	0,77041	0,66754	0,58674	0,519718	0,445601	0,352073	0,227918	0,037976
A5b	2,213855	1,796653	1,357471	0,93022	0,50247	0,08538	0	0	0	0
A4t	2,570894	1,547	0,65965	0,155079	0,016053	0	0	0	0	0
A4m	3,135428	2,850275	2,546449	2,255543	1,984775	1,746135	1,522647	1,296808	1,033899	0,767871
A4b	4,616726	4,144883	3,602936	3,044791	2,484284	1,956087	1,447911	0,950792	0,418621	0,046787
A3t	6,526054	5,700353	4,808639	3,965297	3,217453	2,631638	2,187302	1,871025	1,628611	1,410336
A3m	6,623112	5,871018	5,03895	4,23895	3,519063	2,946584	2,505257	2,187231	1,946073	1,737036
A3b	6,809856	5,331998	3,964238	2,826041	1,90189	1,199318	0,66836	0,284017	0,033187	0
A2t	5,249772	4,458886	3,739832	3,172413	2,767774	2,526657	2,391305	2,299913	2,176885	1,963387
A2m	6,626524	6,003668	5,341557	4,709479	4,110726	3,562658	3,022266	2,474284	1,88908	1,284503
A2b	7,965931	6,319391	4,705144	3,310973	2,117972	1,225627	0,468586	0,086615	0,006233	0
A1t	7,320184	6,495745	5,551866	4,605537	3,705583	2,937512	2,294024	1,791426	1,401226	1,097015
A1b	5,839609	4,978217	4,151646	3,457349	2,919568	2,562	2,339315	2,207747	2,10353	1,972474

Tamaño (um)	709,627	796,214	893,367	1002,374	1124,683	1261,915	1415,892	1588,656	1782,502	2000,000
Tamaño (mm)	0,710	0,796	0,893	1,002	1,125	1,262	1,416	1,589	1,783	2,000
PHI	0,495	0,329	0,163	-0,003	-0,170	-0,336	-0,502	-0,668	-0,834	-1,000
Muestras Columna Las Rosas	ARENA GRUESA	ARENA GRUESA	ARENA GRUESA	ARENA MUY GRUESA	ARENA MUY GRUESA	ARENA MUY GRUESA	ARENA MUY GRUESA	ARENA MUY GRUESA	ARENA MUY GRUESA	ARENA MUY GRUESA
A12t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A12b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11b	0,05244	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9t	0	0,11632	0,761318	4,515912	8,66052	17,89196	23,9124	24,60742	13,62056	5,913591
A9b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L8t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L8b	0	0,113828	0,744637	4,465706	8,591361	17,83631	23,92106	24,68669	13,6894	5,95101
L7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L5t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L5b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L4b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L3b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L2t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L1b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4m	0,346931	0,074138	0	0	0	0	0	0	0	0
A4b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3t	1,167897	0,88738	0,594103	0,180186	0,04556	0	0	0	0	0
A3m	1,525143	1,285464	1,02496	0,736131	0,486334	0,257884	0,069441	0,013187	0	0
A3b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2t	1,624755	1,166483	0,653916	0,082458	0	0	0	0	0	0
A2m	0,658759	0,133593	0	0	0	0	0	0	0	0
A2b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1t	0,854959	0,64958	0,474994	0,324669	0,196502	0,09988	0,064148	0,046634	0,029414	0,016763
A1b	1,784835	1,524797	1,213219	0,884705	0,559832	0,234176	0,031372	0	0	0

Tabla D.2: Frecuencia y Frecuencia Acumulada para muestras granulométricas de Quebrada Las Rosas.

PHI	Frecuencia A1b	Frecuencia Acumulada A1b	Frecuencia A2b	Frecuencia Acumulada A2b	Frecuencia A3m	Frecuencia Acumulada A3m	Frecuencia A1t	Frecuencia Acumulada A1t	Frecuencia A2m	Frecuencia Acumulada A2m	Frecuencia A2t	Frecuencia Acumulada A2t
15.60964												
15.44357	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.27742	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.11134	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.94525	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.77914	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.61307	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.44698	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.28086	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.11476	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.94867	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.78257	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.61649	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.45038	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.2843	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.1182	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.9521	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.786	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.6199	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.45381	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.28771	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.12161	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.95552	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.78942	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.62333	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.45723	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.29114	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.12504	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
10.95894	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0.011193	100	0.068445	99.9712
10.79284	0	100.0054	0	100	0	100	0	100	0.057123	99.98881	0.076192	99.90276
10.62675	0	100.0054	0.028392	100	0.015261	100	0	100	0.06317	99.93168	0.086353	99.82657
10.46065	0	100.0054	0.048817	99.97161	0.017936	99.98474	0	100	0.072013	99.86851	0.0916	99.74021
10.29456	0	100.0054	0.053719	99.92279	0.016443	99.9668	0	100	0.075337	99.7965	0.094763	99.64861
10.12846	0	100.0054	0.056009	99.86907	0.016667	99.95036	0	100	0.079306	99.72116	0.094592	99.55385
9.962363	0	100.0054	0.055694	99.81306	0.015931	99.93369	0	100	0.081153	99.64186	0.093056	99.45926
9.796266	0	100.0054	0.055325	99.75737	0.015824	99.91776	0	100	0.083064	99.56071	0.091293	99.3662
9.63017	0	100.0054	0.057965	99.70204	0.014454	99.90194	0	100	0.086108	99.47764	0.090853	99.27491
9.464073	0	100.0054	0.061355	99.64408	0.019027	99.88748	0	100	0.091271	99.39153	0.093158	99.18406
9.297978	0.038732	100.0054	0.067896	99.58272	0.060346	99.86846	0	100	0.099098	99.30026	0.099042	99.0909
9.131881	0.043656	99.9667	0.077432	99.51483	0.07256	99.80811	0	100	0.109955	99.20116	0.108976	98.99186
8.965784	0.04608	99.92305	0.08938	99.43739	0.079838	99.73555	0.031297	100	0.123007	99.09121	0.122095	98.88288
8.799688	0.054416	99.87697	0.103174	99.34801	0.096769	99.65571	0.092142	99.9687	0.137515	98.9682	0.137396	98.76078
8.633591	0.058386	99.82255	0.117596	99.24484	0.111592	99.55894	0.102301	99.87656	0.152199	98.83069	0.153226	98.62339
8.467495	0.062349	99.76417	0.131309	99.12724	0.126396	99.44735	0.116417	99.77426	0.165782	98.67849	0.167848	98.47016
8.301399	0.065014	99.70182	0.143133	98.99593	0.139535	99.32096	0.127657	99.65784	0.1773	98.51271	0.179891	98.30231
8.135302	0.064967	99.6368	0.151496	98.8528	0.149231	99.18142	0.134224	99.53019	0.185499	98.35541	0.187805	98.12242
7.969206	0.062654	99.57184	0.155657	98.70131	0.155039	99.03219	0.135283	99.39596	0.189987	98.14991	0.191077	97.93462
7.80311	0.057897	99.50918	0.154957	98.54565	0.156228	98.87715	0.130317	99.26068	0.190416	97.95992	0.189561	97.74354
7.637013	0.051246	99.45128	0.149673	98.39069	0.153167	98.72092	0.119681	99.13036	0.187307	97.7695	0.184193	97.55398
7.470917	0.043622	99.40004	0.140966	98.24102	0.146913	98.56776	0.104892	99.01068	0.181826	97.5822	0.176886	97.36979
7.30482	0.037082	99.35642	0.130795	98.10005	0.139263	98.42084	0.088184	98.90579	0.175774	97.40037	0.17027	97.1929
7.138724	0.03372	99.31933	0.12191	97.96926	0.132682	98.28158	0.072562	98.81761	0.171546	97.2246	0.16765	97.02263
6.972628	0.031891	99.28561	0.117884	97.84735	0.130248	98.1489	0.061851	98.74504	0.171974	97.05305	0.172505	96.85498
6.806531	0.049777	99.25372	0.121933	97.72951	0.134905	98.01865	0.059186	98.68319	0.179746	96.88108	0.188005	96.68248
6.640435	0.085417	99.20395	0.136514	97.60757	0.148658	97.88375	0.066992	98.62401	0.196248	96.70133	0.215029	96.49447
6.474338	0.12165	99.11853	0.163083	97.47106	0.172933	97.73509	0.086326	98.55701	0.222319	96.50508	0.253962	96.27944
6.308242	0.167133	98.99688	0.19462	97.30798	0.206018	97.56215	0.115188	98.47069	0.25538	96.28276	0.300363	96.02548
6.142145	0.215715	98.82975	0.241144	97.10852	0.244626	97.35614	0.14954	98.3555	0.291365	96.02738	0.348336	95.72512
5.976049	0.25618	98.61403	0.280061	96.86737	0.282128	97.11151	0.182615	98.20596	0.323068	95.73602	0.388276	95.37678
5.809953	0.277303	98.35785	0.305199	96.58731	0.310002	96.82938	0.205804	98.02335	0.341766	95.41295	0.409414	94.98851
5.643856	0.265381	98.08055	0.303331	96.28211	0.319142	96.51938	0.209761	97.81754	0.338298	95.07119	0.401347	94.57909
5.47776	0.217964	97.81517	0.269405	95.97878	0.298208	96.20024	0.188991	97.60778	0.303956	94.73289	0.355331	94.17774
5.311663	0.109166	97.5972	0.182811	95.70938	0.248133	95.90203	0.135945	97.41789	0.239162	94.42893	0.239297	93.82241
5.145567	0	97.48804	0.064067	95.52656	0.163818	95.6539	0.05916	97.28194	0.145813	94.18977	0.166599	93.54712
4.979471	0	97.48804	0.003551	95.4625	0.015747	95.49008	0.004291	97.22278	0.013341	94.04396	0.015208	93.38052
4.813374	0	97.48804	0	95.45895	0	95.47433	0	97.21849	0	94.03062	0	93.36531
4.647278	0	97.48804	0	95.45895	0	95.47433	0	97.21849	0	94.03062	0	93.36531
4.481181	0.005434	97.48804	0	95.45895	0	95.47433	0	97.21849	0	94.03062	0.0566	93.36531
4.315085	0	97.4826	0	95.45895	0	95.47433	0	97.21849	0.060669	94.03062	0.33586	93.30871
4.148989	0.29853	97.4826	0.040727	95.45895	0.145088	95.47433	0.070468	97.21849	0.301412	93.96995	0.833085	92.97285
3.982892	1.07308	97.18407	0.305921	95.41822	0.655163	95.32924	0.492761	97.14803	0.750097	93.66853	1.525571	92.13976
3.816796	1.976658	96.11099	0.922022	95.1123	1.354048	94.67408	1.283819	96.65526	1.434363	92.91844	2.427087	90.61419
3.650699	3.065808	94.13434	1.974091	94.19028	2.25249	93.32003	2.2726	95.37145	2.334316	91.48407	3.455809	88.18711
3.484603	4.25066	91.06853	3.487947	92.21619	3.306773	91.06754	3.440107	93.09885	3.402973	89.14976	4.536124	84.7313
3.318507	5.409934	86.81787	5.344564	88.72824	4.430177	87.76077	4.695341	89.65874	4.541068	85.74679	5.55465	80.19517
3.15241	6.41607	81.40793	7.291153	83.38367	5.510039	83.33059	5.90626	84.9634	5.620704	81.2057	6.393505	74.64052
2.986314	7.169555	74.99186	9.049693	76.09252	6.454008	77.82055	6.973399	79.05714	6.53816	75.585	6.96899	68.24702
2.820217	7.567277	67.82231	10.25321	67.04283	7.133123	71.36655	7.752345	72.08374	7.166664	69.04684	7.204117	61.27803
2.654121	7.591376	60.25503	10.73608	56.78962	7.501302	64.23342	8.192755	64.33139	7.474966	61.88017	7.094793	54.07391
2.488024	7.260268	52.66366	10.42467	46.05354	7.517071	56.73212	8.246192	56.13864	7.449239	54.40521	6.678716	46.97912
2.321928	6.638996	45.40339	9.422395	35.62887	7.203232	49.21505	7.934785	47.89245	7.138869	46.95597	6.025966	40.3004
2.155832	5.839609	38.76439	7.965931	26.20647	6.623112	42.01182	7.320184	39.95766	6.626524	39.8171	5.249772	32.27444
1.989735	4.978217	32.92478	6.319391	18.24054	5.871018	35.38871	6.495745	32.63748	6.003668	33.19057	4.458886	29.02466
1.823639	4.151646	27.94657	4.705144	11.92115	5.03895	29.51769						

