



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“DISEÑO DE MODELO ESTRATIGRÁFICO MARINO Y COSTERO DE LOS  
CAMBIOS GLACIO-EUSTÁTICOS DEL CUATERNARIO EN LA ZONA  
ENTRE ESMERALDAS Y GALERA”**

### **PROYECTO DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

## **INGENIERO EN GEOLOGÍA**

Presentado por:

**ANDREA LEONOR SUÁREZ RIERA**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**2017**

## **DEDICATORIA**

A Dios, mi inspiración, promotor de mi vida;  
y a mis padres Leonor y Gandhi, por su  
gran esfuerzo y su apoyo sin límites, sin  
ustedes nada. Los amo.

Andrea Leonor Suárez Riera

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por sus bendiciones y su infinito amor. A mi familia: mis padres Leonor y Gandhi, mis hermanas Silvana, Diana y Kristhie, mi abuelita Bertha, y Joseph; por su amor y su apoyo en cada etapa de mi vida.

Al PhD. Carlos Martillo y MSc. Glenda Loayza, por impartirme con paciencia y generosidad sus conocimientos y ser un gran ejemplo. A mis leales amigos, por haber hecho que el camino a la meta haya sido maravilloso. A mi gran amiga Mary, por su ayuda cuando más lo necesité.

Andrea Leonor Suárez Riera

# **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

**PhD. Carlos Eduardo Martillo Bustamante**  
**DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

---

**MSc. Glenda Cecilia Loaiza Toro**  
**MIEMBRO EVALUADOR**

---

**Ing. Galo Montenegro Santos**  
**MIEMBRO EVALUADOR**

---

**Ing. Edison Navarrete Cuesta**  
**MIEMBRO EVALUADOR**

---

**PhD. Mauricio Mulas**  
**MIEMBRO EVALUADOR**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

---

**Andrea Leonor Suárez Riera**

## RESUMEN

El presente estudio se ha realizado en la Plataforma Continental entre Galera y Esmeraldas y el borde costero de Galera, se observan tres terrazas marinas T1, T2 y T3 con edades propuestas por Pedoja *et al.*, 2006. En este trabajo se describen litológicamente las terrazas T1 y T2 con base en datos de campo.

Mediante la interpretación de las líneas sísmicas de la Campaña ATACAMES localizadas al norte de Ecuador, se determinó que los depósitos Cuaternarios se encuentran en los canales y paleocanales del Cañón de Esmeraldas, así como en un depocentro ubicado frente a Galera en el cual se interpretaron diez secuencias sísmicas marinas como evidencia de los cambios del nivel del mar de los últimos 2,5 M.a. (Cuaternario) producto de los episodios de regresión y transgresión marina. Las edades propuestas para estas secuencias marinas podrían estar en correlación con las terrazas marinas ubicadas en el borde costero de Galera.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN .....	IV
DECLARACIÓN EXPRESA.....	V
RESUMEN .....	VI
ÍNDICE GENERAL .....	VII
ABREVIATURAS.....	X
SIMBOLOGÍA.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1 Preámbulo .....	17
1.2 Ubicación del área de estudio .....	17
1.3 Objetivos .....	19
1.3.1 Objetivo General .....	19
1.3.2 Objetivos Específicos .....	19
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>20</b>

<b>MARGEN CONTINENTAL Y COSTERO ECUATORIANO .....</b>	<b>20</b>
2.1 Geodinámica del sistema de subducción ecuatoriano .....	21
2.2 Subducción de la cordillera de Carnegie .....	21
2.3 Levantamiento costero en Ecuador .....	23
2.3.1 Terrazas marinas al norte de Ecuador .....	23
2.4 Depósitos Cuaternarios en la plataforma .....	26
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>28</b>
<b>REGISTRO SEDIMENTARIO Y ESTRATIGRÁFICO .....</b>	<b>28</b>
3.1 Registro estratigráfico de la deformación .....	29
3.1.1 Factores de control del registro sedimentario.....	29
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>42</b>
<b>MÉTODOS Y DATOS .....</b>	<b>42</b>
4.1 Datos .....	43
4.2 Metodología.....	46
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>48</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
5.1 Interpretación de datos de campo .....	49
5.2 Interpretación sísmica .....	57
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>68</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>68</b>
6.1 Registro de depósitos Cuaternarios en la plataforma de Esmeraldas..	69
6.2 Registro estratigráfico de sub – estadios isotópicos.....	71
6.3 Datación de las secuencias.....	73

6.4 Correlación de terrazas costeras y secuencias Marinas en Galera.....	75
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>78</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>78</b>
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES .....	81
 ANEXOS	
 BIBLIOGRAFÍA	

## **ABREVIATURAS**

TST	Transgressive System Tract
RST	Regressive System Tract
MRS	Maximun Regressive Surface
MFS	Maximun Flooding Surface
T-R	Transgresión – Regresión
MIS	Marine Isotopic Stages
FSST	Falling Stage System Tract
HST	Highstand System Tract

## **SIMBOLOGÍA**

K.a.	1000 años
M.a.	Millones de años
m	Metros
cm	Centímetros

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Ubicación del área de estudio en el margen costero ecuatoriano.	18
<b>Figura 2.1</b> Localización de la subducción de CSC en frente del margen ecuatoriano.....	23
<b>Figura 2.2</b> (A) Secuencias de terrazas marinas en Punta Galera. (B) Secuencias de terrazas marinas en Ecuador: I Costa Norte: Río Verde y Galera Point, II Costa central: Península de Manta e Isla de la Plata III Golfo de Guayaquil: Península de Santa Elena e Isla Puná. (C) Esquema de edades asignadas a las terrazas marinas en Galera.....	25
<b>Figura 3.1</b> Factores que afectan al espacio de acomodación el cual va desde la interface agua-sedimentos hasta el nivel del mar o nivel base.....	30
<b>Figura 3.2</b> Movimiento de la acumulación de facies producto de la transgresión y regresión marina. A. Nivel del mar en estado inicial. B. Transgresión marina, migración de facies hacia el continente. C. Regresión marina, migración de facies hacia el continente. Se observa el ciclo transgresión-regresión.....	32
<b>Figura 3.2</b> Esquema que representa los diferentes tipos de arquitecturas estratigráficas que son retrogradación, agradación, progradación, y regresión	

forzada, los cuales dependen de la tasa de cambio del espacio acomodación y el aporte sedimentario.....	33
<b>Figura 3.4</b> Los principales tipos de terminaciones estratales. ....	36
<b>Figura 3.5</b> Configuraciones características de los reflectores. (A) Configuración geométrica, en (B) Formas de clinoformas. ....	37
<b>Figura 3.6</b> Perfil sísmico que muestra las superficies estratigráficas de máxima regresión y máxima transgresión. ....	39
<b>Figura 3.7</b> Esquema que muestra el RST al tope y el TST hacia la base de una secuencia T-R. ....	41
<b>Figura 4.1</b> Ubicación de las Estaciones realizadas durante la recolección de datos geológicos de campo en el borde costero al oeste de Galera.....	45
<b>Figura 4.2</b> A. Perfiles sísmicos recolectados durante la Campaña ATACAMES. B. Perfiles sísmicos de la Campaña ATACAMES utilizados en este trabajo. ....	44
<b>Figura 4.3</b> Esquema de la metodología utilizada.....	47
<b>Figura 5.1</b> Ubicación de Estaciones realizadas a lo largo del borde costero de Galera. ....	49
<b>Figura 5.2</b> Mapa Isópaco que muestra los depósitos de sedimentos del Cuaternario y el levantamiento en el área entre Galera y Esmeraldas. Los colores azules indican un mayor espesor de sedimentos y los colores amarillos y naranjas indican menor espesor de sedimentos. ....	58
<b>Figura 5.3</b> Perfil sísmico ATACP033 de la Campaña ATACAMES (ver la localización en el Mapa de la Figura 5.2). ....	59
<b>Figura 5.4</b> Perfil sísmico ATAC_P033 de la Campaña ATACAMES que muestra las terminaciones de los estratos con las superficies sísmicas interpretadas.....	59
<b>Figura 5.5</b> Descripción de las facies sísmicas en la línea AtacP033. ....	64

<b>Figura 5.6</b> Perfil sísmico ATAC_P033 de la Campaña ATACAMES que muestra los cortejos sedimentarios y la ubicación de las facies sísmicas encontradas frente a Galera. ....	65
<b>Figura 5.7</b> Perfil sísmico ATAC_P033 de la Campaña ATACAMES que muestra los cortejos sedimentarios principales TST y RST, correspondientes a cada secuencia denominada I a X de la base al tope. ....	67
<b>Figura 6.1</b> Línea Sísmica AtacP024 donde al sur se presenta levantamiento y al norte depósitos probablemente cuaternarios (Ver ubicación en la Figura 6.2).....	70
<b>Figura 6.2</b> Ubicación de la línea sísmica AtacP024 sobre los datos batimétricos de la zona entre Galera y Esmeraldas. ....	70
<b>Figura 6.3</b> Correlación de Columnas estratigráficas de la Terraza T2 tomadas en las estaciones E1, E1.2 y E2. (Ver ubicación en la Figura 5.1) .....	72
<b>Figura 6.4</b> Correlación de Columnas estratigráficas de la Terraza T1 tomadas en las estaciones E3, E4, E5 y E6. (Ver ubicación en la Figura 5.1).....	72
<b>Figura 6.5</b> Esquema que representa una correlación geométrica entre las terrazas marinas que afloran en el borde costero de Punta Galera y las secuencias marinas que se encontraron en la plataforma. ....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Asignación de edades a las secuencias T-R, mediante su correlación con los estadios isotópicos marinos (MIS). .....	74
<b>Tabla II.</b> Edades de las terrazas costeras en Galera y su posible correlación con las secuencias marinas encontradas en la plataforma. ....	76

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Preámbulo**

Los cambios climáticos en largos periodos de tiempo generan épocas glaciares e interglaciares lo que origina subidas (transgresión) y bajadas (regresión) del nivel del mar, esto se registra mediante depósitos de sedimentos a lo largo de la línea de costa y en la plataforma continental.

El registro estratigráfico de estos episodios está influenciado por la sedimentación que se dispone a través del espacio de acomodación, el cual se creara o desaparecerá en función del tectonismo y eustatismo (Catuneanu, 2006); la línea de costas permanecerá sin cambios solamente cuando haya un total equilibrio entre estos factores, lo que ocurre tan sólo de modo excepcional.

Los altos niveles glacio-eustáticos del mar durante el Cuaternario sobrepuesto sobre una costa que se levanta dejan como evidencia un registro geomorfológico que corresponde a secuencias de terrazas marinas levantadas en el borde costero (Pedoja *et al.*, 2006).

## **1.2 Ubicación del área de estudio**

El área de estudio se encuentra ubicada en la Plataforma Continental entre Galera y Esmeraldas y el borde Costero de Galera, al norte de Ecuador (Ver Figura 1.1). El principal rasgo morfológico de esta zona es el Cañón submarino de Esmeraldas.

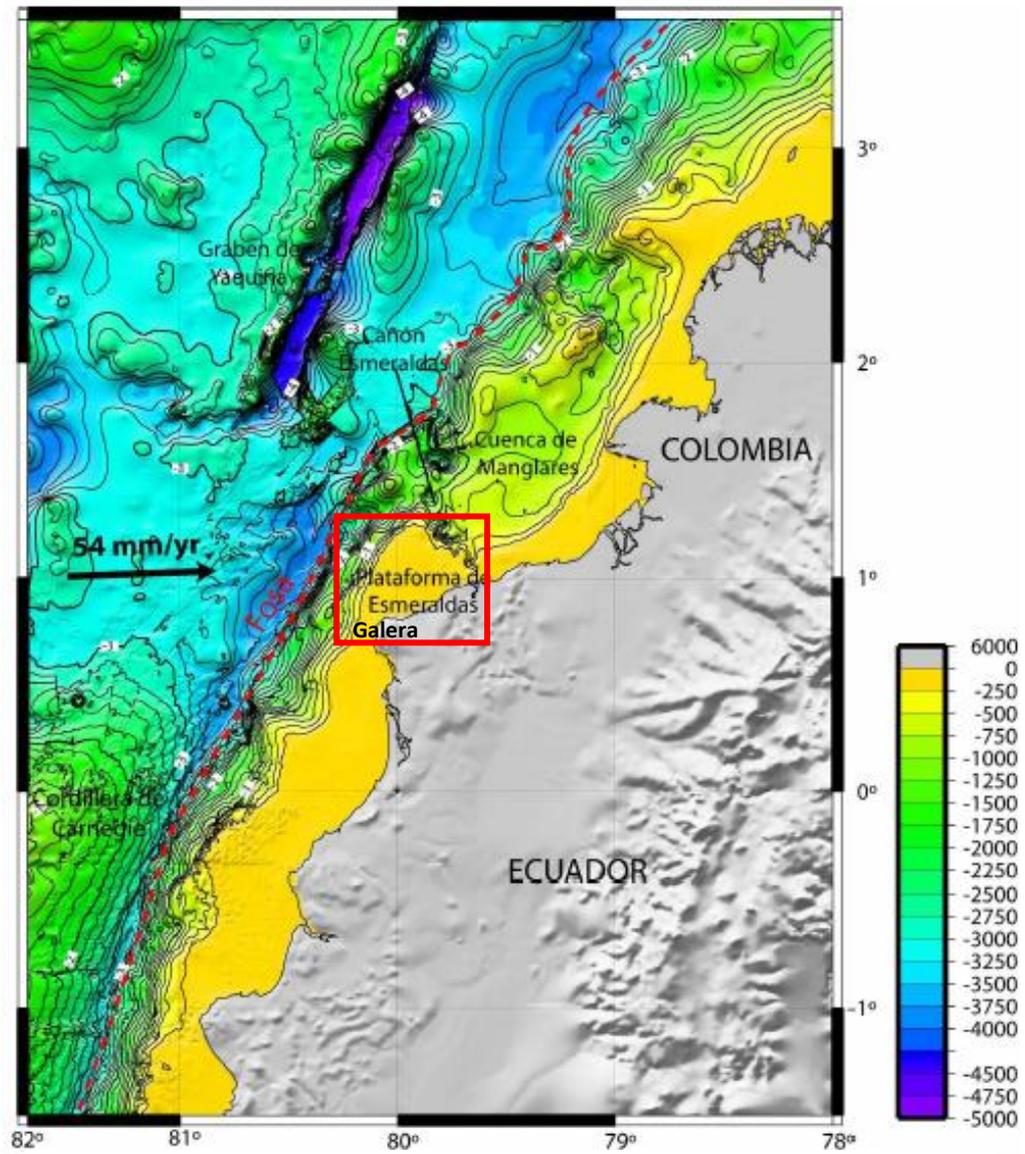


Figura 1.1 Ubicación del área de estudio en el margen costero ecuatoriano.