PHI	Frecuencia A1b	Frecuencia Acumulada A1b	Frecuencia A2b	Frecuencia Acumulada A2b	Frecuencia A3m	Frecuencia Acumulada A3m	Frecuencia A1t	Frecuencia Acumulada A1t	Frecuencia A2m	Frecuencia Acumulada A2m	Frecuencia A2t	Frecuencia Acumulada A2t
0.993157	2.207747	12.51669	0.086615	0.092848	2.187231	11.26888	1.791426	7.04721	2.474284	6.440219	2.299913	9.967797
0.82706	2.10353	10.30894	0.006233	0.006233	1.946073	9.081653	1.401226	5.255784	1.88908	3.965935	2.176885	7.667884
0.660964	1.972474	8.20541	0	0	1.737036	7.13558	1.097015	3.854558	1.284503	2.076855	1.963387	5.490099
0.494868	1.784835	6.232936	0	0	1.525143	5.398544	0.854959	2.737543	0.658759	0.792352	1.624755	3.527612
0.328771	1.524797	4.448101	0	0	1.285464	3.873401	0.64958	1.902584	0.133593	0.133593	1.166483	1.902857
0.162675	1.213219	2.923304	0	0	1.02496	2.587937	0.474994	1.253004	0	0	0.653916	0.736374
-0.00342	0.884705	1.710085	0	0	0.736131	1.562977	0.324669	0.77801	0	0	0.082458	0.082458
-0.16952	0.559832	0.82538	0	0	0.486334	0.826846	0.196502	0.453341	0	0	0	0
-0.33561	0.234176	0.265548	0	0	0.257884	0.340512	0.09988	0.256839	0	0	0	0
-0.50171	0.031372	0.031372	0	0	0.069441	0.082628	0.064148	0.156959	0	0	0	0
-0.66781	0	0	0	0	0.013187	0.013187	0.046634	0.092811	0	0	0	0
-0.8339	0	0	0	0	0	0	0.029414	0.046177	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0	0.016763	0.016763	0	0	0	0

PHI	Frecuencia A2t	Frecuencia Acumulada A2b	Frecuencia A3b	Frecuencia Acumulada A3b	Frecuencia A3t	Frecuencia Acumulada A3t	Frecuencia A7m	Frecuencia Acumulada A7m	Frecuencia A4m	Frecuencia Acumulada A4m	Frecuencia A5t	Frecuencia Acumulada A5t
15.60964												
15.44357	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
15.27742	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
15.11134	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
14.94525	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
14.77914	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
14.61307	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
14.44698	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
14.28086	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
14.11476	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
13.94867	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
13.78257	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
13.61649	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
13.45038	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
13.2843	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
13.1182	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
12.9521	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
12.786	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
12.6199	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
12.45381	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
12.28771	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
12.12161	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
11.95552	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
11.78942	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
11.62333	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
11.45723	0	100	0	100	0	100	0	99.99998	0	100.00004	0	100
11.29114	0	100	0.042677	100	0	100	0.058789	99.99998	0	100.00004	0	100
11.12504	0.028797	100	0.066759	99.95733	0.024007	100	0.105677	99.941209	0.064171	100.00004	0.06835	100
10.95894	0.068445	99.9712	0.079793	99.89057	0.057069	99.976	0.177873	99.835532	0.14383	99.935833	0.154374	99.93165
10.79284	0.076192	99.90276	0.091874	99.81077	0.063536	99.91893	0.217022	99.657659	0.192824	99.792003	0.212305	99.77727
10.62675	0.086353	99.82657	0.099868	99.7189	0.071942	99.85539	0.253915	99.440637	0.226692	99.599179	0.250997	99.56497
10.46065	0.0916	99.74021	0.103634	99.61903	0.076239	99.78345	0.278262	99.186722	0.250745	99.372487	0.278253	99.31397
10.29456	0.094763	99.64861	0.103762	99.5154	0.078863	99.70721	0.291449	99.890846	0.267069	99.121742	0.296592	99.03572
10.12846	0.094592	99.55385	0.101149	99.41164	0.07885	99.62835	0.296164	98.617011	0.274272	98.54673	0.304319	98.73913
9.962363	0.093056	99.45926	0.097082	99.31049	0.077959	99.5495	0.294944	98.320847	0.276824	98.580401	0.306821	98.43481
9.796266	0.091293	99.3662	0.093259	99.2134	0.077269	99.47154	0.291947	98.025903	0.278248	98.303577	0.308251	98.12799
9.63017	0.090853	99.27491	0.0915	99.12015	0.078168	99.39427	0.291427	97.733956	0.282688	98.025329	0.313434	97.81974
9.464073	0.093158	99.18406	0.093314	99.02865	0.081968	99.3161	0.296949	97.442529	0.293974	97.742641	0.326726	97.5063
9.297978	0.099042	99.0909	0.099569	98.93533	0.089331	99.23413	0.310419	97.14558	0.313929	97.448667	0.35001	97.17958
9.131881	0.108976	98.99186	0.110582	98.83576	0.100713	99.1448	0.332409	96.835161	0.34362	97.134738	0.384158	96.82957
8.965784	0.122095	98.88288	0.125233	98.72518	0.115229	99.04409	0.360522	96.502752	0.380596	96.791118	0.425927	96.44541
8.799688	0.137396	98.76078	0.142386	98.59995	0.132007	98.92886	0.39292	96.14223	0.42299	96.410522	0.472917	96.01948
8.633591	0.153226	98.62339	0.160361	98.45756	0.14953	98.79685	0.427727	95.74931	0.468168	95.987532	0.5222	95.54656
8.467495	0.167848	98.47016	0.177535	98.2972	0.166197	98.64732	0.464554	95.321583	0.514386	95.519364	0.572436	95.02436
8.301399	0.179891	98.30231	0.19271	98.11967	0.180722	98.48113	0.505224	94.857029	0.561797	95.004978	0.624992	94.45193
8.135302	0.187805	98.12242	0.204275	97.92696	0.191363	98.30004	0.550364	94.351805	0.609059	94.443181	0.67985	93.82694
7.969206	0.191077	97.93462	0.21181	97.72268	0.197384	98.10004	0.603875	93.801441	0.658467	93.834122	0.741249	93.14709
7.80311	0.189561	97.74354	0.214879	97.51087	0.197997	97.91166	0.665959	93.197566	0.709333	93.175655	0.809533	92.40584
7.637013	0.184193	97.55398	0.214249	97.29599	0.193492	97.71366	0.739589	92.531607	0.764548	92.466322	0.888944	91.5963
7.470917	0.176886	97.36979	0.211309	97.08174	0.184979	97.52017	0.823064	91.792018	0.824548	91.701774	0.979373	90.70736
7.30482	0.17027	97.1929	0.208161	96.87043	0.174428	97.33519	0.914279	90.968954	0.890945	90.877226	1.08113	89.72799
7.138724	0.16765	97.02263	0.207454	96.66227	0.16463	97.16076	1.008799	90.054675	0.965193	89.986281	1.193065	88.64686
6.972628	0.172505	96.85498	0.212038	96.45482	0.159286	96.99613	1.09749	89.045876	1.046464	89.021088	1.309462	87.45379
6.806531	0.188005	96.68248	0.224659	96.24278	0.161999	96.83684	1.173866	87.948386	1.137306	87.974624	1.428936	86.14433
6.640435	0.215029	96.49447	0.246304	96.01812	0.175621	96.67485	1.226556	86.77452	1.23374	86.837318	1.54201	84.71539
6.474338	0.253962	96.27944	0.277651	95.77182	0.202324	96.49922	1.250741	85.547964	1.337984	85.603578	1.648367	83.17338
6.308242	0.300363	96.02548	0.315512	95.49417	0.240099	96.2969	1.24337	84.297223	1.445402	84.265594	1.742919	81.52502
6.142145	0.348336	95.72512	0.355378	95.17865	0.288208	96.05599	1.210508	83.053853	1.555842	82.820192	1.829771	79.7821
5.976049	0.388276	95.37678	0.389641	94.82328	0.337247	95.76778	1.166761	81.843345	1.666623	81.26435	1.915377	77.95233
5.809953	0.409414	94.98851	0.409294	94.43364	0.378244	95.43054	1.136371	80.676584	1.77498	79.597727	2.010762	76.03695
5.643856	0.401347	94.57909	0.405021	94.02434	0.400109	95.05229	1.153157	79.540213	1.880884	77.822747	2.133935	74.02619
5.47776	0.355331	94.17774	0.370489	93.61932	0.39147	94.65218	1.254338	78.387056	1.979564	75.941863	2.297497	71.89225
5.311663	0.275297	93.82241	0.302964	93.24883	0.345303	94.26071	1.481514	77.132718	2.073023	73.962299	2.520984	69.59476
5.145567	0.166599	93.54712	0.210902	92.94587	0.262333	93.91541	1.856029	75.651204	2.156707	71.889276	2.80287	67.07377
4.979471	0.015208	93.38052	0.108682	92.73497	0.149369	93.65308	2.400977	73.795175	2.232655	69.732569	3.146056	64.27099
4.813374	0	93.36531	0.022043	92.62628	0.033663	93.50371	3.098896	71.394198	2.300004	67.499914	3.526849	61.12485
4.647278	0	93.36531	0	92.60424	0	93.47005	3.913611	68.295302	2.361107	65.19991	3.915735	57.598
4.481181	0.0566	93.36531	0.005165	92.60424	0	93.47005	4.790089	64.381691	2.419994	62.838803	4.275903	53.68226
4.315085	0											

PHI	Frecuencia A2t	Frecuencia Acumulada A2b	Frecuencia A3b	Frecuencia Acumulada A3b	Frecuencia A3t	Frecuencia Acumulada A3t	Frecuencia A7m	Frecuencia Acumulada A7m	Frecuencia A4m	Frecuencia Acumulada A4m	Frecuencia A5t	Frecuencia Acumulada A5t
3.650699	3.455809	88.18711	2.59548	90.27677	2.597125	90.43251	7.00672	33.660527	2.90499	49.977356	4.404196	30.7055
3.484603	4.536124	84.7313	4.176249	87.68129	3.680861	87.83538	6.609007	26.653807	3.072839	47.072366	4.051425	26.30131
3.318507	5.55465	80.19517	5.981317	83.50504	4.813802	84.15452	5.930247	20.0448	3.25214	43.999527	3.628284	22.24988
3.15241	6.393505	74.64052	7.73352	77.52372	5.878416	79.34072	5.036063	14.114553	3.421883	40.747387	3.176745	18.6216
2.986314	6.96899	68.24702	9.156605	69.7902	6.779836	73.4623	3.975128	9.07849	3.560355	37.325504	2.721469	15.44485
2.820217	7.204117	61.27803	9.950277	60.6336	7.393111	66.68247	2.852513	5.103362	3.638107	33.765149	2.301476	12.72339
2.654121	7.094793	54.07391	10.0219	50.68332	7.676312	59.28935	1.687132	2.250849	3.638112	30.127042	1.91718	10.42191
2.488024	6.678716	46.97912	9.399604	40.66142	7.599373	51.61304	0.563717	3.550696	26.48893	1.589829	8.504729	
2.321928	6.025966	40.3004	8.242912	31.26182	7.191835	44.01367	0	0	3.377335	22.938234	1.311928	6.9149
2.155832	5.249772	34.27444	6.809856	23.01891	6.526054	36.82183	0	0	3.135428	19.560899	1.086595	5.602972
1.989735	4.458886	29.02466	5.331998	16.20905	5.700353	30.29578	0	0	2.850275	16.425471	0.908401	4.516377
1.823639	3.739832	24.56578	3.964238	10.87705	4.806399	24.59543	0	0	2.546449	13.575196	0.77041	3.607976
1.657542	3.172413	20.82595	2.826041	6.912813	3.965297	19.78679	0	0	2.255543	11.028747	0.66754	2.837566
1.491446	2.767774	17.65353	1.90189	4.086772	3.217453	15.82149	0	0	1.984775	8.773204	0.58674	2.170026
1.32535	2.526657	14.88576	1.199318	2.184882	2.631638	12.60404	0	0	1.746135	6.788429	0.519718	1.583286
1.159253	2.391305	12.3591	0.66836	0.98564	2.187302	9.9724	0	0	1.522647	5.042294	0.445601	1.063568
0.993157	2.299913	9.967797	0.284017	0.317204	1.871025	7.785098	0	0	1.296808	3.519647	0.352073	0.617967
0.82706	2.176885	7.667884	0.033187	0.033187	1.628611	5.914073	0	0	1.033899	2.222839	0.227918	0.265894
0.660964	1.963387	5.490999	0	0	1.410336	4.285462	0	0	0.767871	1.18894	0.037976	0.037976
0.494868	1.624755	3.527612	0	0	1.167897	2.875126	0	0	0.346931	0.421069	0	0
0.328771	1.166483	1.902857	0	0	0.88738	1.707229	0	0	0.074138	0.074138	0	0
0.162675	0.653916	0.736374	0	0	0.594103	0.819849	0	0	0	0	0	0
-0.00342	0.082458	0.082458	0	0	0.180186	0.225746	0	0	0	0	0	0
-0.16952	0	0	0	0	0.04556	0.04556	0	0	0	0	0	0
-0.33561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.50171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.66781	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.8339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PHI	Frecuencia A6m	Frecuencia Acumulada A6m	Frecuencia A8b	Frecuencia Acumulada A8b	Frecuencia L1m	Frecuencia Acumulada L1m	Frecuencia L2b	Frecuencia Acumulada L2b	Frecuencia L3m	Frecuencia Acumulada L3m	Frecuencia L4b	Frecuencia Acumulada L4b
15.60964												
15.44357	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.27742	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.11134	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.94525	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.77914	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.61307	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.44698	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.28086	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.11476	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.94867	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.78257	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.61649	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.45038	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.2843	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.1182	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.9521	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.786	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.6199	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.45381	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.28771	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.12161	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.95552	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.78942	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.62333	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.45723	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.29114	0	100	0	100	0.137849	100	0	100	0	100	0.078129	100
11.12504	0	100	0	100	0.318057	99.86215	0	100	0	100	0.12482	99.92187
10.95894	0	100	0	100	0.458546	99.54409	0.013062	100	0.024011	100	0.186914	99.79705
10.79284	0	100	0	100	0.607862	99.08555	0.068883	99.98694	0.115916	99.97599	0.222342	99.61014
10.62675	0	100	0	100	0.733126	98.47768	0.082295	99.91805	0.156855	99.86007	0.25445	99.3878
10.46065	0	100	0	100	0.830905	97.74456	0.097917	99.83576	0.198601	99.70322	0.274711	99.13335
10.29456	0	100	0	100	0.903373	96.51365	0.110864	99.73784	0.230446	99.50462	0.284091	98.85864
10.12846	0	100	0	100	0.949568	96.01028	0.123433	99.62698	0.261058	99.27417	0.284622	98.57454
9.962363	0	100	0	100	0.976122	95.06071	0.134798	99.50355	0.287342	99.01311	0.278325	98.28992
9.796266	0	100	0	100	0.991168	94.08459	0.146196	99.36875	0.312329	98.72577	0.268543	98.0116
9.63017	0	100	0	100	1.004069	93.09342	0.157987	99.22255	0.33762	98.41344	0.258923	97.74305
9.464073	0	100	0	100	1.023841	92.08935	0.170745	99.06456	0.365818	98.07582	0.252148	97.48413
9.297978	0	100	0	100	1.055711	91.06551	0.18405	98.89382	0.397766	97.71	0.250248	97.23198
9.131881	0	100	0	100	1.102889	90.0098	0.198124	98.70977	0.436043	97.31224	0.253344	96.98174
8.965784	0	100	0	100	1.162025	88.90691	0.212351	98.51165	0.480654	96.87619	0.260175	96.72839
8.799688	0	100	0	100	1.230491	87.74489	0.227116	98.29929	0.533211	96.39554	0.269478	96.46822
8.633591	0	100	0	100	1.304679	86.5144	0.242762	98.07218	0.593884	95.86233	0.280703	96.19874
8.467495	0	100	0	100	1.382718	85.20972	0.259976	97.82942	0.662196	95.26845	0.294765	95.91804
8.301399	0	100	0	100	1.465251	83.827	0.280052	97.56944	0.738406	94.60625	0.314113	95.62327
8.135302	0	100	0	100	1.548892	82.36175	0.303441	97.28939	0.818476	93.86784	0.340391	95.30916
7.969206	0	100	0	100	1.635525	80.81286	0.332001	96.98595	0.90246	93.04937	0.376561	94.96877
7.80311	0	100	0	100	1.720978	79.17733	0.365332	96.65395	0.983458	92.14691	0.422289	94.59221
7.637013	0	100	0	100	1.806474	77.45635	0.404429	96.28861	1.059668	91.16345	0.477809	94.16992
7.470917	0	100	0	100	1.890986	75.64988	0.447831	95.88419	1.125515	90.10378	0.535881	93.69211
7.30482	0	100	0	100	1.968336	73.76079	0.49411	95.43635	1.17853	88.97827	0.599915	93.1533
7.138724	0	100	0	100	2.044026	71.79246	0.540992	94.94224	1.217605	87.79974	0.653421	92.55338
6.972628	0	100	0	100	2.115637	69.74843	0.584435	94.40125	1.244326	86.58213	0.689256	91.89996
6.806531	0	100	0	100	2.1878	67.63279	0.622318	93.81682	1.265916	85.33781	0.699641	91.21071
6.640435	0	100	0.033412	100	2.261928	65.44499	0.650632	93.1945	1.292451	84.07189	0.678969	90.51106

PHI	Frecuencia A6m	Frecuencia Acumulada A6m	Frecuencia A8b	Frecuencia Acumulada A8b	Frecuencia L1m	Frecuencia Acumulada L1m	Frecuencia L2b	Frecuencia Acumulada L2b	Frecuencia L3m	Frecuencia Acumulada L3m	Frecuencia L4b	Frecuencia Acumulada L4b
6.474338	0,009793	100	0,453915	99,96659	2,346459	63,18307	0,669203	92,54387	1,340562	82,77944	0,626669	89,8321
6.308242	0,11134	99,99021	0,905008	99,51267	2,446339	60,83661	0,678845	91,87466	1,428917	81,43888	0,552786	89,20543
6.142145	0,35919	98,67887	1,296061	98,60767	2,570674	58,39027	0,685103	91,19582	1,579512	80,00996	0,476416	88,65264
5.976049	0,637836	99,51968	1,711793	97,31161	2,725195	55,81959	0,697183	90,51072	1,811241	78,43045	0,428929	88,17622
5.809953	1,00245	98,88184	2,081948	95,59981	2,911318	53,0944	0,727923	89,81353	2,134826	76,61921	0,44995	87,7473
5.643856	1,455891	97,87939	2,432475	93,51786	3,130106	50,18308	0,795188	89,08561	2,56155	74,48438	0,588606	87,29735
5.47776	1,99895	96,4235	2,770256	91,08539	3,364548	47,05298	0,914405	88,29042	3,068053	71,92283	0,884128	86,70874
5.311663	2,666264	94,42455	3,132342	88,31513	3,605044	43,68843	1,106497	87,37602	3,64791	68,85478	1,38217	85,82461
5.145567	3,439584	91,75829	3,535195	85,18279	3,819115	40,08338	1,376304	86,26952	4,242122	65,20687	2,080324	84,44244
4.979471	4,334177	88,3187	4,013575	81,6476	3,985143	36,26427	1,734454	84,89322	4,816679	60,96475	2,983327	82,36212
4.813374	5,30687	83,98453	4,565615	77,63402	4,07257	32,27913	2,168453	83,15876	5,305401	56,14807	4,030758	79,37879
4.647278	6,302619	78,67766	5,175038	73,06841	4,062293	28,20656	2,659913	80,99031	5,660061	50,84267	5,146894	75,34803
4.481181	7,24179	72,37504	5,807154	67,89337	3,941122	24,14426	3,183346	78,3304	5,839057	45,1826	6,237514	70,20114
4.315085	7,998809	65,13325	6,390516	62,08621	3,713474	20,20316	3,690465	75,14705	5,81638	39,34355	7,165871	63,96362
4.148989	8,483473	57,13444	6,869692	55,6957	3,385771	16,48969	4,155897	71,45659	5,58718	33,52717	7,845499	56,79775
3.982892	8,600299	48,65097	7,159941	48,82601	2,995802	13,10392	4,527591	67,30069	5,182518	27,93999	8,168504	48,95225
3.816796	8,323001	40,05067	7,219648	41,66607	2,56213	10,10811	4,795572	62,7731	4,630343	22,75747	8,104429	40,78375
3.650699	7,67642	31,72767	7,014365	34,44642	2,129221	7,545983	4,942317	57,97753	3,998669	18,12713	7,653176	32,67932
3.484603	6,734974	24,05125	6,547735	27,43205	1,716004	5,416762	4,980489	53,03521	3,339373	14,12846	6,867527	25,02615
3.318507	5,607882	17,31627	5,847442	20,88432	1,353735	3,700758	4,930823	48,05472	2,708676	10,78908	5,834322	18,15862
3.15241	4,425144	11,70839	4,981888	15,03688	1,034137	2,347023	4,82356	43,1239	2,152542	8,080408	4,676752	12,3243
2.986314	3,267447	7,283246	3,998738	10,05499	0,717465	1,312886	4,68545	38,30034	1,685347	5,927866	3,484438	7,647544
2.820217	2,223514	4,015799	2,957357	6,056249	0,453758	0,595421	4,542524	33,61489	1,323567	4,242519	2,362765	4,63106
2.654121	1,315368	1,792285	2,055374	3,098892	0,141663	0,141663	4,396687	29,07236	1,039771	2,918952	1,346923	1,800341
2.488024	0,476917	0,476917	0,999014	1,043518	0	0	4,244904	24,67568	0,81806	1,879181	0,453418	0,453418
2.321928	0	0	0,044504	0,044504	0	0	4,061481	20,43077	0,598101	1,067375	0	0
2.155832	0	0	0	0	0	0	3,817529	16,36929	0,384799	0,469274	0	0
1.989735	0	0	0	0	0	0	3,481872	12,55176	0,084475	0,084475	0	0
1.823639	0	0	0	0	0	0	3,033967	9,069889	0	0	0	0
1.657542	0	0	0	0	0	0	2,481949	6,035922	0	0	0	0
1.491446	0	0	0	0	0	0	1,820419	3,553973	0	0	0	0
1.32535	0	0	0	0	0	0	1,1967	1,733554	0	0	0	0
1.159253	0	0	0	0	0	0	0,481139	0,536854	0	0	0	0
0.993157	0	0	0	0	0	0	0,055715	0,055715	0	0	0	0
0.82706	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.660964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.494868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.328771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.162675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,00342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,16952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,33561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,50171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,66781	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,8339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PHI	Frecuencia A4b	Frecuencia Acumulada A4b	Frecuencia A4t	Frecuencia Acumulada A4t	Frecuencia A5b	Frecuencia Acumulada A5b	Frecuencia A6b	Frecuencia Acumulada A6b	Frecuencia A6t	Frecuencia Acumulada A6t	Frecuencia A8t	Frecuencia Acumulada A8t
15.60964												
15,44357	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15,27742	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15,11134	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14,94525	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14,77914	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14,61307	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14,44698	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14,28086	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14,11476	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13,94867	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13,78257	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13,61649	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13,45038	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13,2843	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13,1182	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12,9521	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12,786	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12,6199	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12,45381	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12,28771	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12,12161	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11,95552	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11,78942	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11,62333	0,015953	100	0	100	0,012906	100	0	100	0	100	0	100
11,45723	0,09773	99,98405	0	100	0,081747	99,98709	0,020379	100	0	100	0	100
11,29114	0,152186	99,88632	0	100	0,146642	99,90535	0,12828	99,97962	0	100	0,110623	100
11,12504	0,209971	99,73413	0	100	0,255992	99,7387	0,225896	99,85134	0	100	0,18284	99,88938
10,95894	0,247859	99,52416	0	100	0,313963	99,48271	0,277927	99,62544	0	100	0,284374	99,70654
10,79284	0,280177	99,2763	0	100	0,366574	99,16875	0,336164	99,34752	0	100	0,342369	99,42217
10,62675	0,298689	98,99612	0	100	0,399724	98,80218	0,375348	99,01135	0	100	0,397011	99,0798
10,46065	0,304266	98,69743	0	100	0,414987	98,40245	0,399443	98,63601	0	100	0,434453	98,68279
10,29456	0,298413	98,39317	0	100	0,414743	97,98746	0,410772	98,23656	0	100	0,45678	98,24833
10,12846	0,283181	98,09475	0	100	0,401644	97,57272	0,410689	97,82579	0	100	0,467577	97,7155
9,962363	0,262285	97,81157	0	100	0,381079	97,17108	0,403938	97,4151	0	100	0,470445	97,32398
9,796266	0,2402	97,54929	0	100	0,359427	96,79	0,395718	97,01116	0	100	0,471168	96,85353
9,63017	0,221963	97,30909	0	100	0,343676	96,43057	0,391669	96,61545	0	100	0,475582	96,38236
9,464073	0,211021	97,08713	0	100	0,33899	96,0869	0,396317	96,22378	0	100	0,488828	95,90678
9,297978	0,20994	96,8761	0	100	0,348566	95,74791	0,412006	95,82746	0	100	0,513418	95,41795