Fuente: Modificado de Collot, J-Y. *et al.*, 2004.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Establecer el registro estratigráfico marino y costero de los cambios del nivel del mar durante el Cuaternario entre Galera y Esmeraldas a partir de datos sísmicos de la campaña ATACAMES y datos recolectados en campo.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Establecer las secuencias marinas asociadas a las variaciones eustáticas del nivel del mar haciendo uso perfiles sísmicos.

Describir litológica y estratigráficamente las terrazas marinas que afloran en Galera.

Establecer correlaciones crono – estratigráficas entre las secuencias cuaternarias marinas con las terrazas costeras que afloran en la zona de Galera.

# **CAPÍTULO 2**

## **MARGEN CONTINENTAL Y COSTERO ECUATORIANO**

## 2.1 Geodinámica del sistema de subducción ecuatoriano

El margen ecuatoriano corresponde a un margen activo en el límite de dos placas tectónicas en subducción, la placa de Nazca subduce debajo de la placa continental Sudamericana, a una velocidad de subducción de aproximadamente 4,7 cm/año, y de forma oblicua a N83°E (Nocquet, *et al.*, 2016). La subducción condiciona la evolución tectónica y morfológica de las costas de Sudamérica, dando lugar a la gran cadena montañosa de Los Andes desde hace 70 Ma. (Lonsdale, 1978).

La placa Sudamericana se encuentra segmentada por el sistema de fallas Guayaquil – Caracas que origina el escape del bloque Nor-Andino, el cual escapa con relación a la placa Sudamericana estable hacia el NNE a lo largo del este sistema de fallas (Case *et al.*, 1971; Ego *et al.*, 1995). Este bloque es considerado como una mini placa, se encuentra aislada en el extremo noroccidental de la placa Sudamericana (Pennington, 1981) desplazándose hacia el norte a ~1 cm/año a lo largo de un sistema dextral complejo (Trenkamp *et al.*, 2002).

## 2.2 Subducción de la cordillera de Carnegie

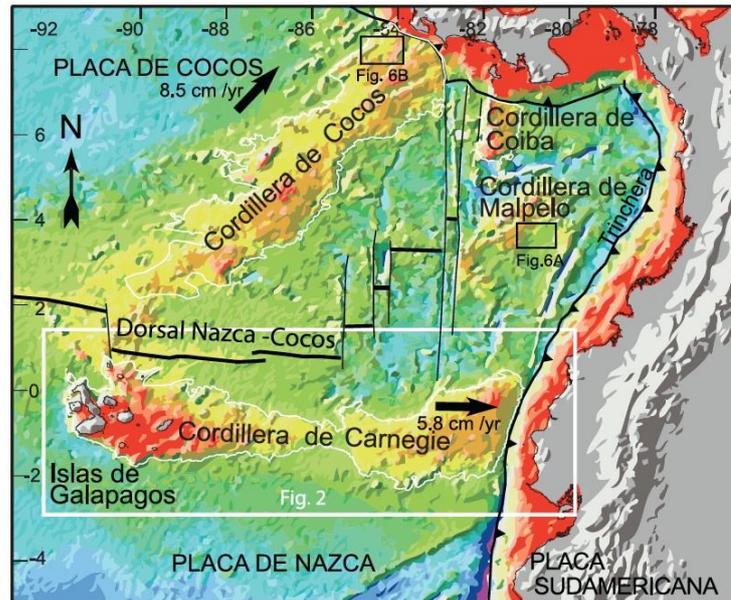
La placa Nazca, tiene dos dominios separados uno del otro por la fractura de Grijalva. Al sur de la fractura de Grijalva la placa Nazca se subduce casi horizontalmente y tiene una edad Oligoceno de 25 a 30 Ma. (Lonsdale, 1978). Al norte de la fractura de Grijalva la placa de Nazca presenta una batimetría compleja, así como ejes de expansión y fallas transformantes,

esta porción de placa es más joven que hacia el sur con edades neógenas de 15 a 25 Ma. (Minster, 1978).

El principal rasgo de esta porción de la placa de Nazca corresponde a la cordillera submarina de Carnegie, se extiende desde las Islas Galápagos hasta la fosa de subducción sudamericana frente a la costa de Ecuador (Michaud *et al.*, 2005) (Ver Figura 2.1), con una orientación casi este – oeste, tiene 200 Km de ancho y sobre el fondo marino se eleva unos 2000 metros (Gutscher *et al.*, 1999).

La subducción de la cordillera de Carnegie bajo el margen central ecuatoriano implica una deformación cortical importante. Carnegie está compuesta de dos ramales separados por un saddle o un bajo topográfico (2300 m de profundidad) (Michaud *et al.*, 2005). El ramal oeste soporta las Islas Galápagos y el ramal este culmina a menos de 700 metros de profundidad en la proximidad de la fosa de subducción (Michaud *et al.*, 2005).

La edad de la subducción de la cordillera de Carnegie ha sido muy discutida. Se ha propuesto la aparición de la cordillera a la fosa de subducción en el Plioceno, y que empezó a subducirse en el Pleistoceno (Lonsdale, 1978).



**Figura 2.1** Localización de la subducción de CSC en frente del margen ecuatoriano.

**Fuente:** Michaud, F. *et al.*, 2005.

### 2.3 Levantamiento costero en Ecuador

Los procesos de convergencia entre las placa de Nazca y Sudamericana producen una deformación vertical a lo largo de la costa de América del Sur. Las zonas costeras que presentan levantamiento generalmente están relacionadas con la concavidad del plano de subducción y la subducción de asperidades batimétricas como la Cordillera de Carnegie en la costa de Ecuador (Pedoja *et al.*, 2006).

#### 2.3.1 Terrazas marinas al norte de Ecuador

Una terraza marina o terraza costera es una plataforma de abrasión fósil que ha sido expuesta como resultado de las variaciones del nivel del mar en conjunto con influencia tectónica (levantamiento y

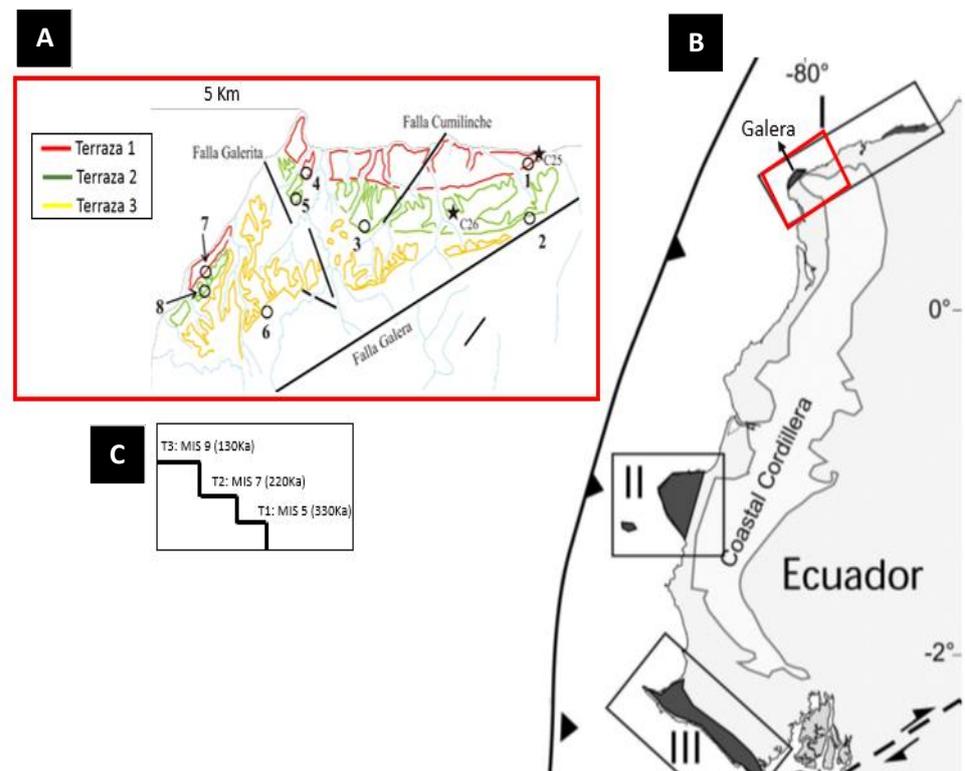
subsistencia), la cual puede estar o no cubierta por depósitos marinos. Una secuencia de terrazas marinas levantadas corresponde al registro de la repetición de los altos niveles glacio-eustáticos del mar sobrepuesto sobre una costa que se levanta (Bull, 1985; Ota, 1986; Pedoja *et al.*, 2006).

Durante el Cuaternario los altos niveles del mar o transgresiones marinas, representan fases interglaciares, las cuales están correlacionadas con estadios isotópicos marinos (MIS), y se representan con números impares, siendo el MIS 1 el periodo interglaciar actual. Algunas transgresiones incluyen variaciones eustáticas menores que se encuentran relacionadas con varios altos niveles del mar, estas variaciones eustáticas son referidas con un sufijo por ejemplo MISS 7a.

Las secuencias de terrazas marinas Pleistocenas en Ecuador, han sido tradicionalmente denominadas Tablazos (Bosworth, 1922; De-Vries, 1984; De-Vries, 1988; Pedoja *et al.*, 2006). Estas secuencias de terrazas marinas se ubican en 3 zonas, las cuales son del norte al sur: 1) Costa Norte cerca de Esmeraldas, 2) Península de Manta e Isla de la Plata, y 3) Margen norte del Golfo de Guayaquil (Península de Santa Elena) (Ver Figura 2.2) (Pedoja *et al.*, 2006).

Desde ~ 1.5 Ma., el área de la regresión total debida al levantamiento de la costa alcanza 20 000 Km. El retiro de la línea de costa es generalmente de 20-30 Km (Pedoja *et al.*, 2006).

En Punta Galera se identifican tres terrazas marinas T1, T2 y T3 y presentan edades propuestas por Pedoja *et al.* 2006, de T1 al MIS 5, T2 al MIS 7 y T3 al MIS 9. Las tasas de levantamiento calculadas para T1 y T2 son de 0.33 mm/año al Oeste de la falla de Cumilinche y de 0.30 mm/año para T3 (Pedoja *et al.*, 2006).