PHI	Frecuencia A4b	Frecuencia Acumulada A4b	Frecuencia A4t	Frecuencia Acumulada A4t	Frecuencia A5b	Frecuencia Acumulada A5b	Frecuencia A6b	Frecuencia Acumulada A6b	Frecuencia A6t	Frecuencia Acumulada A6t	Frecuencia A8t	Frecuencia Acumulada A8t
9.131881	0.218569	96.66616	0	100	0,372481	95.39934	0,43907	95,41545	0	100	0,55045	94,90453
8.965784	0.234452	96.4476	0	100	0,406731	95,02686	0,473983	94,97638	0	100	0,596474	94,35408
8.799688	0.254826	96.21314	0	100	0,447403	94,62013	0,513795	94,5024	0	100	0,648986	93,75761
8.633591	0.277019	95.95832	0	100	0,490373	94,17272	0,555481	93,98861	0	100	0,704933	93,10862
8.467495	0.299489	95.6813	0	100	0,533195	93,68235	0,597861	93,43312	0	100	0,762849	92,40369
8.301399	0.321982	95.38181	0	100	0,575556	93,14916	0,64217	92,83526	0	100	0,823703	91,64084
8.135302	0.343537	95,05983	0	100	0,615785	92,5736	0,68809	92,19309	0	100	0,886075	90,81714
7.969206	0.364959	94,71629	0	100	0,655382	91,95782	0,738341	91,505	0	100	0,952736	89,93106
7.80311	0.385938	94,35133	0	100	0,693518	91,30243	0,791778	90,76666	0	100	1,021704	88,97833
7.637013	0.407661	93,96539	0	100	0,731885	90,60892	0,849435	89,97488	0	100	1,094763	87,95662
7.470917	0.43042	93,55773	0	100	0,770123	89,87703	0,908245	89,12545	0	100	1,169339	86,86186
7.30482	0.45511	93,12731	0	100	0,80851	89,10691	0,965027	88,2172	0	100	1,243639	85,69252
7.138724	0.482714	92,6722	0	100	0,846842	88,2984	1,014915	87,25218	0	100	1,314719	84,44888
6.972628	0.513706	92,18949	0	100	0,883882	87,45156	1,051191	86,23726	0	100	1,377585	83,13416
6.806531	0.550353	91,67578	0	100	0,920524	86,56767	1,069297	85,18607	0	100	1,430645	81,75658
6.640435	0.592811	91,12543	0	100	0,956224	85,64715	1,065527	84,11677	0	100	1,470251	80,32593
6.474338	0.64442	90,53262	0,04501	100	0,994821	84,69093	1,040617	83,05125	0,040419	100	1,498839	78,85568
6.308242	0.706013	89,88818	0,17236	99,95499	1,040566	83,6961	1,002207	82,01063	0,149059	99,95958	1,520788	77,35684
6.142145	0.780563	89,18216	0,477648	99,78263	1,102744	82,65554	0,964925	81,00842	0,36995	99,81052	1,547236	75,83606
5.976049	0.869467	88,4016	0,828485	99,30498	1,192511	81,55279	0,951668	80,0435	0,568051	99,44057	1,593599	74,28882
5.809953	0.927204	87,53213	1,275803	98,4765	1,321708	80,36028	0,990706	79,09183	0,827631	98,87252	1,678321	72,69522
5.643856	1.091796	86,55943	1,784369	97,2007	1,506578	79,03858	1,117113	78,10112	1,152505	98,04489	1,825248	71,0169
5.47776	1.220894	85,46763	2,310637	95,41633	1,750561	77,532	1,356731	76,98401	1,562485	96,89239	2,048258	69,19165
5.311663	1.360983	84,24674	2,842306	93,10569	2,065581	75,78144	1,741004	75,62728	2,107708	95,3299	2,368259	67,14339
5.145567	1.502594	82,88576	3,325316	90,26338	2,434723	73,71586	2,264401	73,88628	2,796178	93,22219	2,776358	64,77514
4.979471	1.645553	81,38316	3,744406	86,93807	2,85152	71,28113	2,927856	71,62188	3,663473	90,42601	3,271705	61,99878
4.813374	1.78525	79,73761	4,071205	83,19366	3,282596	68,42961	3,684613	68,69402	4,685268	86,76254	3,819136	58,72707
4.647278	1.923709	77,95236	4,301553	79,12246	3,696991	65,14702	4,478243	65,00941	5,811586	82,07727	4,378904	54,90794
4.481181	2.067642	76,02865	4,442954	74,8209	4,062664	61,45003	5,239859	60,53116	6,956278	76,26569	4,903066	50,52903
4.315085	2.224532	73,96101	4,515596	70,37795	4,342169	57,38736	5,82723	55,2913	7,96363	69,30941	5,325214	45,62597
4.148989	2.414393	71,73648	4,556591	65,86235	4,521968	53,04519	6,316944	49,41857	8,712088	61,34578	5,603016	40,30075
3.982892	2.644557	69,32208	4,604575	61,30576	4,589652	48,52322	6,50227	43,10163	9,055081	52,63369	5,68755	34,69774
3.816796	2.934545	66,67753	4,700698	56,70119	4,556801	43,93357	6,412263	36,59936	8,939293	43,57861	5,562744	29,01019
3.650699	3.28117	63,74298	4,872506	52,00049	4,443362	39,37677	6,055454	30,1871	8,36249	34,63932	5,231349	23,44744
3.484603	3.679913	60,46181	5,128266	47,12798	4,276107	34,93341	5,47505	24,13164	7,399004	26,27683	4,718034	18,21609
3.318507	4.105752	56,7819	5,440034	41,99972	4,08009	30,6573	4,738407	18,65659	6,174657	18,87782	4,064152	13,49806
3.15241	4.51866	52,67615	5,739885	36,55968	3,874669	26,57721	3,930504	13,91819	4,849067	12,70317	3,335237	9,433907
2.986314	4.880857	48,15749	5,931537	30,8198	3,662223	22,70254	3,111586	9,987682	3,536069	7,854099	2,574124	6,09867
2.820217	5.134398	43,27663	5,889266	24,88826	3,443925	19,04032	2,371615	6,876096	2,377486	4,31803	1,824802	3,524546
2.654121	5.249201	38,14223	5,512007	18,999	3,198641	15,5964	1,722959	4,504481	1,413283	1,940544	1,192188	1,699744
2.488024	5.198501	32,89303	4,785468	13,48699	2,920424	12,39775	1,218566	2,781522	0,527261	0,527261	0,507556	0,507556
2.321928	4.980711	27,69453	3,752844	8,70152	2,591281	9,47733	0,838811	1,562956	0	0	0	0
2.155832	4.616726	22,71382	2,570894	4,948676	2,213855	6,886049	0,496923	0,724145	0	0	0	0
1.989735	4.144883	18,09709	1,547	2,377782	1,796653	4,672194	0,173372	0,227222	0	0	0	0
1.823639	3.602936	13,95221	0,65965	0,830782	1,357471	2,875541	0,05385	0,05385	0	0	0	0
1.657542	3.044791	10,34927	0,155079	0,171132	0,93022	1,51807	0	0	0	0	0	0
1.491446	2.484284	7,304482	0,016053	0,016053	0,50247	0,58785	0	0	0	0	0	0
1.32535	1.956087	4,820198	0	0	0,08538	0,08538	0	0	0	0	0	0
1.159253	1.447911	2,864111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.993157	0.950792	1,4162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.82706	0,418621	0,465408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.660964	0,046787	0,046787	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.494868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.328771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,162675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,00342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,16952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,33561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,50171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,66781	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,8339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PHI	Frecuencia L1b	Frecuencia Acumulada L1b	Frecuencia L1t	Frecuencia Acumulada L1t	Frecuencia L2t	Frecuencia Acumulada L2t	Frecuencia L3b	Frecuencia Acumulada L3b	Frecuencia L3t	Frecuencia Acumulada L3t	Frecuencia L4t	Frecuencia Acumulada L4t
15.60964												
15.44357	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.27742	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.11134	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.94525	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.77914	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.61307	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.44698	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.28086	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.11476	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.94867	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.78257	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.61649	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.45038	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.2843	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.1182	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.9521	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.786	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.6199	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.45381	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.28771	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.12161	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.95552	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100