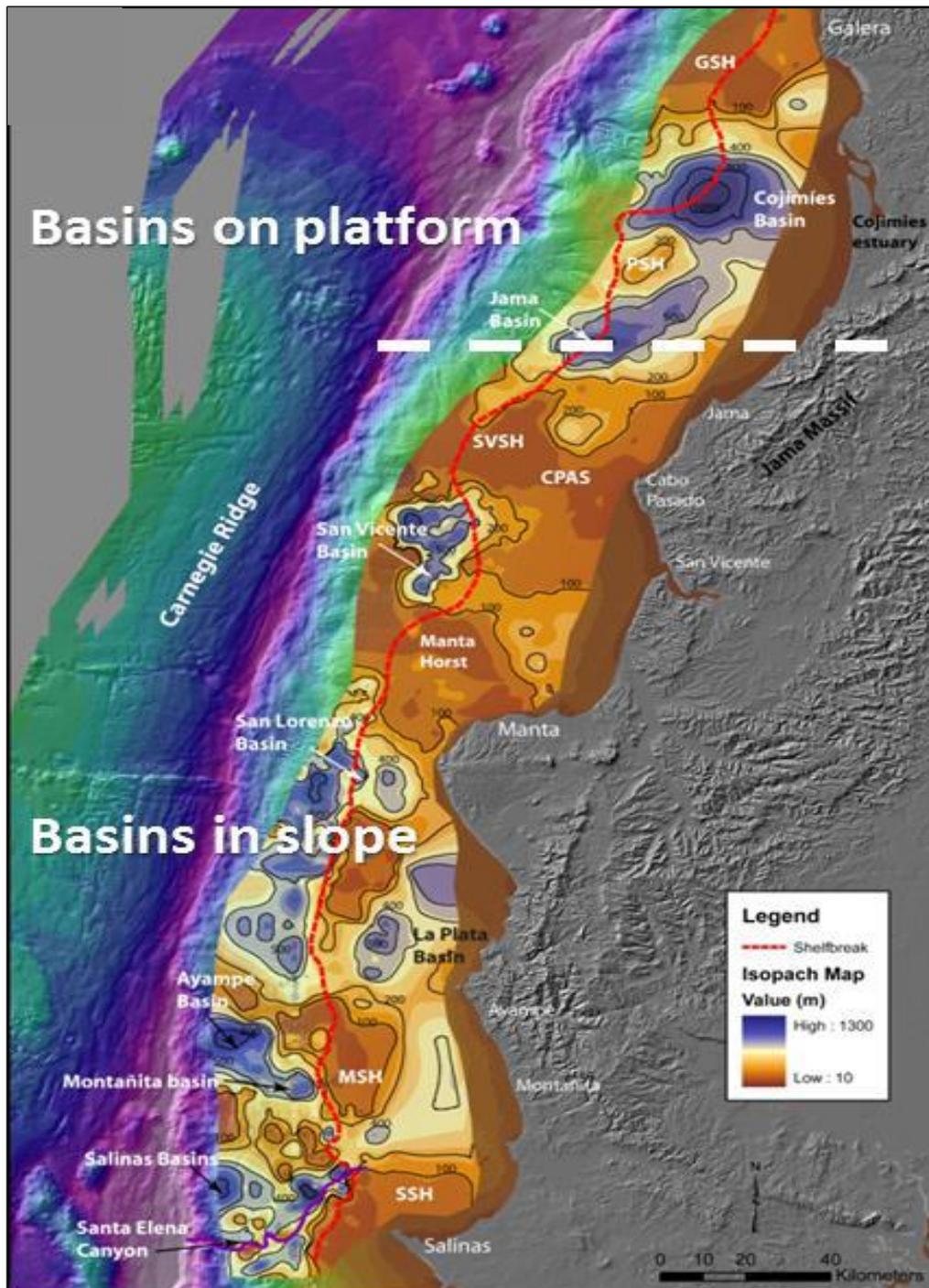
**Figura 2.2** (A) Secuencias de terrazas marinas en Punta Galera. (B) Secuencias de terrazas marinas en Ecuador: I Costa Norte: Río Verde y Galera Point, II Costa central: Península de Manta e Isla de la Plata III Golfo de Guayaquil: Península de Santa Elena e Isla Puná. (C) Esquema de edades asignadas a las terrazas marinas en Galera.

**Fuente:** Modificado de Pedoja K. *et al.*, 2006.

## 2.4 Depósitos Cuaternarios en la plataforma

En la parte central y sur de la plataforma continental ecuatoriana se han interpretado depósitos cuaternarios (Ver Figura 2.3). El bloque básico de la estratigrafía del Pleistoceno medio a tardío ecuatoriano es la secuencia T – R, tal como se define en la cuenca de San Lorenzo (área de Manta-La Plata). Sin embargo, la acumulación más completa de secuencias T-R se observa en la Cuenca Jama. El conjunto de secuencias T – R está compuesta de 26 secuencias en total pero muestra inconformidades angulares internas de extensión regional (Martillo, 2016).

A lo largo de la plataforma continental entre Galera y Cabo Pasado; en la cuenca Cojimíes ubicada frente a Cojimíes, la zona frente a Pedernales y la cuenca de Jama ubicada frente a Jama; se encontraron diez secuencias T – R (Muthre, 2016). En la zona de Manta – La Plata también fue identificado el registro de diez secuencias T – R en la plataforma continental (Proust *et al.*, 2016), estas secuencias han sido interpretadas en los perfiles sísmicos de la Campaña ATACAMES.



**Figura 2.3** Mapa Isópaco que muestra la ubicación de las cuencas Cuaternarias a lo largo de la plataforma continental.

**Fuente:** Martillo, C., 2016

# **CAPÍTULO 3**

## **REGISTRO SEDIMENTARIO Y ESTRATIGRÁFICO**

### **3.1 Registro estratigráfico de la deformación**

La estratigrafía secuencial es una herramienta importante que se utiliza para estudiar la deformación en márgenes activos, influenciados por la fuerte variación climato-eustática en el Pleistoceno (Martillo, 2016).

La estratigrafía secuencial es el estudio de las relaciones entre las rocas sedimentarias de un conjunto de estratos ligados genéticamente y limitado por superficies de erosión, de no sedimentación o por sus concordancias correlativas (Posamentier *et al.*, 1988; Van Wagoner, 1995).

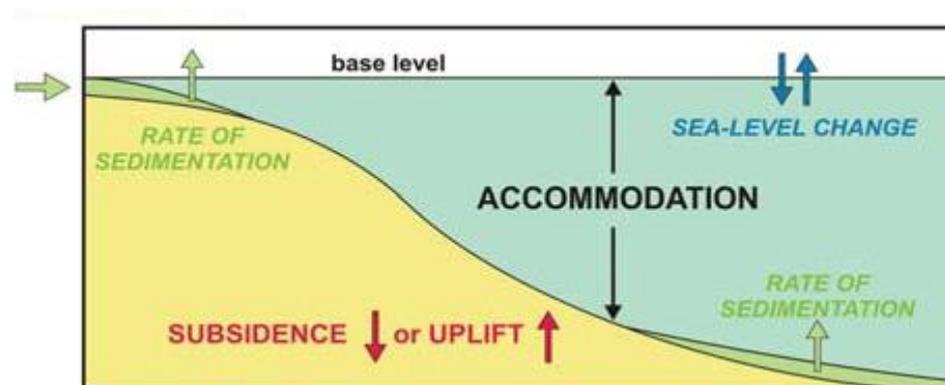
#### **3.1.1 Factores de control del registro sedimentario**

El nivel base o también conocido como nivel del mar para ciertos autores es el punto del continente interceptado por el mar, en otras palabras la línea de costa (Marocco, 2009). Es decir, es la superficie de equilibrio por debajo de la cual se asientan los sedimentos y por encima de la cual se produce la erosión (Homewood *et al.*, 2000).

El registro estratigráfico está influenciado por la sedimentación que se dispone a través del espacio de acomodación, el cual es el espacio disponible para la depositación de sedimentos (Homewood *et al.*, 2000), y ocurre entre el nivel del mar y la interface sedimento-agua (Ver Figura 3.1). El concepto fue definido por Jervey, 1988. Este espacio se crea o se destruye con las fluctuaciones del nivel base y hay que tomar en cuenta que el espacio disponible se reduce

gradualmente debido a la acumulación sedimentaria (Marocco, 2009).

El aumento o disminución de la acomodación está controlado directamente por la relación entre el eustatismo y la tectónica. La variación en el espacio de acomodación y el flujo sedimentario registran un cambio en las secuencias depositacionales mediante una progradación, agradación o transgresión, es decir las modificaciones transgresivas y regresivas de la línea de costa (Catuneanu, 2006; Homewood *et al.*, 2000; Miall, 2010).



**Figura 3.1** Factores que afectan al espacio de acomodación el cual va desde la interface agua-sedimentos hasta el nivel del mar o nivel base.

**Fuente:** Modificado de Miall, A., 2010.

La transgresión es la migración de la línea de costa hacia el continente que ocurre cuando el espacio de acomodación supera a la sedimentación (Ver Figura 3.2). Esto provoca que se desarrolle el patrón característico de la transgresión, una retrogradación (Ver

Figura 3.3); es decir que su arquitectura se forma mediante un movimiento de las facies hacia el continente (Homewood *et al.*, 2000; Marocco, 2009).

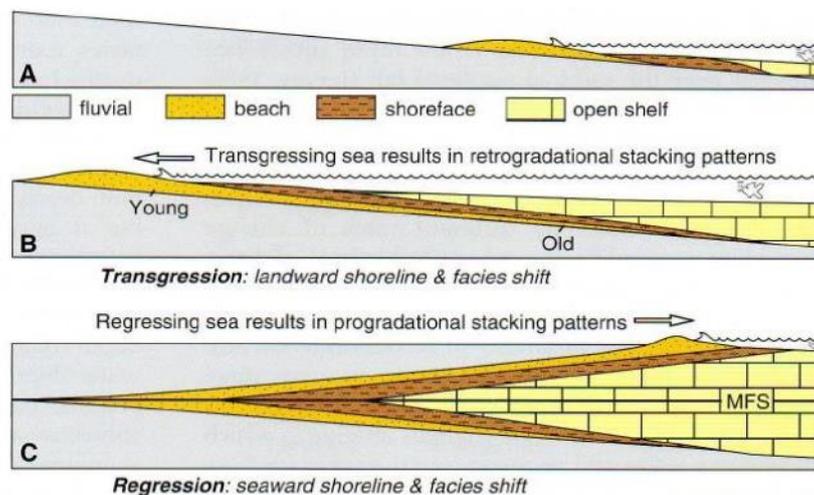
La regresión es la migración de la línea de costa hacia el mar que se produce cuando el aporte sedimentario es superior al espacio de acomodación (Ver Figura 3.2). El patrón característico de la regresión es la progradación (Ver Figura 3.3) que se forma mediante la acumulación sucesiva de facies hacia el mar (Catuneanu, 2006).

Existe dos tipos de regresiones: las regresiones forzadas y las regresiones normales. Las regresiones forzadas ocurren durante los períodos de baja del nivel de base, cuando la línea de costa tiene que moverse hacia el mar cualquier que sea el aporte sedimentario. Lo cual produce un proceso de erosión en el dominio continental y en las zonas de poca profundidad del mar adyacente a la línea de costa (Catuneanu, 2006; Catuneanu *et al.*, 2009; Marocco, 2009).

Las regresiones normales se originan cuando la subida del nivel base es muy débil por lo que la tasa de sedimentación es superior. Es decir en las etapas tempranas y tardías de la subida del nivel de base. Se crea espacio disponible pero este es completamente anulado por la acumulación sedimentaria. Su patrón de acumulación o arquitectura de los sedimentos es una agradación que es una acumulación

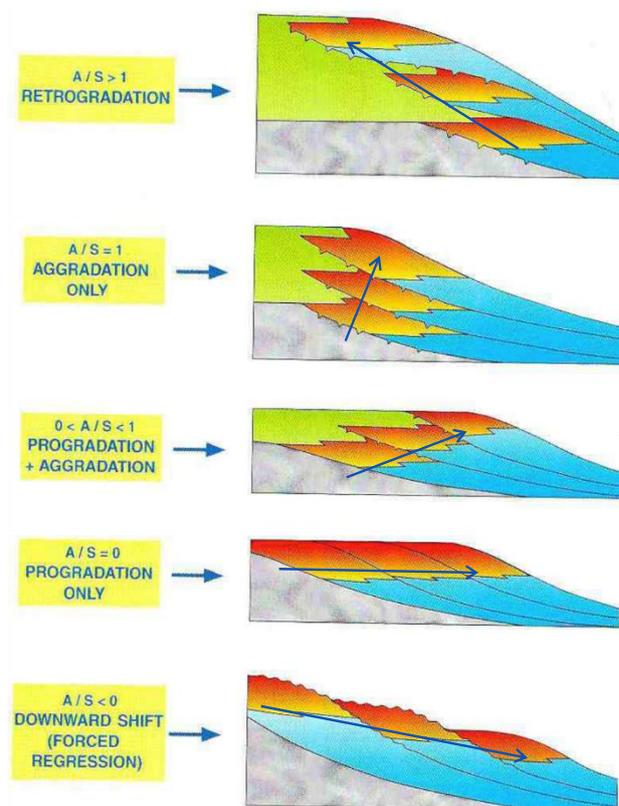
vertical de facies sucesivas que se produce cuando la acomodación y la sedimentación están en equilibrio, o la combinación agradación-progradación (Ver Figura 3.3) (Catuneanu, 2006; Homewood *et al.*, 2000, Marocco, 2009).

Durante los periodos de subidas del nivel base ocurren las transgresiones y regresiones normales, los periodos de transgresión suceden durante periodos más cortos que los de regresión (normal y forzada) (Catuneanu, 2006). La formación de una transgresión se da por la creación de espacio de disponible y de una regresión por la desaparición de este espacio (Marocco, 2009), el cual varía en función de los diferentes parámetros antes mencionados.



**Figura 3.2** Movimiento de la acumulación de facies producto de la transgresión y regresión marina. A. Nivel del mar en estado inicial. B. Transgresión marina, migración de facies hacia el continente. C. Regresión marina, migración de facies hacia el continente. Se observa el ciclo transgresión-regresión.

**Fuente:** Catuneanu, O., 2006.



**Figura 3.3** Esquema que representa los diferentes tipos de arquitecturas estratigráficas que son retrogradación, agradación, progradación, y regresión forzada, los cuales dependen de la tasa de cambio del espacio acomodación y el aporte sedimentario.

**Fuente:** Homewood, P. *et al.*, 2000.

### Secuencia estratigráfica

La secuencia estratigráfica es un registro de como las unidades estratigráficas, facies, y los elementos depositacionales están interrelacionados en el tiempo y el espacio en cuencas sedimentarias. La base de las secuencias estratigráficas es el

estudio de los ciclos del cambio del nivel base producto de la variaciones eustáticas (climáticas), la deformación tectónica y los procesos sedimentarios, por lo que su interpretación permite la reconstrucción del relleno de la cuenca al inicio de su depositación (Catuneanu, 2006; Martillo, 2016; Robin, 1997).