PHI	Frecuencia L1b	Frecuencia Acumulada L1b	Frecuencia L1t	Frecuencia Acumulada L1t	Frecuencia L2t	Frecuencia Acumulada L2t	Frecuencia L3b	Frecuencia Acumulada L3b	Frecuencia L3t	Frecuencia Acumulada L3t	Frecuencia L4t	Frecuencia Acumulada L4t
11,78942	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11,62333	0	100	0,020592	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11,45723	0	100	0,30063	99,97941	0	100	0	100	0	100	0	100
11,29114	0,042081	100	0,583468	99,67878	0,096308	100	0,129151	100	0	100	0,054987	100
11,12504	0,098671	99,95792	0,835155	99,09531	0,166827	99,90369	0,219888	99,87085	0	100	0,09483	99,88938
10,95894	0,201151	99,85925	1,056674	98,26016	0,272452	99,73687	0,353343	99,65096	0,023312	100	0,153929	99,70654
10,79284	0,256168	99,6581	1,225035	97,20348	0,332986	99,46441	0,430658	99,29762	0,112492	99,97669	0,187089	99,42217
10,62675	0,310787	99,40193	1,346249	95,97845	0,39157	99,13143	0,505042	98,86696	0,151305	99,8642	0,218481	99,0798
10,46065	0,349341	99,09114	1,413019	94,6322	0,433258	98,73986	0,557365	98,36192	0,192074	99,71289	0,239695	98,68279
10,29456	0,373268	98,7418	1,430586	93,21918	0,459874	98,30666	0,589369	97,80455	0,224644	99,52082	0,251673	98,24833
10,12846	0,385536	98,36853	1,403466	91,78859	0,474554	97,84673	0,604354	97,21519	0,256729	99,29617	0,256237	97,79155
9,962363	0,388967	97,983	1,339866	90,38513	0,480354	97,37217	0,605513	96,61083	0,28519	99,03944	0,255093	97,32398
9,796266	0,387534	97,5943	1,248644	89,04526	0,48252	96,89182	0,598764	96,00532	0,312272	98,75425	0,251149	96,85353
9,63017	0,387148	97,20677	1,139585	87,79662	0,486473	96,4093	0,590755	95,40655	0,338624	98,44198	0,247448	96,38236
9,464073	0,392156	96,81962	1,014963	86,65703	0,497138	95,92282	0,587307	94,8158	0,365757	98,10336	0,246363	95,90678
9,297978	0,405679	96,42746	0,878935	85,64207	0,517285	95,42569	0,593045	94,22849	0,39341	97,7376	0,249372	95,41795
9,131881	0,429586	96,02179	0,719373	84,76314	0,548438	94,9084	0,610339	93,63545	0,422937	97,34419	0,256577	94,90453
8,965784	0,462753	95,5922	0,544842	84,04376	0,588216	94,35996	0,638412	93,02511	0,453871	96,92125	0,266517	94,35408
8,799688	0,504673	95,12945	0,311696	83,49892	0,634972	93,77175	0,676319	92,3867	0,487486	96,46738	0,277906	93,75761
8,633591	0,55461	94,62477	0,066869	83,18722	0,666559	93,13678	0,722727	91,71038	0,524525	95,9799	0,289906	93,10862
8,467495	0,612839	94,07016	0,000713	83,12036	0,742056	92,45022	0,776994	90,98765	0,565922	95,45537	0,302969	92,40369
8,301399	0,681632	93,45732	0	83,11964	0,802582	91,70816	0,839966	90,21066	0,613543	94,88945	0,318897	91,64084
8,135302	0,759775	92,77569	0	83,11964	0,866414	90,90558	0,909055	89,37069	0,666916	94,27591	0,339001	90,81714
7,969206	0,850426	92,01592	0	83,11964	0,935581	90,03916	0,985572	88,46164	0,728607	93,60899	0,365805	89,93106
7,80311	0,949634	91,16549	0	83,11964	1,006707	89,10358	1,065115	87,47606	0,796383	92,88038	0,399538	88,97833
7,637013	1,058204	90,21586	0	83,11964	1,080052	88,09688	1,147855	86,41095	0,871683	92,084	0,440882	87,95662
7,470917	1,170717	89,15765	0	83,11964	1,151477	87,01682	1,229828	85,26309	0,952068	91,21232	0,487049	86,86186
7,30482	1,283259	87,98694	0	83,11964	1,217925	85,86535	1,309193	84,03327	1,036566	90,26025	0,534223	85,69252
7,138724	1,390952	86,70368	0	83,11964	1,275415	84,64742	1,384289	82,72407	1,124165	89,22368	0,57654	84,4888
6,972628	1,486776	85,31273	0	83,11964	1,318848	83,37201	1,452985	81,33978	1,212253	88,09952	0,605856	83,13416
6,806531	1,569851	83,82595	0,156607	83,11964	1,345964	82,05316	1,518163	79,8868	1,303585	86,88727	0,615461	81,75658
6,640435	1,636475	82,2561	0,98919	82,96404	1,354271	80,7072	1,580245	78,36864	1,396462	85,58368	0,599955	80,32593
6,474338	1,692389	80,61962	1,816364	81,97485	1,345217	79,35292	1,64653	76,78839	1,497989	84,18722	0,557772	78,85568
6,308242	1,744462	78,92723	2,699594	80,15848	1,323804	78,00771	1,72255	75,14186	1,611667	82,68923	0,49578	77,35684
6,142145	1,807481	77,18277	3,597611	77,45889	1,29918	76,6839	1,818473	73,41931	1,747709	81,07756	0,428568	75,83606
5,976049	1,898657	75,37529	4,43518	73,86128	1,284716	75,38472	1,943391	71,60084	1,914965	79,32985	0,381523	74,28882
5,809953	2,035709	73,47663	5,156788	69,4261	1,296523	74,10001	2,104655	69,65745	2,120715	77,41489	0,388126	72,69522
5,643856	2,239615	71,44093	5,724131	64,26931	1,353818	72,80348	2,312579	67,55279	2,376058	75,29417	0,491258	71,0169
5,47776	2,514583	69,20131	6,09362	58,54518	1,471425	71,44967	2,563624	65,24021	2,674669	72,91812	0,728342	69,19165
5,311663	2,871932	66,68673	6,266762	52,45156	1,667135	69,97824	2,865423	62,67659	3,022478	70,24345	1,143706	67,14339
5,145567	3,288495	63,8148	6,241484	46,1848	1,940773	68,31111	3,200707	59,81117	3,394845	67,22097	1,743463	64,77514
4,979471	3,751494	60,5263	6,038426	39,94331	2,296733	66,37033	3,566867	56,61046	3,78188	63,82612	2,541056	61,99878
4,813374	4,217812	56,77481	5,684865	33,90489	2,715912	64,0736	3,941459	53,04359	4,150489	60,04424	3,493896	58,72707
4,647278	4,647702	52,55699	5,21327	28,22002	3,174451	61,35769	4,305948	49,10213	4,473439	55,89376	4,543782	54,90794
4,481181	4,999933	47,90929	4,656403	23,00675	3,642079	58,18324	4,639499	44,79618	4,723113	51,42032	5,614436	50,52903
4,315085	5,229492	42,90936	4,067884	18,35035	4,069421	54,54116	4,910706	40,15669	4,870427	46,6972	6,58322	45,62597
4,148989	5,313391	37,67987	3,468323	14,28246	4,427294	50,47174	5,100087	35,24598	4,901281	41,82678	7,372589	40,30075
3,982892	5,237032	32,36648	2,908719	10,81414	4,667883	46,04444	5,174859	30,14589	4,808934	36,9255	7,86689	34,69774
3,816796	5,002833	27,12944	2,384188	7,905421	4,776897	41,37656	5,113435	24,97103	4,596289	32,11656	8,027723	29,01019
3,650699	4,634401	22,12661	1,911838	5,521233	4,740661	36,59966	4,892692	19,8576	4,283707	27,52027	7,826636	23,4474
3,484603	4,16058	17,49221	1,476944	3,609395	4,568989	31,859	4,493056	14,96491	3,893002	23,23657	7,291193	18,21609
3,318507	3,614265	13,33163	1,064752	2,132451	4,283528	27,29001	3,897957	10,47185	3,454017	19,34356	6,477224	13,49806
3,15241	3,045173	9,717365	0,688074	1,067699	3,919799	23,00649	3,125649	6,573893	3,000605	15,88955	5,484733	9,433907
2,986314	2,477275	6,672192	0,346957	0,379625	3,50596	19,08669	2,180103	3,448244	2,551029	12,88894	4,388851	6,09867
2,820217	1,896642	4,194917	0,032668	0,032668	3,089302	15,58073	1,088179	1,268141	2,140917	10,33791	3,280036	3,524546
2,654121	1,380323	2,298275	0	0	2,680976	12,49142	0,179962	0,179962	1,77029	8,196995	2,359614	1,699744
2,488024	0,740671	0,917952	0	0	2,310127	9,810448	0	0	1,459524	6,426705	1,106153	0,507556
2,321928	0,156181	0,177281	0	0	1,970735	7,500321	0	0	1,199633	4,967181	0	0
2,155832	0,0211	0,0211	0	0	1,663458	5,529586	0	0	0,988296	3,767548	0	0
1,989735	0	0	0	0	1,369623	3,866128	0	0	0,814258	2,779252	0	0
1,823639	0	0	0	0	1,069575	2,496505	0	0	0,660577	1,964994	0	0
1,657542	0	0	0	0	0,770576	1,42693	0	0	0,514509	1,304417	0	0
1,491446	0	0	0	0	0,479834	0,656354	0	0	0,364291	0,789908	0	0
1,32535	0	0	0	0	0,147402	0,17652	0	0	0,218419	0,425617	0	0
1,159253	0	0	0	0	0,029118	0,029118	0	0	0,107685	0,207198	0	0
0,993157	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06832	0,099513	0	0
0,82706	0	0	0	0	0	0	0	0	0,031193	0,031193	0	0
0,660964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,494868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,328771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,162675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,00342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,16952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,33561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,50171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,66781	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,8339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PHI	Frecuencia A7b	Frecuencia Acumulada A7b	Frecuencia A7t	Frecuencia Acumulada A7t	Frecuencia L5b	Frecuencia Acumulada L5b	Frecuencia L6	Frecuencia Acumulada L6	Frecuencia L7	Frecuencia Acumulada L7	Frecuencia L8t	Frecuencia Acumulada L8t
15.60964												
15.44357	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.27742	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.11134	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.94525	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.77914	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.61307	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.44698	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.28086	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.11476	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.94867	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.78257	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.61649	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.45038	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.2843	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.1182	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.9521	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.786	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.6199	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.45381	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.28771	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.12161	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.95552	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.78942	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.62333	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.45723	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.29114	0.069752	100	0	100	0.023303	100	0	100	0.061089	100	0	100
11.12504	0.113221	99.93025	0	100	0.06375	99.9767	0	100	0.092592	99.93891	0	100
10.95894	0.171996	99.81703	0	100	0.090724	99.91295	0	100	0.129889	99.84632	0	100
10.79284	0.203979	99.64503	0	100	0.110073	99.82223	0	100	0.151177	99.71643	0	100
10.62675	0.232381	99.44105	0	100	0.123138	99.71215	0.048933	100	0.169565	99.56526	0	100
10.46065	0.249275	99.20867	0	100	0.13061	99.58902	0.06763	99.95107	0.180363	99.39569	0	100
10.29456	0.255916	98.9594	0	100	0.133304	99.45841	0.079575	99.88344	0.1844	99.21533	0	100
10.12846	0.254838	98.70348	0	100	0.131503	99.3251	0.093161	99.80386	0.183243	99.03093	0	100
9.962363	0.248527	98.44864	0	100	0.127136	99.1936	0.106601	99.7107	0.178512	98.84769	0	100
9.796266	0.240841	98.20012	0	100	0.122234	99.06646	0.120086	99.6041	0.172672	98.66917	0	100
9.63017	0.23575	97.95928	0	100	0.119158	98.94423	0.133727	99.48401	0.168306	98.4965	0	100
9.464073	0.236289	97.72353	0	100	0.119871	98.82507	0.148087	99.35029	0.167342	98.3282	0	100
9.297978	0.244114	97.48724	0	100	0.125613	98.7052	0.162324	99.2022	0.170855	98.16085	0.032634	100
9.131881	0.259183	97.24312	0	100	0.136768	98.57959	0.176421	99.03988	0.178588	97.99	0.048659	99.96736
8.965784	0.278952	96.98394	0	100	0.151954	98.44282	0.189291	98.86345	0.188494	97.81141	0.054568	99.9187
8.799688	0.301169	96.70499	0	100	0.169543	98.29086	0.200682	98.67416	0.19824	97.62292	0.061221	99.86414
8.633591	0.323824	96.40382	0	100	0.187266	98.12132	0.21021	98.47348	0.205374	97.42468	0.06528	99.80291
8.467495	0.346553	96.07999	0	100	0.203045	97.93406	0.217923	98.26327	0.208392	97.2193	0.070262	99.73763
8.301399	0.371076	95.73344	0	100	0.215527	97.73101	0.224406	98.04535	0.207064	97.01091	0.07524	99.66737
8.135302	0.398872	95.36237	0	100	0.223515	97.51548	0.230417	97.82094	0.202524	96.80385	0.078492	99.59213
7.969206	0.433832	94.96349	0	100	0.227235	97.29197	0.23759	97.59053	0.196964	96.60132	0.080791	99.51364
7.80311	0.47769	94.52966	0	100	0.227614	97.06473	0.247471	97.35294	0.194133	96.40436	0.081356	99.43285
7.637013	0.533906	94.05197	0	100	0.226928	96.83712	0.262405	97.10546	0.198076	96.21023	0.080202	99.35149
7.470917	0.602251	93.51807	0	100	0.228307	96.61019	0.284086	96.84306	0.212646	96.01215	0.077592	99.27129
7.30482	0.681627	92.91581	0	100	0.235361	96.38188	0.313943	96.55897	0.24045	95.7995	0.074164	99.1937
7.138724	0.768666	92.23419	0	100	0.251979	96.14652	0.352721	96.24503	0.282447	95.55905	0.071033	99.11954
6.972628	0.85513	91.46552	0.055349	100	0.280703	95.89454	0.398538	95.89231	0.335036	95.27661	0.069843	99.0485
6.806531	0.934947	90.61039	0.148332	99.94465	0.323649	95.61384	0.449768	95.49377	0.393216	94.94157	0.072479	98.97866
6.640435	0.996492	89.67544	0.328505	99.79632	0.377652	95.29019	0.499702	95.044	0.444756	94.54835	0.080609	98.90618
6.474338	1.034585	88.67895	0.481403	99.46781	0.4398	94.91254	0.543679	94.5443	0.478463	94.1036	0.095914	98.82557
6.308242	1.04468	87.64437	0.639683	98.98641	0.499859	94.47274	0.573129	94.00062	0.479228	93.62514	0.118523	98.72966
6.142145	1.031824	86.59969	0.805009	98.34673	0.54751	93.97288	0.582646	93.42749	0.434773	93.14591	0.147716	98.61113
5.976049	1.009586	85.56786	0.974657	97.54172	0.569927	93.42537	0.568821	92.84485	0.342963	92.71113	0.180671	98.46342
5.809953	1.001768	84.55828	1.169999	96.56706	0.556372	92.85544	0.533865	92.27603	0.207841	92.36817	0.212691	98.28275
5.643856	1.04347	83.55651	1.422849	95.39706	0.499599	92.29907	0.486355	91.74216	0.024157	92.16033	0.238113	98.07006
5.47776	1.173338	82.51304	1.759654	93.97421	0.405	91.79947	0.446468	91.25581	0	92.13617	0.249617	97.83194
5.311663	1.437306	81.33397	2.226193	92.21456	0.285408	91.39447	0.441256	90.80934	0	92.13617	0.242131	97.58233
5.145567	1.899001	79.9024	2.829231	89.98837	0.175487	91.10907	0.50658	90.36808	0.000117	92.13617	0.213058	97.3402
4.979471	2.465836	78.04339	3.590126	87.15914	0.119175	90.93358	0.685328	89.8615	0.022425	92.13606	0.163901	97.12714
4.813374	3.240485	75.57756	4.474645	83.56901	0.178342	90.8144	1.017041	89.17617	0.248696	92.11363	0.108668	96.96324
4.647278	4.144485	72.33707	5.43223	79.09437	0.414441	90.63606	1.532343	88.15913	0.817658	91.86494	0.057213	96.85457
4.481181	5.117117	68.19259	6.391692	73.66214	0.889621	90.22162	2.253721	86.62679	1.829142	91.04728	0.038616	96.79736
4.315085	6.044432	63.07547	7.236782	67.27044	1.630564	89.332	3.156714	84.37307	3.297327	89.21814	0.109562	96.75874
4.148989	6.84374	57.03104	7.887298	60.03366	2.668874	87.70144	4.231889	81.21636	5.183446	85.92081	0.288632	96.64918
3.982892	7.384274	50.1873	8.234319	52.14636	3.922655	85.03256	5.366782	76.98447	7.198899	80.73736	0.60439	96.36055
3.816796	7.608303	42.80303	8.237034	43.91204	5.346428	81.10991	6.50347	71.61768	9.106656	73.53846	1.102296	95.75616
3.650699	7.464034	35.19472	7.876438	35.67501	6.770247	75.76348	7.494278	65.11421	10.50969	64.43181	1.780518	94.65386
3.484603	6.962975	27.73069	7.186409	27.79857	8.048685	68.99323	8.234827	57.61994	11.15291	53.92212	2.637642	92.87334
3.318507	6.157426	20.76771	6.237305	20.61216	9.007194	60.94455	8.617172	49.38511	10.89951	42.76921	3.637624	90.2357
3.15241	5.146864	14.61029	5.13513	14.37486	9.505631	51.93735	8.578712	40.76794	9.815122	31.8697	4.712538	86.59808
2.986314	4.018469	9.463423	3.958479	9.239728	9.460086	42.43172	8.095333	32.18923	8.086885	22.05458	5.806777	81.88554
2.820217	2.909785	5.444954	2.826688	5.281249	8.86803	32.97164	7.228209	24.09389	6.104964	13.9677	6.796006	76.07876
2.654121	1.837828	2.535169	1.774557	2.454561	7.787603	24.10361	6.044196	16.86568	4.122545	7.862733	7.623954	69.28275
2.488024	0.697341	0.697341	0.680004	0.680004	6.38147	16.316	4.710167	10.82149	2.472078	3.740188	8.183319	61.6588
2.321928	0	0	0	0	4.7917	9.934532	3.376651	6.11132	1.159452	1.26811	8.434968	53.47548
2.155832	0	0	0	0	3.279793	5.135362	2.226049	2.734669	0.108658	0.108658	8.344069	45.04051
1.989735	0	0	0	0	1.594838	1.855569	0.50862	0.50862	0	0	7.925087	36.69644
1.823639	0	0	0	0	0.260731	0.260731	0	0	0	0	7.212136	28.77136
1.657542	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.291395	21.55922
1.491446	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.216633	15.26783
1.32535	0	0	0	0	0							

PHI	Frecuencia A7b	Frecuencia Acumulada A7b	Frecuencia A7t	Frecuencia Acumulada A7t	Frecuencia L5b	Frecuencia Acumulada L5b	Frecuencia L6	Frecuencia Acumulada L6	Frecuencia L7	Frecuencia Acumulada L7	Frecuencia L8t	Frecuencia Acumulada L8t
0.993157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.965356	2.871072
0.82706	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.821292	0.905716
0.660964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.084424	0.084424
0.494868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.328771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.162675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.00342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.16952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.33561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.50171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.66781	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.8339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PHI	Frecuencia A9b	Frecuencia Acumulada A9b	Frecuencia A10	Frecuencia Acumulada A10	Frecuencia A11m	Frecuencia Acumulada A11m	Frecuencia A12b	Frecuencia Acumulada A12b	Frecuencia L5t	Frecuencia Acumulada L5t	Frecuencia L8b	Frecuencia Acumulada L8b
15.60964												
15.44357	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.27742	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
15.11134	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.94525	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.77914	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.61307	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.44698	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.28086	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
14.11476	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.94867	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.78257	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.61649	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.45038	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.2843	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
13.1182	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.9521	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.786	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.6199	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.45381	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.28771	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
12.12161	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.95552	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.78942	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.62333	0.011263	100	0.008228	100	0	100	0	100	0	100	0	100
11.45723	0.071705	99.98873	0.054057	99.99177	0	100	0	100	0	100	0	100
11.29114	0.150667	99.91703	0.137337	99.93772	0.103306	100	0	100	0.058103	100	0	100
11.12504	0.236525	99.76636	0.226272	99.80038	0.16745	99.89669	0	100	0.082337	99.94189	0	100
10.95894	0.296524	99.52984	0.286366	99.57411	0.255692	99.72924	0	100	0.105087	99.85956	0	100
10.79284	0.354109	99.23331	0.344166	99.28774	0.308001	99.47355	0	100	0.11823	99.75447	0	100
10.62675	0.39629	98.8792	0.385625	98.94357	0.357804	99.16555	0	100	0.127776	99.63624	0	100
10.46065	0.4234	98.48291	0.411706	98.55795	0.392888	98.80775	0	100	0.131229	99.50846	0	100
10.29456	0.437143	98.05951	0.424407	98.14624	0.414556	98.41486	0	100	0.129199	99.37724	0	100
10.12846	0.438568	97.62237	0.425088	97.72184	0.425063	98.0003	0	100	0.12307	99.24804	0	100
9.962363	0.431466	97.1838	0.417909	97.29675	0.42668	97.57524	0	100	0.114449	99.12497	0	100
9.796266	0.420302	96.75234	0.407711	96.87884	0.423399	97.14856	0	100	0.10568	99.01052	0	100
9.63017	0.410168	96.33204	0.39989	96.47113	0.419535	96.72516	0	100	0.099372	98.90484	0	100
9.464073	0.40497	95.92187	0.398705	96.07124	0.418715	96.30562	0	100	0.097565	98.80547	0	100
9.297978	0.407338	95.5169	0.406784	95.67253	0.423429	95.88691	0	100	0.101695	98.7079	0	100
9.131881	0.417427	95.10956	0.424473	95.26575	0.434432	95.46348	0	100	0.112105	98.60621	0	100
8.965784	0.432703	94.69213	0.448858	94.84128	0.450131	95.02905	0	100	0.127396	98.4941	0	100
8.799688	0.450254	94.25943	0.476966	94.39242	0.46879	94.57892	0	100	0.145861	98.3667	0	100
8.633591	0.467194	93.80918	0.505662	93.91545	0.488646	94.11013	0	100	0.165151	98.22084	0	100
8.467495	0.481948	93.34198	0.533197	93.40979	0.508974	93.62148	0	100	0.183016	98.05569	0	100
8.301399	0.494327	92.86003	0.559535	92.87659	0.530329	93.11251	0	100	0.197748	97.87268	0	100
8.135302	0.504225	92.36571	0.583981	92.31706	0.552635	92.58218	0	100	0.20742	97.67493	0	100
7.969206	0.512857	91.86148	0.607884	91.73308	0.577549	92.02954	0	100	0.211431	97.46751	0	100
7.80311	0.521402	91.34862	0.631224	91.12519	0.605191	91.45199	0	100	0.209741	97.25608	0	100
7.637013	0.531695	90.82722	0.655456	90.49397	0.637057	90.8468	0	100	0.203732	97.04634	0	100
7.470917	0.545049	90.29553	0.680683	89.83851	0.672777	90.20975	0	100	0.196143	96.8426	0	100
7.30482	0.562577	89.75048	0.707284	89.15783	0.711994	89.53697	0	100	0.190737	96.64646	0	100
7.138724	0.584801	89.1879	0.735246	88.45055	0.753526	88.82498	0	100	0.192266	96.45572	0	100
6.972628	0.610657	88.6031	0.763644	87.7153	0.794368	88.07145	0	100	0.205585	96.26346	0	100
6.806531	0.639213	87.99244	0.792927	86.95166	0.833022	87.27708	0	100	0.235354	96.05787	0	100
6.640435	0.666846	87.35323	0.821985	86.15873	0.865695	86.44406	0	100	0.282313	95.82252	0	100
6.474338	0.691475	86.68638	0.852673	85.33674	0.892196	85.57836	0.129245	100	0.34682	95.54021	0	100
6.308242	0.709727	85.99491	0.886532	84.48407	0.912601	84.68617	0.408785	99.87076	0.42143	95.19339	0	100
6.142145	0.721297	85.28518	0.928659	83.59754	0.931771	83.77357	0.721041	99.46197	0.496631	94.77196	0	100
5.976049	0.728368	84.56389	0.985606	82.66888	0.957883	82.8418	1.025596	98.74093	0.557385	94.27533	0	100
5.809953	0.737187	83.83552	1.065223	81.68327	1.002726	81.88391	1.302726	97.71533	0.587065	93.71794	0	100
5.643856	0.759715	83.09833	1.179503	80.61805	1.083794	80.88119	1.540565	96.41261	0.569703	93.13088	0	100
5.47776	0.811897	82.33862	1.334637	79.43855	1.216213	79.79739	1.727487	94.87204	0.495714	92.56117	0	100
5.311663	0.916871	81.52672	1.544831	78.10391	1.422467	78.58118	1.876683	93.14456	0.367306	92.06546	0	100
5.145567	1.093587	80.60985	1.80792	76.55908	1.709146	77.15871	2.001712	91.26787	0.20306	91.69815	0	100
4.979471	1.36847	79.51626	2.131626	74.75116	2.09111	75.44957	2.140966	89.26616	0.017635	91.45909	0	100
4.813374	1.754506	78.14779	2.505962	72.61953	2.560347	73.35846	2.34032	87.12519	0	91.47746	0	100
4.647278	2.257266	76.39328	2.920458	70.11357	3.103054	70.79811	2.654825	84.78487	0.000168	91.47746	0	100
4.481181	2.873788	74.13602	3.361442	67.19311	3.697469	67.69506	3.144286	82.13005	0.046146	91.47729	0	100
4.315085	3.565126	71.26223	3.79777	63.83167	4.293328	63.99759	3.839747	78.98576	0.29287	91.43114	0	100
4.148989	4.308425	67.6971	4.216861	60.0339	4.861657	59.70426	4.7734	75.14602	0.899954	91.13827	0	100
3.982892	5.016498	63.38868	4.576625	55.81704	5.333148	54.8426	5.856554	70.37262	1.957104	90.23832	0	100
3.816796	5.647834	58.37218	4.865424	51.24042	5.681696	49.50945	7.01006	64.51606	3.539307	88.28122	0	100

PHI	Frecuencia A9b	Frecuencia Acumulada A9b	Frecuencia A10	Frecuencia Acumulada A10	Frecuencia A11m	Frecuencia Acumulada A11m	Frecuencia A12b	Frecuencia Acumulada A12b	Frecuencia L5t	Frecuencia Acumulada L5t	Frecuencia L8b	Frecuencia Acumulada L8b
3.650699	6.116974	52.72435	5.052933	46.37499	5.862868	43.82776	8.029452	57.506	5.520263	84.74191	0	100
3.484603	6.376333	46.60737	5.127381	41.32206	5.864898	37.96489	8.73231	49.47655	7.674807	79.22165	0	100
3.318507	6.387482	40.23104	5.078293	36.19468	5.687214	32.09999	8.940901	40.74424	9.636194	71.54684	0	100
3.15241	6.146327	33.84356	4.907238	31.11639	5.351352	26.41278	8.594451	31.79515	11.01765	61.91064	0	100
2.986314	5.666251	27.69723	4.616924	26.20915	4.878463	21.06143	7.659328	23.2007	11.52614	50.89299	0	100
2.820217	5.014828	22.03098	4.234131	21.59222	4.319874	16.18296	6.303252	15.54137	11.02918	39.36685	0	100
2.654121	4.239137	17.01615	3.769475	17.35809	3.688659	11.86309	4.622702	9.298118	9.616579	28.33768	0	100
2.488024	3.440807	12.77702	3.266901	13.58862	3.029306	8.17443	2.987165	4.615416	7.623932	18.7211	0	100
2.321928	2.670512	9.336208	2.743768	10.32172	2.340315	5.145124	1.515197	1.628251	5.396028	11.09716	0	100
2.155832	1.996184	6.665696	2.235987	7.577948	1.645381	2.804809	0.113054	0.113054	3.324853	5.701136	0	100
1.989735	1.445622	4.669512	1.752077	5.341961	0.914869	1.159428	0	0	1.790397	2.376283	0	100
1.823639	1.023066	3.22389	1.296058	3.589884	0.244559	0.244559	0	0	0.585886	0.585886	0	100
1.657542	0.727138	2.200824	0.876412	2.293826	0	0	0	0	0	0	0	100
1.491446	0.528607	1.473686	0.478429	1.417414	0	0	0	0	0	0	0	100
1.32535	0.385217	0.945079	0.291893	0.938985	0	0	0	0	0	0	0	100
1.159253	0.265469	0.559862	0.262616	0.647092	0	0	0	0	0	0	0	100
0.993157	0.165776	0.294393	0.216851	0.384476	0	0	0	0	0	0	0	100
0.82706	0.097964	0.128617	0.127767	0.167625	0	0	0	0	0	0	0	100
0.660964	0.030653	0.030653	0.039858	0.039858	0	0	0	0	0	0	0	100
0.494868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
0.328771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.113828	100
0.162675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.744637	99.88617
-0.00342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.465706	99.14154
-0.16952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.591361	94.67583
-0.33561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.83631	86.08447
-0.50171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.92106	68.24816
-0.66781	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.68669	44.3271
-0.8339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.6894	19.64041
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.95101	5.95101

Tabla D.3: Frecuencia y Frecuencia Acumulada para muestras granulométricas de Quebrada Las Rosas y El Culebrón.

PHI	Frecuencia A9t	Frecuencia Acumulada A9t	Frecuencia A11b	Frecuencia Acumulada A11b	Frecuencia A11t	Frecuencia Acumulada A11t	Frecuencia A12t	Frecuencia Acumulada A12t	Frecuencia WWF	Frecuencia Acumulada WWF	Frecuencia L1	Frecuencia Acumulada L1
15.60964												
15.44357	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
15.27742	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
15.11134	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
14.94525	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
14.77914	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
14.61307	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
14.44698	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
14.28086	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
14.11476	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
13.94867	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
13.78257	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
13.61649	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
13.45038	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
13.2843	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
13.1182	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
12.9521	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
12.786	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
12.6199	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
12.45381	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
12.28771	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
12.12161	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
11.95552	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
11.78942	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
11.62333	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
11.45723	0	100	0	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.00	100.00
11.29114	0	100	0.108098	100	0	100	0	100	0.00	100.00	0.07	100.00
11.12504	0	100	0.16231	99.8919	0	100	0.022672	100	0.00	100.00	0.13	99.93
10.95894	0	100	0.225547	99.72959	0	100	0.068761	99.97733	0.00	100.00	0.25	99.80
10.79284	0	100	0.263158	99.50404	0	100	0.096252	99.90857	0.00	100.00	0.31	99.56
10.62675	0	100	0.29616	99.24089	0	100	0.125463	99.81232	0.00	100.00	0.36	99.25
10.46065	0	100	0.316531	98.94473	0	100	0.151708	99.68685	0.00	100.00	0.40	98.89
10.29456	0	100	0.325502	98.6282	0	100	0.173454	99.53514	0.00	100.00	0.43	98.49
10.12846	0	100	0.325405	98.30269	0	100	0.194628	99.36169	0.00	100.00	0.43	98.06
9.962363	0	100	0.318782	97.97729	0	100	0.214873	99.16706	0.00	100.00	0.43	97.62
9.796266	0	100	0.309579	97.65851	0	100	0.236214	98.95219	0.00	100.00	0.43	97.19
9.63017	0	100	0.302034	97.34893	0	100	0.259496	98.71598	0.00	100.00	0.43	96.76
9.464073	0	100	0.299424	97.04689	0	100	0.285972	98.45648	0.00	100.00	0.44	96.33
9.297978	0	100	0.303894	96.74747	0	100	0.314586	98.17051	0.02	100.00	0.46	95.89
9.131881	0	100	0.315661	96.44358	0	100	0.345333	97.85592	0.03	99.98	0.50	95.43
8.965784	0	100	0.332518	96.12791	0	100	0.375785	97.51059	0.06	99.95	0.54	94.93
8.799688	0	100	0.352105	95.7954	0	100	0.405055	97.1348	0.08	99.89	0.60	94.39
8.633591	0	100	0.371992	95.44329	0	100	0.431684	96.72975	0.10	99.81	0.66	93.79
8.467495	0	100	0.390878	95.0713	0	100	0.454857	96.29806	0.12	99.71	0.72	93.13
8.301399	0	100	0.408891	94.68042	0	100	0.474799	95.84321	0.14	99.59	0.79	92.40
8.135302	0	100	0.426	94.27153	0	100	0.491722	95.36841	0.15	99.46	0.87	91.61
7.969206	0	100	0.443932	93.84553	0	100	0.507909	94.87669	0.16	99.31	0.94	90.74
7.80311	0	100	0.463693	93.4016	0	100	0.525401	94.36878	0.17	99.15	1.02	89.80
7.637013	0	100	0.487553	92.93791	0	100	0.548275	93.84338	0.17	98.98	1.10	88.78
7.470917	0	100	0.516472	92.45035	0	100	0.580035	93.2951	0.17	98.81	1.19	87.68