Los cambios del ciclo del nivel base determinan la formación de paquetes de estratos asociados con tendencia depositacional particular caracterizadas por patrones de apilamiento específicos conocidos como cortejos sedimentarios o systems tracts. Los cortejos sedimentarios se definen por superficies generadas por las diferentes etapas de subida o bajada del nivel mar, los distintos tipos de superficies que se forman mediante los cambios del nivel base permiten limitar los cortejos sedimentarios. Estas superficies se determinan mediante la interpretación de las terminaciones (superiores e inferiores) de los estratos y su configuración geométrica (Catuneanu, 2006; Mial, 2010).

### **Terminaciones de estratos y configuración geométrica**

En la interpretación de series sedimentarias en término de análisis secuencial es importante la determinación de las terminaciones superiores e inferiores de los estratos. Las terminaciones de estratos

se definen por la relación geométrica entre los estratos y las superficies estratigráficas (Catuneanu, 2006).

Los diferentes tipos de terminaciones estratales son los truncamientos, los toplaps, los onlaps, los downlaps y los offlaps (Ver Figura 3.4). Conceptos introducidos por la estratigrafía sísmica para definir la arquitectura de los reflectores sísmicos (Mitchum *et al.*, 1977).

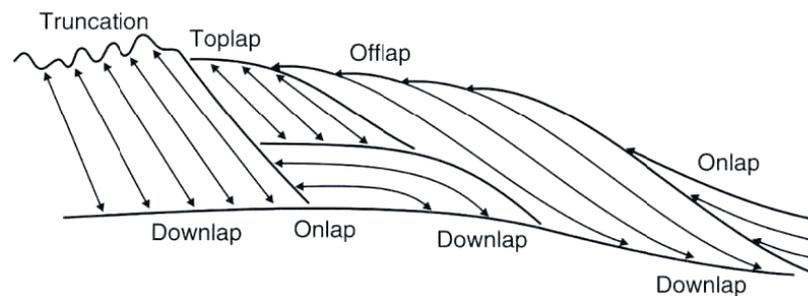
Un truncamiento es la terminación de estratos contra una superficie de erosión supra-yacente, implica el desarrollo de una superficie de erosión o una discordancia angular (Marocco, 2009).

Un toplap es la terminación de estratos en forma de capas inclinadas contra una superficie supra-yacente de bajo ángulo, es el resultado de un no-depósito y escasa erosión (Marocco, 2009).

Un onlap es la terminación de estratos de bajo ángulo contra una superficie de mayor pendiente. Existen tres tipos de onlaps: (a) Marino, se desarrolla en los taludes continentales generalmente durante las transgresiones. (b) Costero, corresponde a los estratos del frente de playa inferior durante la transgresión. (c) Fluvial, corresponde al desplazamiento hacia el continente durante la agradación de un sistema fluvial (transgresión o regresión normal) (Marocco, 2009).

Un downlap es la terminación de estratos inclinados contra una superficie de menor pendiente. Los downlaps son comunes en las bases de las clinoformas de progradación (Marocco, 2009).

Un offlap se produce durante las regresiones forzadas debido a que cada clinoforma deja al descubierto durante su sedimentación parte de la clinoforma anterior (Marocco, 2009).



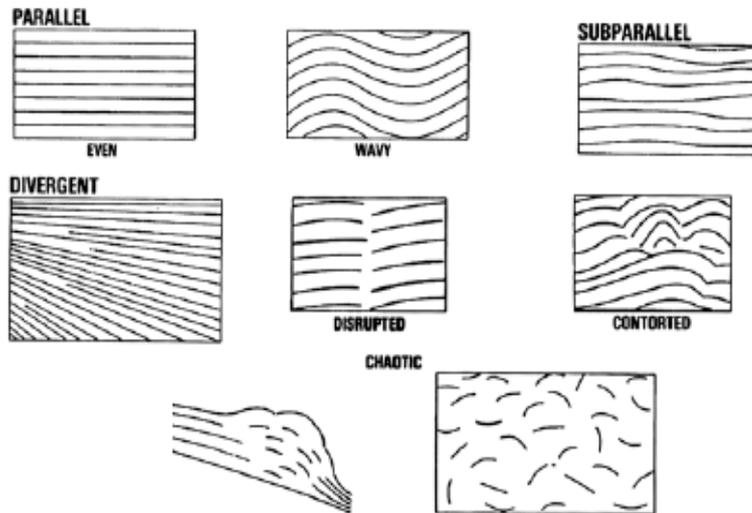
**Figura 3.4** Los principales tipos de terminaciones de estratos.

**Fuente:** Emery, D., Myers, K., 1996.

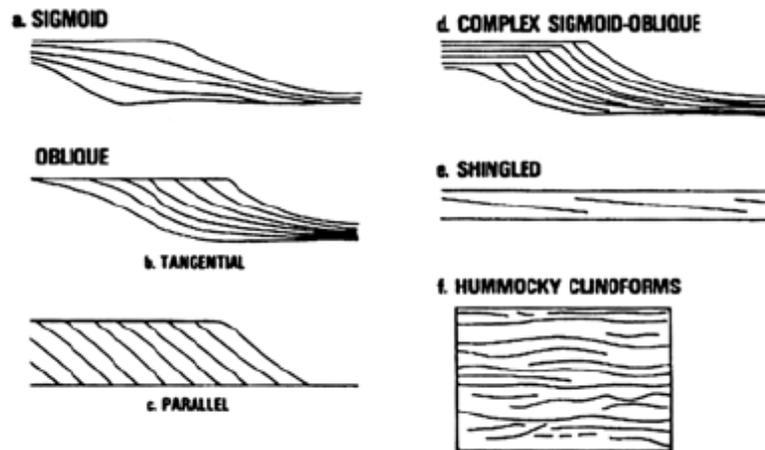
Otro criterio de interpretación para la estratigrafía sísmica es la configuración geométrica de los reflectores y la forma exterior de las clinoformas (Mitchum *et al.*, 1977; Proust *et al.*, 2016), que permite determinar el ambiente de depositación de las facies sísmicas.

Generalmente la geometría de los estratos puede ser: “paralelo a subparalela”, “divergente”, “caótico”, “ondulado” y “contorneado”. Las formas más comunes de las clinoformas son “sigmoide”, “oblicuo – tangencial”, “oblicuo – paralelo”, “complejo sigmoide – tangencial”, “hummocky” y “shingled” (Ver Figura 3.5) (Mitchum *et al.*, 1997).

A. CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA



B. FORMAS DE LAS CLINOFORMAS



**Figura 3.5** Configuraciones características de los reflectores. (A) Configuración geométrica, en (B) Formas de clinoformas.

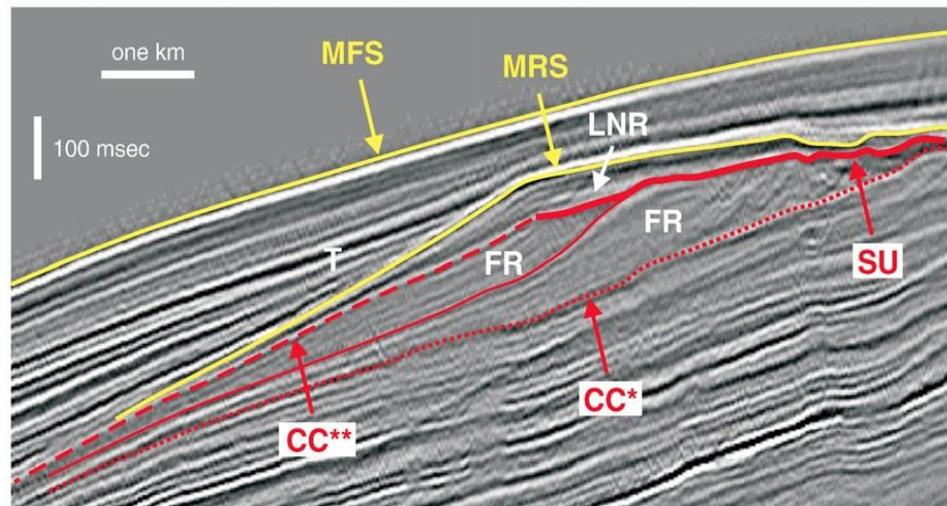
**Fuente:** Mitchum, M. *et al.*, 1977.

## **Superficies estratigráficas**

Las superficies en estratigrafía son de diferentes tipos y de diferentes importancias, pero todas reflejan un cambio en los factores que controlan el ambiente de sedimentación y son definidas por medio de las terminaciones estratales (Marocco, 2009). Utilizan como límites cortejos sedimentarios y límites de secuencias. Las superficies estratigráficas más importantes son: "superficie subaérea" y su "concordancia correlativa", "superficie basal de regresión forzada", "superficie de máxima regresión", "superficie de máxima inundación" (Catuneanu *et al.* 2009), estas dos últimas superficies son aquellas que definen los límites de secuencias.

La superficie de máxima regresión (maximum regressive surface – MRS) (Ver Figura 3.6), constituye el fin de la regresión de la línea de costa y establece la separación de la progradación subyacente (regresión) de la retrogradación suprayacente (transgresión) (Catuneanu, 2006).

La superficie de máxima inundación (maximum flooding surface – MFS) (Ver Figura 3.6), constituye el fin de la transgresión de la línea de costa y establece la separación de la retrogradación subyacente (transgresión) de la progradación suprayacente (regresión) (Catuneanu, 2006).



**Figura 3.6** Perfil sísmico que muestra los tipos de depósito (FR – Regresión Forzada, LNR – Regresión Normal, T – Transgresión) y las superficies estratigráficas (SU – Superficie Subaérea, CC\*\* – Concordancia correlativa, CC\* o BSFR – Superficie Basal de Regresión Forzada, MRS – Superficie de máxima regresión, MFS – Superficie de máxima inundación).

**Fuente:** Catuneanu, O. *et al.*, 2009.

### Cortejos sedimentarios

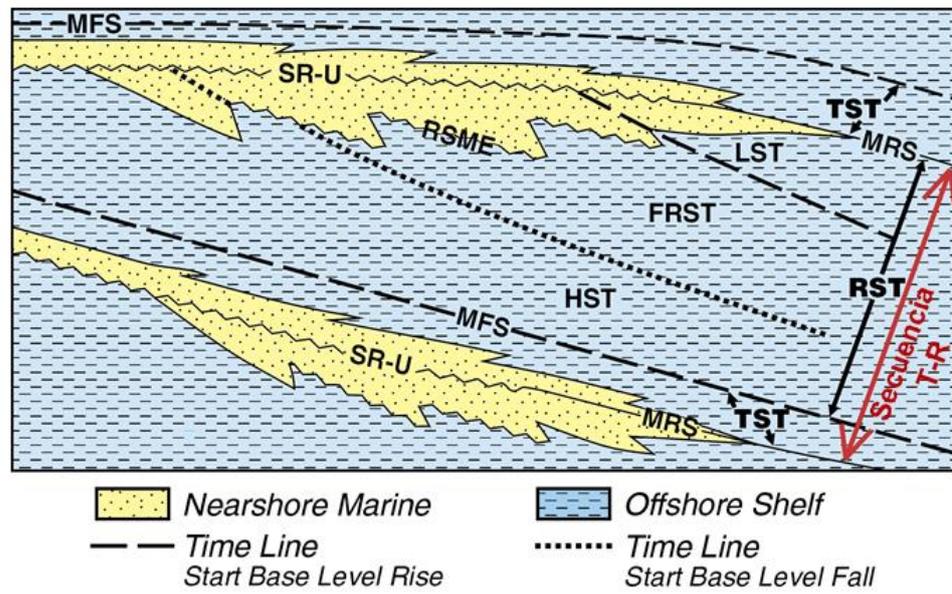
Los cortejos sedimentarios (systems tracts) están limitados por superficies estratigráficas y son sucesiones progresivas de depósitos sedimentarios que están ligados genéticamente y corresponden a subdivisiones de una secuencia (Embry, 2002). Se reconocen idealmente cuatro cortejos sedimentarios: “cortejo transgresivo”, “cortejo de alto nivel”, “cortejo de caída del nivel del mar”, “cortejo de bajo nivel”. El cortejo regresivo es un cuerpo sedimentario compuesto constituido por los cortejos de alto nivel (HST), de caída del nivel de base (FSST) y de bajo nivel (LST) (Catuneanu *et al.* 2009).

El cortejo transgresivo (Transgressive System Tract – TST) se deposita cuando la velocidad de subida del nivel del mar es mayor al aporte sedimentario (Marocco, 2009). Está limitado por el MRS en la base y el MFS al tope. Se identifica por su arquitectura retrogradante en onlap.

El cortejo regresivo (Regressive System Tract – RST) se usa cuando es imposible diferenciar los diferentes cortejos regresivos (HST, FSST, LST). El RST está limitado, en su base, por el MFS y, al tope, por MRS; el MRS se caracteriza por un patrón de acumulación progradante, tanto en sus partes continentales como marinas (Marocco, 2009).

### **Secuencias T-R**

Se han de definido diferentes tipos de secuencias estratigráficas, la que se presenta en este documento se denomina secuencia Transgresión – Regresión (T – R), estas secuencias agrupan el cortejo transgresivo (TST) y el cortejo regresivo (RST). El TST se ubica en la base de la secuencia T-R, y los tres cortejos del RST se ubican sobre TST, es decir al tope de la secuencia (Ver Figura 3.7) (Embry y Johannessen, 1992).



**Figura 3.7** Esquema que muestra el RST al tope y el TST hacia la base de una secuencia T-R.

**Fuente:** Modificado por Muthre, K., 2016 de Embry, A., 2002.

# **CAPÍTULO 4**

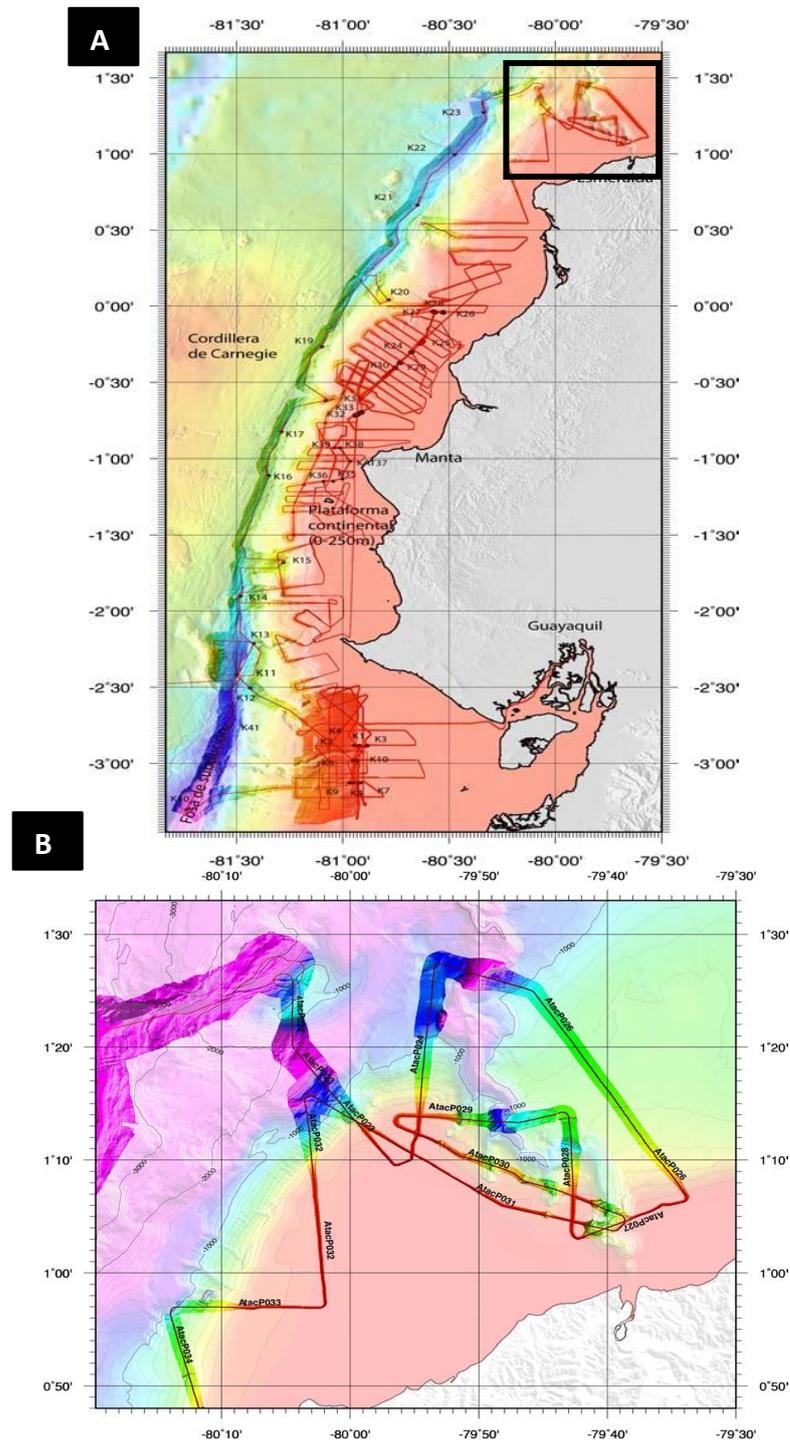
## **MÉTODOS Y DATOS**

## 4.1 Datos

Para el presente estudio se utilizó datos sísmicos recolectados durante la Campaña ATACAMES (Archivage de la Tectonique Active et du Climat le long de la Marge d'Équateur en Subduction) (Michaud, Proust *et al.*, 2012) a lo largo del margen ecuatoriano, a bordo del Buque L'Atlante en el 2012 (Ver Figura 4.1), y corresponde a sísmica de reflexión multicanal de alta resolución 72 channels (50 – 450 Hz) en la zona norte (Esmeraldas); así como datos geológicos tomados en campo.

### 4.1.1 Datos sísmicos

Los datos sísmicos utilizados en este trabajo corresponden a sísmica de reflexión Atacames, esta campaña consiste en ~4500 Km en perfiles de sísmica multi-canal de alta resolución (72 canales; 50 - 450 Hz) adquiridos con un streamer de 450 m de largo en 72 secciones activas de 6.25 m cada una (Michaud, Proust *et al.*, 2012) (Ver Figura 4.1 A) de los cuáles para este trabajo se utilizaron los perfiles sísmicos de la parte Norte de Ecuador, en el área de Esmeraldas (Ver Figura 4.1 B). Para el procesamiento de la sísmica de reflexión Atacames se usó el programa Seismic Unix (©Colorado School of Mines). Para la interpretación de todos los datos sísmicos se usaron los programas Petrel (©Schlumberger) y Kingdom Suite (©IHS). Para la elaboración de un mapa Isópaco se usó ArcGis (©ESRI).

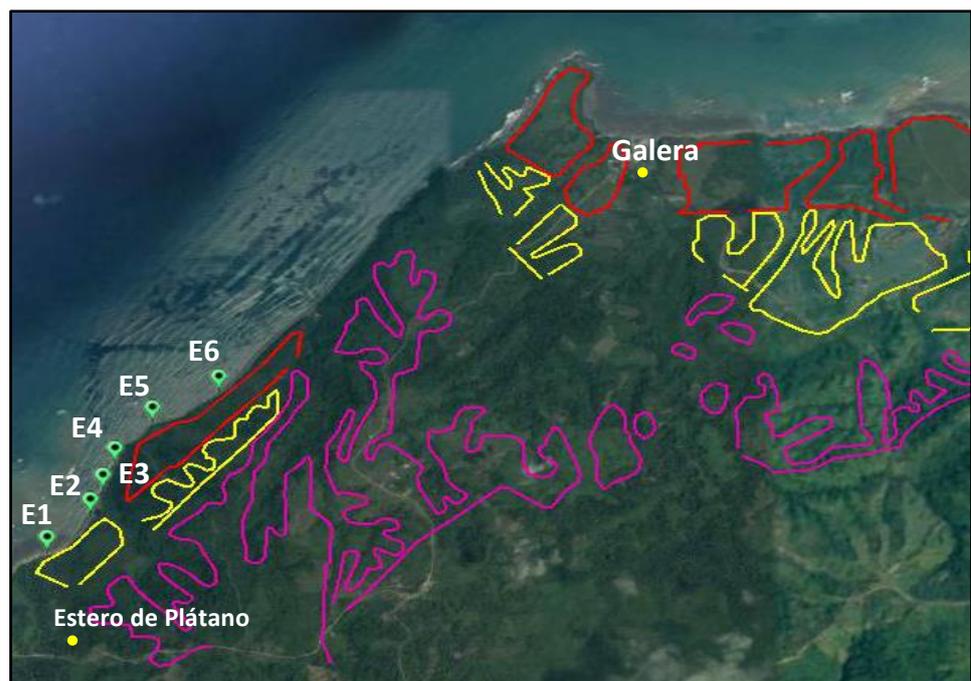


**Figura 4.1** A. Perfiles sísmicos recolectados durante la Campaña ATACAMES. B. Perfiles sísmicos de la Campaña ATACAMES utilizados en este trabajo.

**Fuente:** Michaud, F., Proust, J-Y. *et al.*, 2012.

#### 4.1.1 Datos de campo

Se realizó una recopilación de datos de geológicos campo, estratigráficos y petrográficos, en el borde costero al Norte de Ecuador, específicamente en las secuencias de terrazas marinas cuaternarias ubicadas en la costa de Galera (Ver Figura 4.2). La toma de datos de campo se basó en 6 estaciones geológicas donde tuvo lugar la elaboración de columnas estratigráficas y recolección de muestras petrográficas de mano.



**Figura 4.2** Ubicación de las Estaciones realizadas durante la recolección de datos geológicos de campo en el borde costero al oeste de Galera.

**Fuente:** Suárez, A., 2017.

## 4.2 Metodología

La metodología general consistió en dos fases (Ver Figura 4.3):

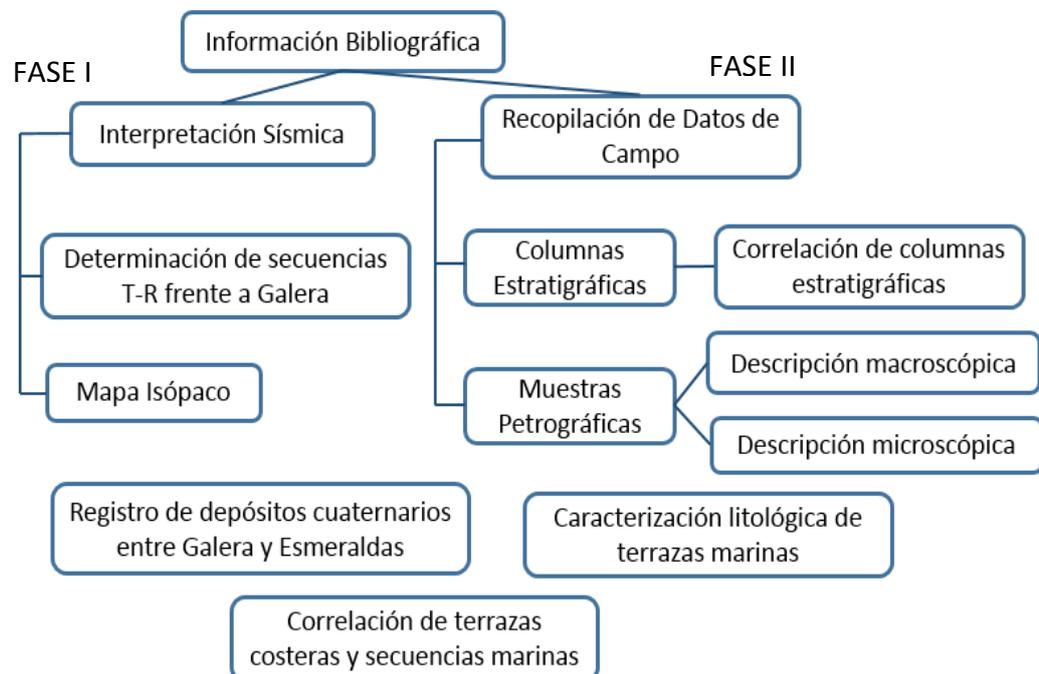
1. Interpretación Sísmica. Se realizó la interpretación sísmica, basada en los criterios de la estratigrafía sísmica secuencial; se identificó las terminaciones, la configuración geométrica y las características internas de los reflectores para determinar las superficies estratigráficas más importantes (Maximum Flooding Surface - MFS y Maximum Regressive Surface - MRS) y las facies sísmicas. Posteriormente se establecieron los cortejos sedimentarios, el cortejo sedimentario transgresivo (TST) y el cortejo sedimentario regresivo (RST) para luego agruparlos en secuencias T – R; para determinar las secuencias sísmicas marinas frente a Galera.

Una vez interpretadas las secuencias sísmicas en la plataforma continental de Galera, se intentó realizar la correlación de estas con las terrazas marinas ubicadas en el borde costero de Galera mediante los estadios isotópicos marinos (MIS). Para esto se plantea las edades de las secuencias sísmicas, y mediante la datación asignada por Pedoja *et al.*, 2009 a las terrazas marinas se propone la correlación.

Se delimitó los sedimentos cuaternarios en las líneas sísmicas mediante la interpretación del basamento acústico, y se delimitó el fondo marino; para mediante el uso de software obtener un mapa Isópaco que muestre

las pequeñas cuencas ubicadas en la plataforma continental de Esmeraldas.

2. Recopilación de datos de campo: Los datos de campo fueron tomados en el borde costero de Galera, en las secuencias de terrazas marinas cuaternarias. Las estaciones geológicas se ubicaron de sur a norte, en donde se realizó levantamiento de columnas estratigráficas para su posterior correlación y toma de muestras petrográficas para caracterizar litológicamente las terrazas marinas en esta zona, por medio de un análisis microscópico de las rocas mediante la observación de láminas delgadas para determinar el tipo y la cantidad de minerales presentes en las rocas.