PHI	Frecuencia A9t	Frecuencia Acumulada A9t	Frecuencia A11b	Frecuencia Acumulada A11b	Frecuencia A11t	Frecuencia Acumulada A11t	Frecuencia A12t	Frecuencia Acumulada A12t	Frecuencia WWF	Frecuencia Acumulada WWF	Frecuencia L1	Frecuencia Acumulada L1
7.30482	0	100	0.551241	91.93388	0	100	0.624395	92.71507	0.17	98.64	1.28	86.49
7.138724	0	100	0.591794	91.38264	0	100	0.684668	92.09067	0.18	98.47	1.37	85.22
6.972628	0	100	0.635727	90.79085	0	100	0.760714	91.406	0.19	98.29	1.46	83.85
6.806531	0	100	0.681459	90.15512	0	100	0.853619	90.64529	0.21	98.10	1.55	82.39
6.640435	0	100	0.723585	89.47366	0	100	0.955902	89.79167	0.25	97.89	1.66	80.84
6.474338	0	100	0.759517	88.75007	0	100	1.064429	88.83577	0.30	97.64	1.77	79.19
6.308242	0	100	0.784779	87.99056	0	100	1.167091	87.77134	0.35	97.34	1.91	77.41
6.142145	0	100	0.799008	87.20578	0.148522	100	1.255996	86.60425	0.42	96.99	2.08	75.51
5.976049	0	100	0.804639	86.40677	0.746674	99.85148	1.321754	85.34825	0.47	96.57	2.29	73.43
5.809953	0	100	0.808893	85.60213	1.192294	99.1048	1.358588	84.0265	0.52	96.10	2.55	71.14
5.643856	0	100	0.825115	84.79324	1.689207	97.91251	1.366515	82.66791	0.53	95.59	2.88	68.58
5.47776	0	100	0.871191	83.96812	2.200149	96.2233	1.353389	81.3014	0.51	95.05	3.25	65.70
5.311663	0	100	0.971708	83.09693	2.708383	94.02315	1.335374	79.94801	0.46	94.54	3.68	62.45
5.145567	0	100	1.146993	82.12522	3.208155	91.31477	1.337557	78.61263	0.38	94.08	4.12	58.77
4.979471	0	100	1.423787	80.97823	3.709551	88.10662	1.391923	77.27508	0.30	93.70	4.56	54.65
4.813374	0	100	1.814198	79.55444	4.208252	84.39707	1.532829	75.88315	0.24	93.40	4.95	50.09
4.647278	0	100	2.321712	77.74025	4.709865	80.18881	1.789294	74.35032	0.27	93.16	5.24	45.15
4.481181	0	100	2.940537	75.41853	5.217375	75.47895	2.184922	72.56103	0.42	92.89	5.40	39.91
4.315085	0	100	3.628764	72.478	5.713472	70.26157	2.713649	70.37611	0.75	92.47	5.39	34.51
4.148989	0	100	4.361485	68.84923	6.192718	64.5481	3.37406	67.66246	1.30	91.72	5.20	29.11
3.982892	0	100	5.052272	64.48775	6.602766	58.35538	4.098405	64.2884	2.06	90.42	4.84	23.91
3.816796	0	100	5.661773	59.43548	6.914074	51.75262	4.850833	60.18999	3.04	88.36	4.32	19.07
3.650699	0	100	6.11014	53.7737	7.067023	44.83854	5.337076	55.33916	4.17	85.32	3.69	14.75
3.484603	0	100	6.356247	47.66356	7.20599	37.77152	6.091626	49.80208	5.35	81.15	3.00	11.06
3.318507	0	100	6.36792	41.30732	6.744608	30.75092	6.446261	43.71046	6.48	75.80	2.32	8.06
3.15241	0	100	6.144235	34.9394	6.235047	24.00631	6.557847	37.2642	7.42	69.33	1.70	5.74
2.986314	0	100	5.698442	28.79516	5.494702	17.77127	6.406834	30.70635	8.08	61.91	1.17	4.04
2.820217	0	100	5.090936	23.09672	4.604604	12.27656	6.009964	24.29952	8.38	53.82	0.77	2.87
2.654121	0	100	4.360358	18.00578	3.529156	7.67196	5.382817	18.28955	8.29	45.44	0.50	2.10
2.488024	0	100	3.596307	13.64543	2.506936	4.142804	4.587018	12.90674	7.84	37.15	0.35	1.59
2.321928	0	100	2.841664	10.04912	1.511033	1.635868	3.648642	8.319717	7.07	29.31	0.29	1.24
2.155832	0	100	2.159182	7.207454	0.124835	0.124835	2.622666	4.671075	6.09	22.24	0.27	0.95
1.989735	0	100	1.577505	5.048272	0	0	1.560783	2.048409	5.02	16.15	0.27	0.68
1.823639	0	100	1.107325	3.470767	0	0	0.487626	0.487626	3.94	11.13	0.23	0.42
1.657542	0	100	0.758054	2.363442	0	0	0	0	2.95	7.19	0.12	0.19
1.491446	0	100	0.508591	1.605388	0	0	0	0	2.11	4.24	0.05	0.07
1.32535	0	100	0.350131	1.096797	0	0	0	0	1.41	2.13	0.02	0.02
1.159253	0	100	0.250985	0.746666	0	0	0	0	0.61	0.72	0.00	0.00
0.993157	0	100	0.191895	0.495681	0	0	0	0	0.10	0.11	0.00	0.00
0.82706	0	100	0.153028	0.303786	0	0	0	0	0.01	0.01	0.00	0.00
0.660964	0	100	0.098318	0.150758	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.494868	0	100	0.05244	0.05244	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.328771	0.11632	100	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.162675	0.761318	99.88368	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.00342	4.515912	99.12236	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.16952	8.66052	94.60645	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.33561	17.89196	85.94593	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.50171	23.9124	68.05398	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.66781	24.60742	44.14157	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.8339	13.62056	19.53416	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-1	5.913591	5.913591	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla D.4: Frecuencia y Frecuencia Acumulada para muestras granulométricas de Quebrada El Culebrón y Los Clarines.

PHI	Frecuencia W2	Frecuencia Acumulada W2	Frecuencia W3	Frecuencia Acumulada W3	Frecuencia GRN_06	Frecuencia Acumulada GRN_06	Frecuencia GRN_07	Frecuencia Acumulada GRN_07	Frecuencia GRN_08	Frecuencia Acumulada GRN_08	Frecuencia GRN_09	Frecuencia Acumulada GRN_09
15.60964												
15.44357	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
15.27742	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
15.11134	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
14.94525	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
14.77914	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
14.61307	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
14.44698	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
14.28086	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
14.11476	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
13.94867	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
13.78257	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
13.61649	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
13.45038	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
13.2843	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
13.1182	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
12.9521	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
12.786	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
12.6199	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
12.45381	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
12.28771	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
12.12161	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
11.95552	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
11.78942	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
11.62333	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
11.45723	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
11.29114	0.00	100.00	0.06	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
11.12504	0.00	100.00	0.12	99.94	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00

PHI	Frecuencia W2	Frecuencia Acumulada W2	Frecuencia W3	Frecuencia Acumulada W3	Frecuencia GRN_06	Frecuencia Acumulada GRN_06	Frecuencia GRN_07	Frecuencia Acumulada GRN_07	Frecuencia GRN_08	Frecuencia Acumulada GRN_08	Frecuencia GRN_09	Frecuencia Acumulada GRN_09
10.95894	0.00	100.00	0.21	99.82	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
10.79284	0.00	100.00	0.25	99.61	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
10.62675	0.00	100.00	0.30	99.36	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
10.46065	0.00	100.00	0.32	99.06	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
10.29456	0.16	100.00	0.34	98.74	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
10.12846	1.15	99.84	0.34	98.40	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
9.962363	1.46	98.70	0.33	98.06	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
9.796266	1.56	97.23	0.33	97.72	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
9.63017	1.46	95.68	0.32	97.40	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
9.464073	1.20	94.21	0.32	97.08	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
9.297978	0.91	93.02	0.33	96.76	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
9.131881	0.68	92.10	0.35	96.44	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
8.965784	0.55	91.42	0.37	96.09	0.00	100.00	0.00	100.00	0.01	100.00	0.00	100.00
8.799688	0.50	90.88	0.41	95.72	0.00	100.00	0.00	100.00	0.04	99.99	0.00	100.00
8.633591	0.52	90.38	0.44	95.31	0.00	100.00	0.00	100.00	0.06	99.94	0.00	100.00
8.467495	0.59	89.85	0.48	94.87	0.00	100.00	0.00	100.00	0.08	99.88	0.00	100.00
8.301399	0.69	89.26	0.53	94.38	0.00	100.00	0.00	100.00	0.09	99.80	0.00	100.00
8.135302	0.80	88.57	0.57	93.86	0.00	100.00	0.00	100.00	0.10	99.71	0.00	100.00
7.969206	0.91	87.76	0.62	93.29	0.00	100.00	0.00	100.00	0.11	99.61	0.00	100.00
7.80311	1.01	86.85	0.68	92.66	0.00	100.00	0.00	100.00	0.11	99.50	0.00	100.00
7.637013	1.08	85.84	0.74	91.99	0.00	100.00	0.00	100.00	0.12	99.39	0.00	100.00
7.470917	1.15	84.76	0.81	91.25	0.00	100.00	0.00	100.00	0.12	99.27	0.00	100.00
7.30482	1.20	83.61	0.88	90.44	0.00	100.00	0.00	100.00	0.11	99.16	0.00	100.00
7.138724	1.24	82.42	0.95	89.57	0.00	100.00	0.00	100.00	0.11	99.04	0.00	100.00
6.972628	1.28	81.17	1.03	88.61	0.00	100.00	0.00	100.00	0.11	98.93	0.00	100.00
6.806531	1.33	79.89	1.11	87.58	0.00	100.00	0.00	100.00	0.12	98.81	0.00	100.00
6.640435	1.40	78.56	1.19	86.47	0.00	100.00	0.00	100.00	0.14	98.69	0.00	100.00
6.474338	1.49	77.16	1.27	85.29	0.00	100.00	0.00	100.00	0.17	98.55	0.00	100.00
6.308242	1.62	75.68	1.36	84.01	0.00	100.00	0.01	100.00	0.20	98.38	0.00	100.00
6.142145	1.80	74.06	1.47	82.65	0.00	100.00	0.03	99.99	0.24	98.18	0.00	100.00
5.976049	2.04	72.26	1.61	81.18	0.00	100.00	0.04	99.96	0.29	97.94	0.00	100.00
5.809953	2.35	70.23	1.77	79.57	0.00	100.00	0.06	99.92	0.33	97.65	0.00	100.00
5.643856	2.73	67.88	1.99	77.80	0.00	100.00	0.08	99.86	0.35	97.32	0.00	100.00
5.47776	3.18	65.15	2.25	75.81	0.00	100.00	0.09	99.78	0.36	96.97	0.00	100.00
5.311663	3.68	61.97	2.57	73.56	0.00	100.00	0.10	99.69	0.34	96.61	0.00	100.00
5.145567	4.19	58.29	2.93	70.99	0.00	100.00	0.10	99.59	0.30	96.26	0.00	100.00
4.979471	4.69	54.09	3.31	68.06	0.00	100.00	0.09	99.49	0.25	95.96	0.00	100.00
4.813374	5.12	49.40	3.68	64.75	0.00	100.00	0.06	99.40	0.19	95.71	0.00	100.00
4.647278	5.45	44.28	4.02	61.07	0.00	100.00	0.03	99.34	0.18	95.52	0.00	100.00
4.481181	5.62	38.83	4.28	57.05	0.00	100.00	0.00	99.31	0.22	95.35	0.00	100.00
4.315085	5.62	33.21	4.42	52.78	0.00	100.00	0.00	99.31	0.37	95.12	0.00	100.00
4.148989	5.42	27.59	4.42	48.36	0.00	100.00	0.00	99.31	0.67	94.75	0.00	100.00
3.982892	5.06	22.17	4.27	43.94	0.08	100.00	0.06	99.31	1.12	94.08	0.05	100.00
3.816796	4.54	17.11	3.99	39.66	0.64	99.92	0.48	99.25	1.73	92.96	0.55	99.95
3.650699	3.91	12.57	3.59	35.68	1.99	99.28	1.11	98.77	2.48	91.23	1.81	99.40
3.484603	3.21	8.66	3.11	32.09	4.42	97.30	2.04	97.66	3.31	88.75	4.17	97.59
3.318507	2.46	5.46	2.60	28.98	7.80	92.88	3.27	95.62	4.15	85.44	7.50	93.42
3.15241	1.76	2.99	2.12	26.38	11.44	85.08	4.72	92.35	4.89	81.29	11.18	85.92
2.986314	1.07	1.23	1.68	24.27	14.41	73.64	6.30	87.63	5.47	76.40	14.28	74.74
2.820217	0.16	0.16	1.35	22.58	15.65	59.23	7.80	81.33	5.79	70.93	15.68	60.45
2.654121	0.00	0.00	1.11	21.24	14.78	43.58	9.09	73.53	5.83	65.15	14.96	44.77
2.488024	0.00	0.00	1.00	20.13	12.12	28.80	9.96	64.44	5.61	59.31	12.38	29.81
2.321928	0.00	0.00	0.99	19.13	8.49	16.68	10.30	54.48	5.17	53.70	8.75	17.43
2.155832	0.00	0.00	1.07	18.14	5.00	8.20	10.05	44.18	4.60	48.53	5.21	8.68
1.989735	0.00	0.00	1.23	17.07	2.41	3.19	9.26	34.12	4.01	43.93	2.57	3.47
1.823639	0.00	0.00	1.43	15.85	0.74	0.78	8.01	24.86	3.48	39.92	0.83	0.90
1.657542	0.00	0.00	1.66	14.41	0.04	0.04	6.51	16.85	3.08	36.44	0.07	0.07
1.491446	0.00	0.00	1.87	12.75	0.00	0.00	4.88	10.34	2.84	33.36	0.00	0.00
1.32535	0.00	0.00	2.02	10.89	0.00	0.00	3.36	5.46	2.76	30.53	0.00	0.00
1.159253	0.00	0.00	2.09	8.87	0.00	0.00	1.76	2.10	2.79	27.77	0.00	0.00
0.993157	0.00	0.00	2.03	6.78	0.00	0.00	0.34	0.34	2.89	24.98	0.00	0.00
0.82706	0.00	0.00	1.84	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00	2.98	22.09	0.00	0.00
0.660964	0.00	0.00	1.48	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	3.01	19.12	0.00	0.00
0.494868	0.00	0.00	1.00	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	16.11	0.00	0.00
0.328771	0.00	0.00	0.41	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	2.76	13.17	0.00	0.00
0.162675	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	10.40	0.00	0.00
-0.00342	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.14	7.91	0.00	0.00
-0.16952	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.77	5.77	0.00	0.00
-0.33561	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	4.00	0.00	0.00
-0.50171	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.06	2.59	0.00	0.00
-0.66781	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	1.53	0.00	0.00
-0.8339	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.76	0.00	0.00
-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.27	0.00	0.00