**Figura 4.3** Esquema de la metodología utilizada.

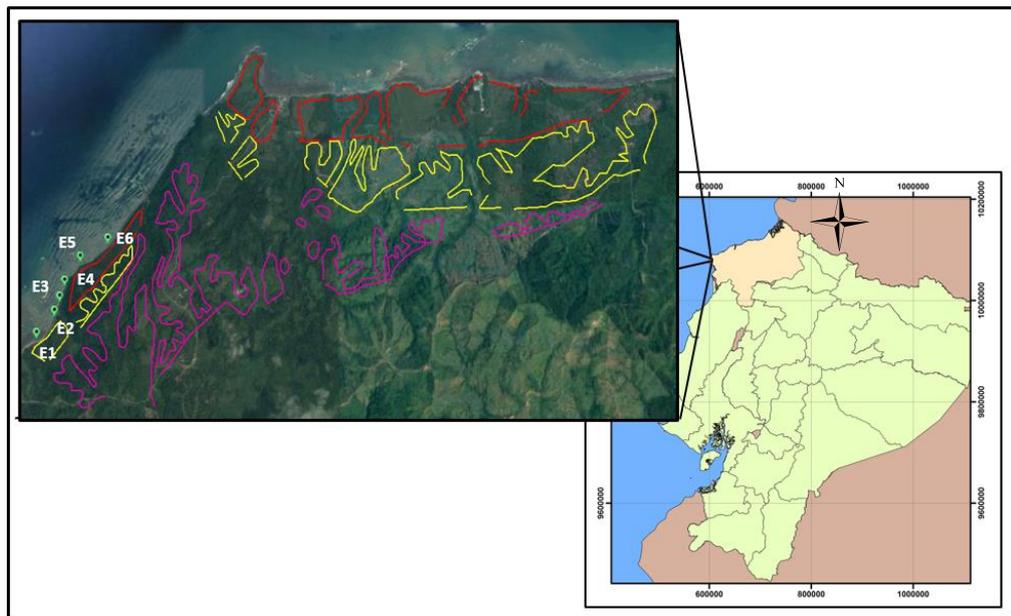
**Fuente:** Suárez, A., 2017.

# **CAPÍTULO 5**

## **RESULTADOS**

### 5.1 Interpretación de datos de campo

Los datos de campo fueron recolectados en el borde costero al oeste de Galera, se realizaron 6 estaciones de sur a norte (Ver Figura 5.1) con el objetivo de reconocer estratigráfica y litológicamente las terrazas marinas Pleistocenas del norte de Ecuador en Punta Galera.



**Figura 5.1** Ubicación de Estaciones realizadas a lo largo del borde costero de Galera.

**Fuente:** Suárez, A., 2017.

E1 presenta una sub-estación llamada E1-2 E1 y E2 se realizaron en los afloramientos en la costa de la terraza T2 y E3, E4, E5 y E6 se realizaron en la terraza T1. Los depósitos Cuaternarios de la terraza T3 no afloran debido al exceso de vegetación en esta zona. Las columnas estratigráficas realizadas en cada estación en las terrazas marinas se muestran a continuación:

## **Estación 1**

Ubicación: Estero del Plátano, Esmeraldas.

Coordenadas: 601865 – 10086686

La Estación 1 se encuentra ubicada en la terraza T2, se muestran acantilados de potencia de 7 metros que se dividen en dos unidades estratigráficas. A la base se encuentra la Unidad II con una potencia de 3.6 metros y al tope la Unidad I con potencia de 4.4 metros (Ver Anexo A).

En la Unidad II se identificaron 8 intercalaciones de estratos de areniscas muy consolidadas con lutitas. Las areniscas presentan espesores de 20 a 30 cm en la base, el cual aumenta a espesores de hasta un metro hacia el tope de esta unidad.

A la base de la Unidad II los estratos de areniscas son de grano fino de color gris oscuro y presentan concreciones de grauvacas. El análisis microscópico de la arenisca mostró presencia de granos de cuarzo en un 50% y probablemente cristales de plagioclasas, en menor cantidad filosilicatos como micas: biotita y moscovita, también se presentan cristales de biotita levemente alterada a clorita y cristales oscuros de piroxenos posiblemente augita. La cantidad de líticos es mayor al 50% (Ver Anexo A y K).

Las grauvacas tienen textura detrítica arenosa de grano fino y color grisáceo. Presenta micas 20%, feldespatos 20%, plagioclasas 15%, cuarzo 30%, el cuarzo también se observa en vetillas. Presenta granos de subredondeados a subangulares, maduros, de matriz soportada. Se pueden observar fosfatos, plagioclasas con maclas polisintéticas (Ver Anexo M).

Las areniscas localizadas en el centro de esta unidad exhiben un aumento de su tamaño de grano con respecto a la base por lo que se pueden observar areniscas de grano medio de color café con clastos subangulosos. Presenta minerales de cuarzo en un 40%, minerales de biotita y moscovita en un 10%, minerales accesorios de piroxenos y feldespatos alterados en un 10% alrededor de los granos (Ver Anexo A y I).

Al tope de la Unidad II las areniscas son de grano grueso y de color café claro, clastos subangulosos. Presenta minerales de cuarzo en un 40 a 50%, minerales de biotita y moscovita en un 20%, minerales accesorios de clorita y piroxenos, feldespatos alterados en un 30% alrededor de los granos, minerales accesorios de color verde azulado posiblemente glauconita (Ver Anexo A y H).

Las lutitas de esta unidad tienen matriz limo arenosa de grano muy fino de color gris claro y espesores de 10 cm aproximadamente, se pueden

observar minerales opacos posiblemente óxidos y poco porcentaje de plagioclasas (Ver Anexo J).

En la Unidad I se observan estratos de roca altamente meteorizada de grano muy fino de color beige claro, con matriz limo arcillosa, se pueden observar minerales opacos posiblemente óxidos y presenta alto contenido de carbonato de calcio, clasificada como una argilita arenosa calcárea (Ver Anexo A y L).

### **Estación 1-2**

Ubicación: Estero del Plátano, Esmeraldas.

Coordenadas: 601865 – 10086686

La estación 1-2 se encuentra ubicada en la terraza T2, presenta acantilados con potencia de 8.9 metros divididos en dos unidades estratigráficas, a la base se encuentra la Unidad II y al tope la Unidad I (Ver Anexo B).

La Unidad II tiene una potencia de 6.8 metros aproximadamente en la que se identificaron 6 intercalaciones de estratos de areniscas y lutitas. Las areniscas poseen espesores de 70 cm a 1 m y las lutitas de 10 a 15 cm. Las areniscas y lutitas presentan la misma descripción petrográfica que se observó en la estación 1.

La Unidad I posee un espesor de 3.2 metros y se observan estratos de una roca consolidada de matriz limo arcillosa calcárea. Las rocas presentes en esta unidad poseen la misma descripción petrográfica que la estación 1.

## **Estación 2**

Ubicación: Estero del Plátano, Esmeraldas.

Coordenadas: 602148 – 10087004

La estación 2 se encuentra ubicada en la terraza T2, presenta acantilados con potencia de 6.7 metros aproximadamente, al igual que las estaciones descritas anteriormente están divididos en dos unidades estratigráficas, a la base se encuentra la Unidad II y al tope la Unidad I (Ver Anexo C).

La Unidad II tiene una potencia de 4 metros y se identifican 9 intercalaciones de estratos de areniscas con espesores de 30 cm a 1 metro aproximadamente y lutitas de espesores menores a 15 cm. Las areniscas y lutitas presentan la misma descripción petrográfica que se observó en las estaciones anteriores.

En la Unidad I se observan estratos de roca limo arcillosa con gran cantidad de carbonato de calcio y alto grado de meteorización, esta unidad presenta un espesor de 2.7 metros.

### **Estación 3**

Ubicación: Estero del Plátano, Esmeraldas.

Coordenadas: 602223 – 10087216

La estación 3 se ubica en la terraza T1, se observan acantilados con potencia de 6.5 metros en los cuales a la base se identifican intercalaciones de arenas y lutitas (Ver Anexo D).

Las areniscas son de grano fino y color café oscuro. Los estratos se presentan consolidados con espesores de 10 a 15 cm. Microscópicamente en la roca se puede observar cuarzo en un 30%, cristales de plagioclasas alteradas 15%, feldespatos 10%, micas como biotita y moscovita 20% y en menores cristales de piroxenos y minerales opacos (Ver Anexo N).

Las lutitas que se identificaron en esta terraza son de color beige claro, matriz limo arcillosa con presencia de carbonato de calcio de calcio y presentan espesores de hasta 1 metro aproximadamente (Ver Anexo D y O).

Al tope del afloramiento se presentan estratos de lutitas con matriz limosa de color café claro meteorizada.

#### **Estación 4**

Ubicación: Estero del Plátano, Esmeraldas.

Coordenadas: 602294 – 10087453

La estación 4 se encuentra ubicada en la terraza T1, los acantilados en esta terraza tienen potencias de 9.6 metros (Ver Anexo E).

A la base se identificaron intercalaciones de areniscas y lutitas. Las areniscas son de grano fino de color café oscuro con espesores de 10 cm aproximadamente, las lutitas presentan matriz limosa y calcárea de 35 cm de espesor aproximadamente (Ver Anexo P). Las areniscas y lutitas presentan la misma descripción petrográfica que se observó en la estación 3.

Al tope se identificaron estratos de lutitas con matriz limosa de color café claro, la estratificación no es muy evidente debido al alto grado de meteorización que presenta en la parte superior del afloramiento.

#### **Estación 5**

Ubicación: Estero del Plátano, Esmeraldas.

Coordenadas: 602541 – 10087812

La estación 5 se ubica en la terraza T1, se observan acantilados con potencias de 7.3 metros aproximadamente (Ver Anexo F).

A la base del acantilado se identificaron intercalaciones de arena con lutitas. Las arenas son de grano fino y color café oscuro con espesores de 10 cm aproximadamente y las lutitas poseen matriz limosa calcárea con espesores de 50 cm aproximadamente. Las areniscas y lutitas presentan la misma descripción petrográfica que se observó en la estaciones 3 y 4.

Al tope del afloramiento se presentan estratos de lutitas con matriz limosa de color café claro con alto grado de meteorización. En la parte superior del acantilado se observa la roca completamente alterada y capas de suelo (Ver Anexo F).

### **Estación 6**

Ubicación: Estero del Plátano, Esmeraldas.

Coordenadas: 603015 – 10088072

La estación 6 se encuentra ubicada en la terraza T1, presenta acantilados con potencias de 7.4 metros aproximadamente (Ver Anexo G).

A la base del acantilado se identificaron intercalaciones de arena con lutitas. Las arenas presentes en el afloramiento son de grano fino, color café claro y tienen un espesor de 10 cm aproximadamente. Las lutitas tienen matriz limosa calcárea con espesores de 50 cm hasta 1.5 m aproximadamente. Las areniscas y lutitas presentan la misma descripción petrográfica que se observó en la estaciones 3, 4 y 5.

Al tope del afloramiento se presentan estratos de lutitas con matriz limosa de color café claro con alto grado de meteorización. En la parte superior del acantilado se observa la roca completamente alterada y capas de suelo (Ver Anexo G).

## **5.2 Interpretación sísmica**

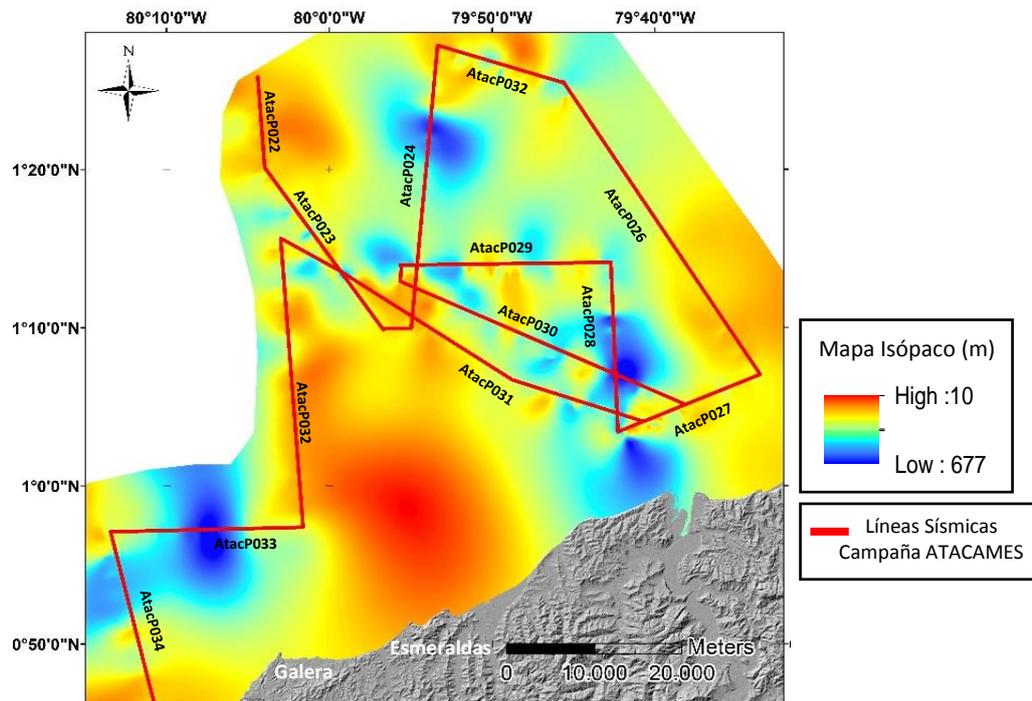
La interpretación sísmica fundamentada en los criterios de la estratigrafía sísmica secuencial se basó en la identificación de las terminaciones estratales, la configuración geométrica y las características internas de sus reflectores para determinar superficies estratigráficas y facies sísmicas.

Mediante la interpretación sísmica de las líneas de la Campaña ATACAMES en la zona de Esmeraldas se obtuvo un mapa Isópaco que muestra los depósitos de sedimentos del Cuaternario y el levantamiento en el área.

Frente a Galera se observa un depocentro (Ver Figura 5.2) en el cual mediante los criterios ya mencionados se pudo determinar en el perfil sísmico AtacP033 (Ver Figura 5.3) las terminaciones de los estratos, superficies estratigráficas (Ver Figura 5.4), cortejos sedimentarios y facies sísmicas (Ver Figura 5.5 y Figura 5.6).

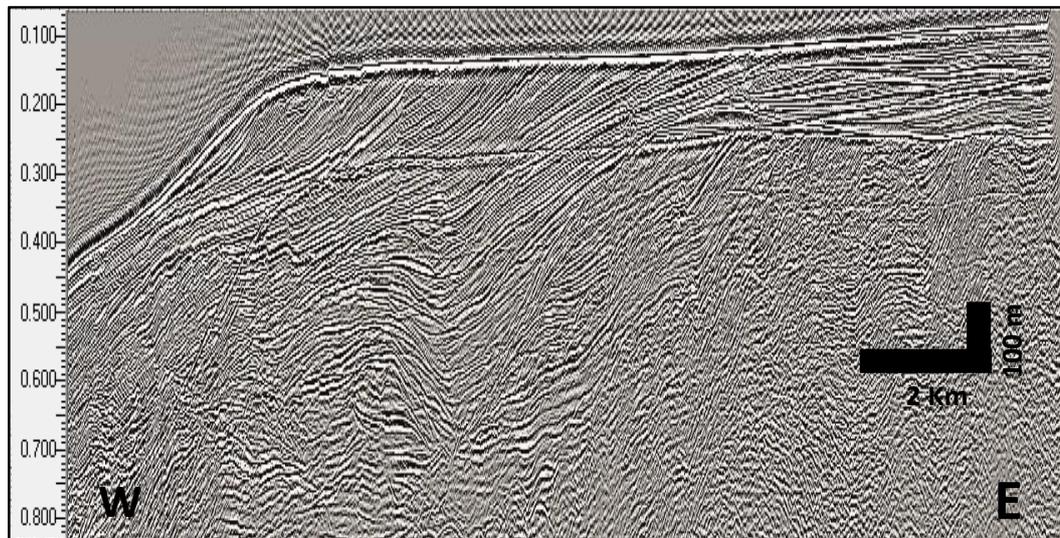
Una vez definidas las superficies estratigráficas más importantes, el MFS y MRS, se establecieron los cortejos sedimentarios. El cortejo sedimentario transgresivo (TST) limitado por el MFS y el cortejo

sedimentario regresivo (RST) limitado por el MRS, cabe mencionar que el cortejo sedimentario regresivo está formado por tres cortejos sedimentarios (HST, FSST, LST) de los cuales no se pudo observar el registro en la sísmica.



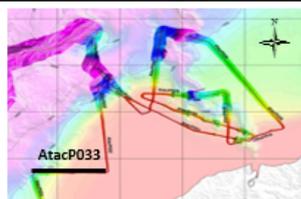
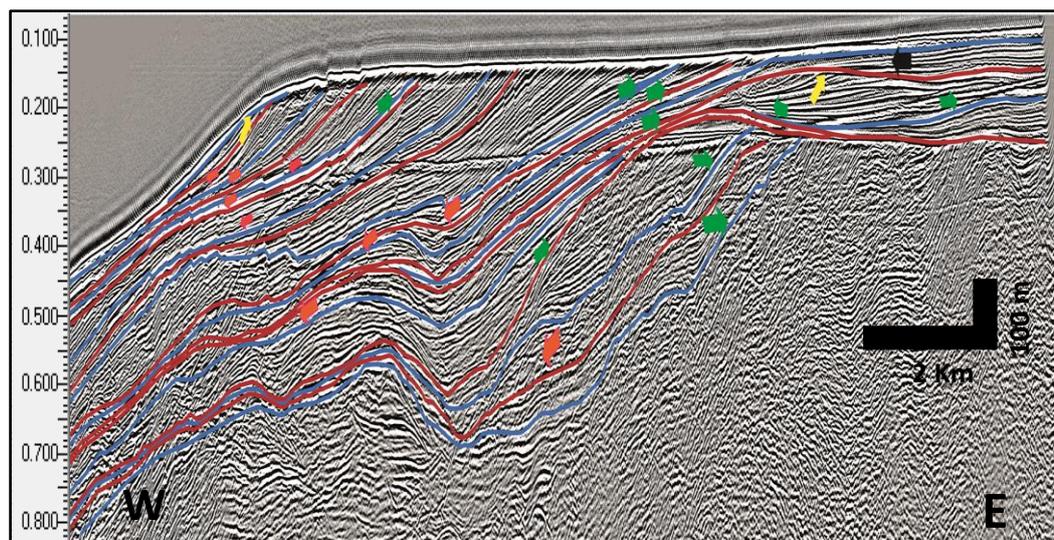
**Figura 5.2** Mapa Isópaco que muestra los depósitos de sedimentos del Cuaternario y el levantamiento en el área entre Galera y Esmeraldas. Los colores azules indican un mayor espesor de sedimentos y los colores amarillos y naranjas indican menor espesor de sedimentos.

**Fuente:** Suárez, A., 2017.



**Figura 5.3** Perfil sísmico ATACP033 de la Campaña ATACAMES (ver la localización en el Mapa de la Figura 5.2).

**Fuente:** Suárez, A., 2017.



Superficies estratigráficas		Terminaciones estratales	
—	Maximun Flooding Surface (MFS)	↙	↘
—	Maximun Regressive Surface (MRS)	↗	→
↖	Onlap	↘	↗
↗	Offlap	↙	↘

**Figura 5.4** Perfil sísmico ATAC\_P033 de la Campaña ATACAMES que muestra las terminaciones de los estratos con las superficies sísmicas interpretadas.

**Fuente:** Suárez, A., 2017.

## **Facies sísmicas**

La interpretación de facies sísmicas nos permite proponer un ambiente deposicional y el tipo de litología. Tomando como referencia los criterios propuestos por Proust *et al.*, 2016 en la zona de Manta – Isla de la Plata, y utilizando los datos de sísmica Atacames, se determinaron siete facies sísmicas en la zona de la plataforma frente a Galera. (Ver Figura 5.23), las mismas que se describen a continuación:

### **Facies del cortejo regresivo**

Facie Sísmica 1 (Sf1): Arenas de meandros fluviales y llanuras de inundación. Presentan amplitud alta, frecuencia y continuidad media, configuración hummocky y oblicua – paralela de bajo ángulo. Exhiben altas amplitudes de los reflectores lo que sugiere contrastes de alta impedancia y litología de alta velocidad, es decir sedimentos de tamaño de grano medio a grueso. La configuración hummocky y la poca continuidad de los reflectores podrían indicar canales rellenos de sedimentos de grano grueso, los cuales probablemente corresponderían a depósitos de un sistema fluvial de meandros incluidos en depósitos de la llanura de inundación.

Facie Sísmica 2 (Sf2): Limos y arcillas del prodelta. Los reflectores presentan amplitud baja, frecuencia y continuidad media a alta, configuración divergente con terminaciones downlap. La continuidad y

frecuencia alta podría indicar depósitos finos bien estratificados de ambientes de baja energía y la amplitud baja indica litología homogénea, la cual podría corresponder a sedimentos finos debido al ambiente sedimentario.

Facie Sísmica 3 (Sf3): Arenas del frente deltaico influenciado por oleaje y llanura costera. Muestran amplitud, continuidad y frecuencia baja a media con configuración progradacional divergente con terminaciones offlap y toplap. La baja amplitud, continuidad y frecuencia sugieren una litología homogénea de arenas muy poco estratificadas. La progradación divergente de sedimentos homogéneos ocurre por lo general en el lóbulo deltaico con un alto aporte sedimentario o por volcamiento en el frente de clinofomas empinadas y activas, por lo que el ambiente sedimentario se interpreta como la cuña clástica de la planicie deltaica en la zona de transición a ambientes marinos.

Facie Sísmica 4 (Sf4): Flujo de detritos. Presenta amplitud baja a transparente, localmente alta, continuidad y frecuencia baja con configuración caótica (en forma de montículos) discontinua de bajo ángulo a paralela. La amplitud baja a transparente indica litología homogénea posiblemente una mezcla de sedimentos finos, con lentes de sedimentos gruesos correspondiente a la amplitud alta. La configuración caótica en forma de montículos y discontinua sugiere depósitos de

movimientos en masa o flujos de detritos a lo largo de pendientes en ambientes marino profundo.

#### Facies del cortejo transgresivo

Facie Sísmica 5 (Sf5): Arenas gruesas bioclásticas transgresivas. Los reflectores presentan amplitud media a alta, continuidad alta y frecuencia media a baja. La configuración es divergente hacia la costa y convergente hacia el mar. La amplitud y continuidad alta y frecuencia baja podrían indicar sedimentos finos intercalados con sedimentos gruesos bien estratificados en capas de gran espesor.

Facie Sísmica 6 (Sf6): Limos y arcillas marinas de offshore. Los reflectores presentan de media a alta amplitud, continuidad alta y frecuencia media, configuración subparalela en onlap sobre las clinofomas. La amplitud y continuidad alta sugieren depósitos gruesos bien estratificados con sedimentos finos, los cuales podrían corresponder a la depositación marina de arcillas y limos que cubren la pendiente durante periodos tranquilos, que están interestratificados con sedimentos gruesos formados por la acción del oleaje en la plataforma marina durante la transgresión.

#### Otras facies

Facie Sísmica (Sf7): Basamento Acústico. Se localiza por debajo de las facies regresivas y transgresivas. Los reflectores presentan continuidad

muy baja, amplitud alta y muy alta y frecuencia media, configuración caótica a transparente con alto ángulo de difracción. La configuración caótica sugiere deformación de capas finas previas y la configuración transparente podría indicar cuerpos rocosos masivos. Esta facie corresponde al basamento acústico, probablemente Terciario? o Cretácico?.

## Facies de cortejo regresivo

### Sf1. Arenas de meandros fluviales y llanuras de inundación



- Amplitud alta, frecuencia y continuidad media.
- Configuración hummocky.

### Sf2. Limos y arcillas de prodelta



- Frecuencia y continuidad media a alta, amplitud baja limitada por reflectores de amplitud alta.
- Configuración divergente y terminaciones downlap.

### Sf3. Arenas de frente deltaico influenciadas por oleaje y llanura costera



- Amplitud, frecuencia y continuidad alta.
- Configuración sigmoide, divergente y progradacional.

### Sf4. Flujo de detritos



- Amplitud baja, continuidad y frecuencia baja.
- Configuración caótica o de forma de montículos.

## Facies de cortejo transgresivo

### Sf5. Arenas gruesas bioclásticas transgresivas



- Amplitud, frecuencia y continuidad alta.
- Configuración divergente hacia la costa y convergente hacia el mar.

### Sf6. Limos y arcillas de offshore



- Amplitud media a alta, continuidad alta y frecuencia media.
- Configuración subparalela.

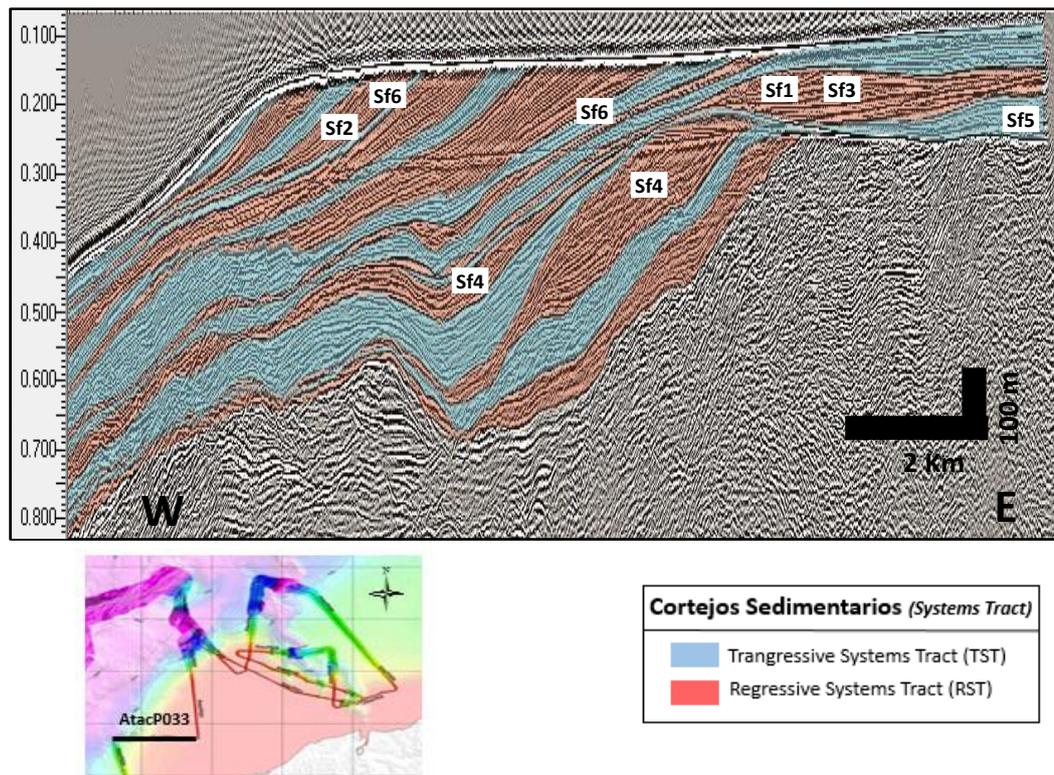
### Sf7. Basamento acústico



- Continuidad muy baja, alta amplitud y frecuencia media.
- Configuración caótica a transparente.