Tabla D.5: Frecuencia Acumulada de cada asociación de facies, calculada a partir del promedio de todas las frecuencias acumuladas de muestras granulométricas pertenecientes a una AF.

PHI	Frecuencia Acumulada AF 1	Frecuencia Acumulada AF 2	Frecuencia Acumulada AF 3	Frecuencia Acumulada AF 1'	Frecuencia Acumulada AF 3'	Frecuencia Acumulada AF 4'	Frecuencia Acumulada AF 3''
15,60964							
15,44357	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
15,27742	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
15,11134	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
14,94525	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
14,77914	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
14,61307	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
14,44698	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
14,28086	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
14,11476	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
13,94867	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
13,78257	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
13,61649	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
13,45038	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
13,2843	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
13,1182	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
12,9521	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
12,786	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
12,6199	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
12,45381	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
12,28771	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
12,12161	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
11,95552	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
11,78942	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
11,62333	100,0007	100	100	100	100	100	99,9991
11,45723	100,0007	99,99785	99,99838	100	100	100	99,9991
11,29114	100,0007	99,97609	99,98789	100	100	100	99,9991
11,12504	99,99534	99,89747	99,9344	100	99,93	99,96797	99,9991
10,95894	99,9804	99,76337	99,84658	100	99,80	99,90842	99,9991
10,79284	99,95334	99,56704	99,72503	100	99,56	99,80524	99,9991
10,62675	99,91725	99,31874	99,5796	100	99,25	99,6787	99,9991
10,46065	99,87162	99,03244	99,41037	100	98,89	99,5303	99,9991
10,29456	99,82034	98,71954	99,22653	100	98,49	99,36796	99,9991
10,12846	99,76748	98,39129	99,03473	100	98,06	99,12083	99,9991
9,962363	99,71416	98,05684	98,83976	100	97,62	98,37675	99,9991
9,796266	99,66155	97,7231	98,64506	100	97,19	97,47842	99,9991
9,63017	99,60955	97,39332	98,4519	100	96,76	96,53673	99,9991
9,464073	99,55717	97,06702	98,25926	100	96,33	95,64568	99,9991
9,297978	99,50215	96,7407	98,06421	100	95,89	94,88912	99,9991
9,131881	99,4329	96,40905	97,86011	99,98	95,43	94,26927	99,9991
8,965784	99,35492	96,06655	97,64429	99,95	94,93	93,75554	99,9991
8,799688	99,2634	95,70883	97,41498	99,89	94,39	93,29621	99,99645
8,633591	99,15142	95,33456	97,17092	99,81	93,79	92,84343	99,98561
8,467495	99,02577	94,94165	96,91271	99,71	93,13	92,36054	99,96952
8,301399	98,88654	94,52024	96,64167	99,59	92,40	91,82249	99,95015
8,135302	98,7358	94,06454	96,35935	99,46	91,61	91,21228	99,92761
7,969206	98,57719	93,57219	96,06761	99,31	90,74	90,52432	99,90236
7,80311	98,41483	93,03909	95,76726	99,15	89,80	89,75728	99,87506
7,637013	98,2533	92,46236	95,45833	98,98	88,78	88,91574	99,84655
7,470917	98,09667	91,83811	95,13904	98,81	87,68	88,00405	99,81761
7,30482	97,94775	91,1642	94,80623	98,64	86,49	87,0277	99,78884
7,138724	97,80725	90,43975	94,45522	98,47	85,22	85,99035	99,76052
6,972628	97,67324	89,66574	94,08018	98,29	83,85	84,89363	99,73244

PHI	Frecuencia Acumulada AF 1	Frecuencia Acumulada AF 2	Frecuencia Acumulada AF 3	Frecuencia Acumulada AF 1'	Frecuencia Acumulada AF 3'	Frecuencia Acumulada AF 4'	Frecuencia Acumulada AF 3''
6,806531	97,54103	88,84397	93,67561	98,10	82,39	83,73766	99,70374
6,640435	97,401	87,971	93,23605	97,89	80,84	82,51727	99,67288
6,474338	97,24216	87,01943	92,75946	97,64	79,19	81,22501	99,63787
6,308242	97,05463	85,97507	92,23494	97,34	77,41	79,8447	99,59623
6,142145	96,82963	84,82602	91,6548	96,99	75,51	78,35422	99,54255
5,976049	96,56284	83,55029	91,01184	96,57	73,43	76,72	99,47412
5,809953	96,25794	82,13257	90,27932	96,10	71,14	74,89846	99,3919
5,643856	95,92831	80,5425	89,48219	95,59	68,58	72,83853	99,29539
5,47776	95,59801	78,73497	88,627	95,05	65,70	70,47761	99,18789
5,311663	95,29842	76,65842	87,70102	94,54	62,45	67,76279	99,07446
5,145567	95,06858	74,24092	86,69165	94,08	58,77	64,63726	98,96342
4,979471	94,93449	71,41893	85,5747	93,70	54,65	61,07734	98,8629
4,813374	94,89572	68,12398	84,30254	93,40	50,09	57,07622	98,77984
4,647278	94,88875	64,31428	82,78011	93,16	45,15	52,67184	98,71511
4,481181	94,88875	59,97847	80,89859	92,89	39,91	47,93953	98,66442
4,315085	94,88035	55,14401	78,5255	92,47	34,51	42,99196	98,6087
4,148989	94,81369	49,89627	75,52226	91,72	29,11	37,97546	98,51526
3,982892	94,52599	44,35691	71,74214	90,42	23,91	33,05384	98,34806
3,816796	93,73237	38,69313	67,10997	88,36	19,07	28,38641	98,02048
3,650699	92,17457	33,08483	61,59081	85,32	14,75	24,12405	97,17105
3,484603	89,6061	27,71062	55,26986	81,15	11,06	20,37749	95,32498
3,318507	85,82089	22,72675	48,32667	75,80	8,06	17,21907	91,84037
3,15241	80,72453	18,25358	41,03846	69,33	5,74	14,6858	86,16093
2,986314	74,38082	14,36128	33,74128	61,91	4,04	12,74779	78,10319
2,820217	66,99454	11,09088	26,7916	53,82	2,87	11,37003	67,98666
2,654121	58,94203	8,440384	20,49127	45,44	2,10	10,61888	56,755
2,488024	50,65584	6,361687	15,09233	37,15	1,59	10,06291	45,58902
2,321928	42,58395	4,846822	10,69355	29,31	1,24	9,565155	35,57373
2,155832	35,10908	3,764929	7,323767	22,24	0,95	9,071999	27,396
1,989735	28,48895	2,852076	4,975375	16,15	0,68	8,536506	21,1777
1,823639	22,84404	2,105519	3,386225	11,13	0,42	7,922519	16,61528
1,657542	18,1813	1,507481	2,368109	7,19	0,19	7,205276	13,35067
1,491446	14,39555	1,037037	1,647026	4,24	0,07	6,377089	10,92645
1,32535	11,36304	0,678825	1,086005	2,13	0,02	5,443789	8,996809
1,159253	8,914045	0,423615	0,656141	0,72	0,00	4,433397	7,467059
0,993157	6,929493	0,248219	0,337135	0,11	0,00	3,389069	6,328946
0,82706	5,279211	0,129797	0,125479	0,01	0,00	2,371626	5,523192
0,660964	3,881108	0,055378	0,025474	0,00	0,00	1,453325	4,778778
0,494868	2,698014	0,018307	0,00437	0,00	0,00	0,711076	4,026914
0,328771	1,745971	0,003223	0	0,00	0,00	0,210522	3,291643
0,162675	1,040059	0	0	0,00	0,00	0,005462	2,600913
-0,00342	0,54491	0	0	0,00	0,00	0	1,978307
-0,16952	0,268891	0	0	0,00	0,00	0	1,4422
-0,33561	0,107862	0	0	0,00	0,00	0	0,998774
-0,50171	0,03387	0	0	0,00	0,00	0	0,647979
-0,66781	0,01325	0	0	0,00	0,00	0	0,382284
-0,8339	0,005772	0	0	0,00	0,00	0	0,189377
-1	0,002095	0	0	0,00	0,00	0	0,0675

Tabla D.6: Parámetros granulométricos calculados a partir del promedio de la frecuencia acumulada de cada Asociación de Facies.

Asociaciones de Facies	$\phi 50$	$\phi 16$	$\phi 84$	$\phi 95$	$\phi 5$	$\phi 75$	$\phi 25$	Mediana	Media	Selección	Asimetría	Curtosis
AF 1	2,488024	1,491446	3,318507	5,145567	0,82706	2,986314	1,823639	2,488024	2,432659	1,111084	0,06993	1,522248
AF 2	4,148989	2,986314	5,976049	8,467495	2,321928	5,145567	3,318507	4,148989	4,37045	1,67858	0,313814	1,37854
AF 3	3,318507	2,488024	4,813374	7,470917	1,989735	4,148989	2,820217	3,318507	3,539968	1,411819	0,400433	1,690574
AF 1'	2,820217	1,989735	3,650699	5,47776	1,491446	3,318507	2,155832	2,820217	2,820217	1,019228	0,166667	1,405152
AF 3'	4,813374	3,650699	6,972628	8,965784	3,15241	6,142145	3,982892	4,813374	5,145567	1,711296	0,364286	1,103405
AF4'	4,647278	3,318507	6,806531	9,297978	1,32535	5,809953	3,650699	4,647278	4,924105	2,07998	0,202381	1,513241
AF3''	2,488024	1,823639	3,15241	3,484603	0,660964	2,986314	2,155832	2,488024	2,488024	0,760017	-0,14706	1,393443