**Figura 5.5** Descripción de las facies sísmicas en la línea AtacP033.

**Fuente:** Suárez, A., 2017.



**Figura 5.6** Perfil sísmico ATAC\_P033 de la Campaña ATACAMES que muestra los cortejos sedimentarios y la ubicación de las facies sísmicas encontradas frente a Galera.

**Fuente:** Suárez, A., 2017.

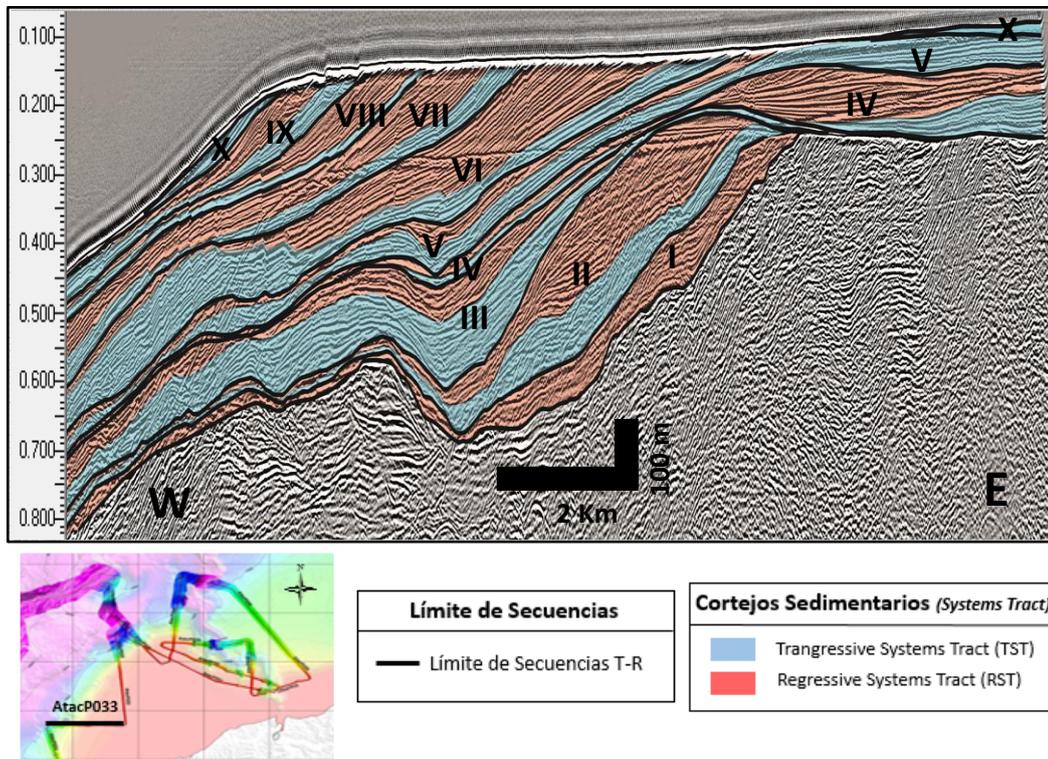
### Secuencias T-R

Determinar los cortejos sedimentarios transgresivos y regresivos ayuda a definir las secuencias T-R, la cuales a su vez están conformadas por facies. Las secuencias T-R se forman de dos cortejos sedimentarios, uno transgresivo o TST a la base con su límite en el MFS y otro regresivo o RST (formado por tres cortejos regresivos: HST, FSST, LST) hacia el tope, con su límite en el MRS.

Se puede obtener el registro de diez secuencias sísmicas sobre el basamento acústico en el perfil sísmico AtacP033 de la Campaña Atacames, en la plataforma continental frente a Galera, denominadas desde la secuencia marina más antigua hasta la más reciente de I a X (Ver Figura 5.6).

El cortejo RST se ubica al tope de las secuencias T-R. Los reflectores del RST presentan de forma general una configuración paralela a subparalela de alto ángulo; hacia tope con terminaciones en toplap y onlap, y hacia la base con terminaciones en downlap de una progradación oblicua – paralela sobre el MFS. Se componen de las facies sísmicas: (Sf1) Arenas de meandros fluviales y llanuras de inundación, (Sf2) Limos y arcillas de prodelta, (Sf3) Arenas de frente deltaico influenciadas por oleaje y llanura costera y (Sf4) Flujo de detritos.

El cortejo TST se ubica a la base de las secuencias T-R, los reflectores generalmente se presenta paralelos a subparalelos con terminaciones en onlap en contra del MFS. El TST se compone de las facies sísmicas: (Sf5) Arenas gruesas bioclásticas transgresivas y la (Sf6) Limos y arcillas de offshore una parte que cubre la pendiente de la cuña progradacional. Al tope del cortejo sedimentario transgresivo se encuentra la superficie concordante del MFS y corresponde a la base de la siguiente progradación.



**Figura 5.7** Perfil sísmico ATAC\_P033 de la Campaña ATACAMES que muestra los cortejos sedimentarios principales TST y RST, correspondientes a cada secuencia denominada I a X de la base al tope.

**Fuente:** Suárez, A., 2017.

# **CAPÍTULO 6**

## **DISCUSIÓN**

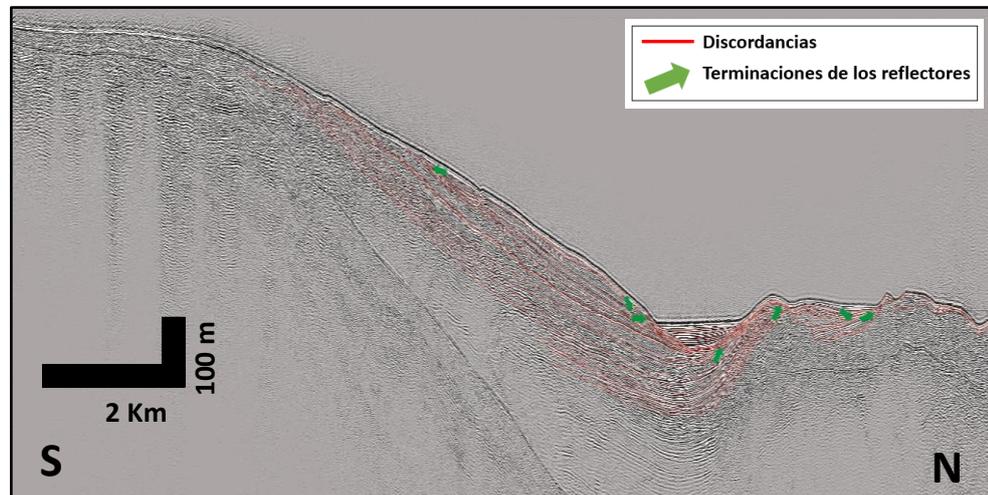
### **6.1 Registro de depósitos Cuaternarios en la plataforma de Esmeraldas**

El Cañón de Esmeraldas es el principal rasgo morfológico de la plataforma continental de Esmeraldas, los depósitos de sedimentos más recientes en esta zona se encuentran principalmente en los canales y paleocanales del cañón (Ver Figura 5.2). Al sur del Cañón submarino la plataforma continental es muy amplia con alrededor de unos 50 Km de plataforma, esta zona de la plataforma presenta levantamiento por lo que el registro Cuaternario de los cambios del nivel del mar no es muy evidente, sin embargo se ha podido encontrar registros de secuencias marinas Cuaternarias. Frente a Galera existe un depocentro en el que se encontró secuencias marinas relacionadas con cambios glacio-eustáticos del mar mediante la interpretación de la línea sísmica AtacP033, secuencias a las que fue posible asignar edades desde el Pleistoceno Medio (Ver Tabla I).

En los alrededores del canal Cañón submarino de Esmeraldas se observa el levantamiento de la plataforma (al sur de la Figura 6.1), este levantamiento en el área de estudio no ha permitido identificar las diez secuencias T-R en todas las líneas sísmicas de la Campaña Atacames en esta zona, sin embargo se observan pequeños depocentros donde se evidencian depósitos probablemente del Cuaternario.

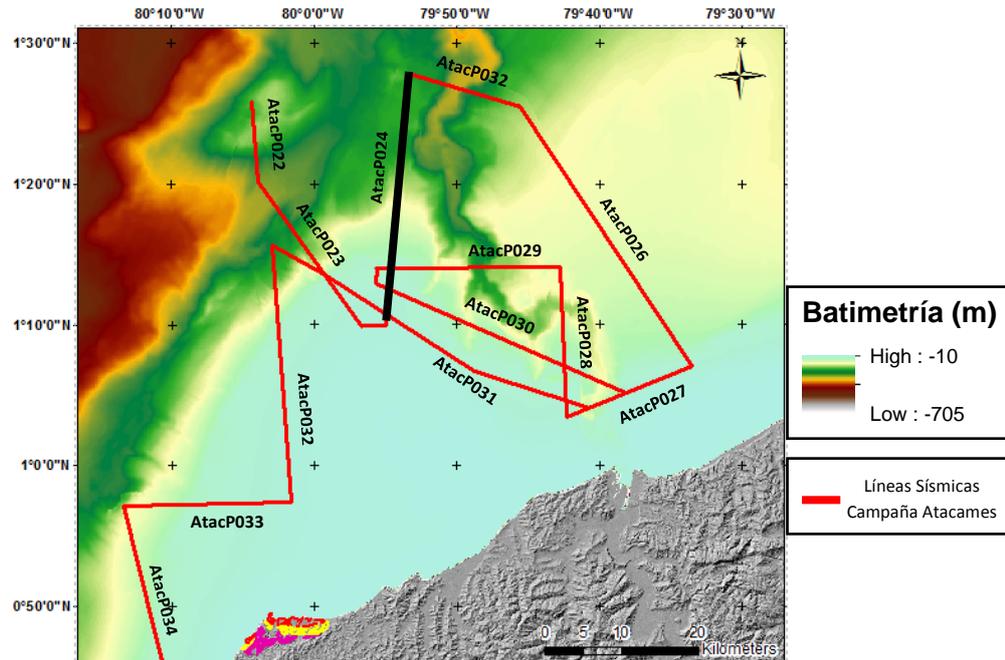
La línea sísmica AtacP024 cruza la plataforma y la pendiente del margen en dirección N-S, inmediatamente al oeste del Cañón de Esmeraldas. Se observa que existe registro de sedimentos mediante la identificación de

terminaciones de estratos y de discordancias importantes que podrían ser del Cuaternario.



**Figura 6.1** Línea Sísmica AtacP024 donde al sur se presenta levantamiento y al norte depósitos probablemente cuaternarios (Ver ubicación en la Figura 6.2).

**Fuente:** Suárez, A., 2017.



**Figura 6.2** Ubicación de la línea sísmica AtacP024 sobre los datos batimétricos de la zona entre Galera y Esmeraldas.

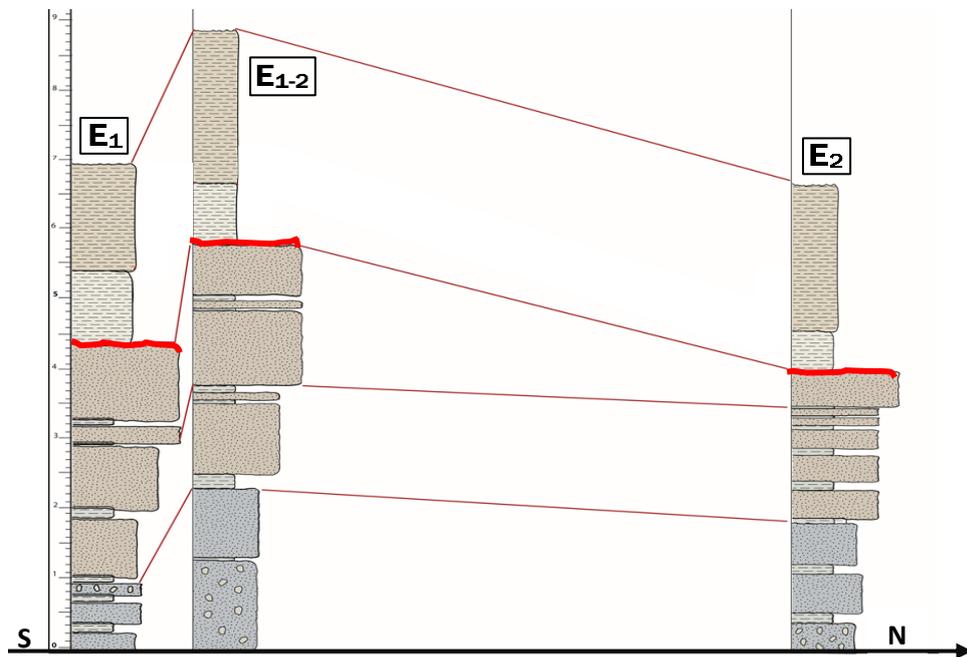
**Fuente:** Modificado de Martillo, C., 2016.

## 6.2 Registro estratigráfico de sub – estadios isotópicos

Se realizó la correlación de las columnas geológicas de las terrazas T1 y T2, levantadas en cada una de las estaciones, por medio de criterios estratigráficos y litológicos.

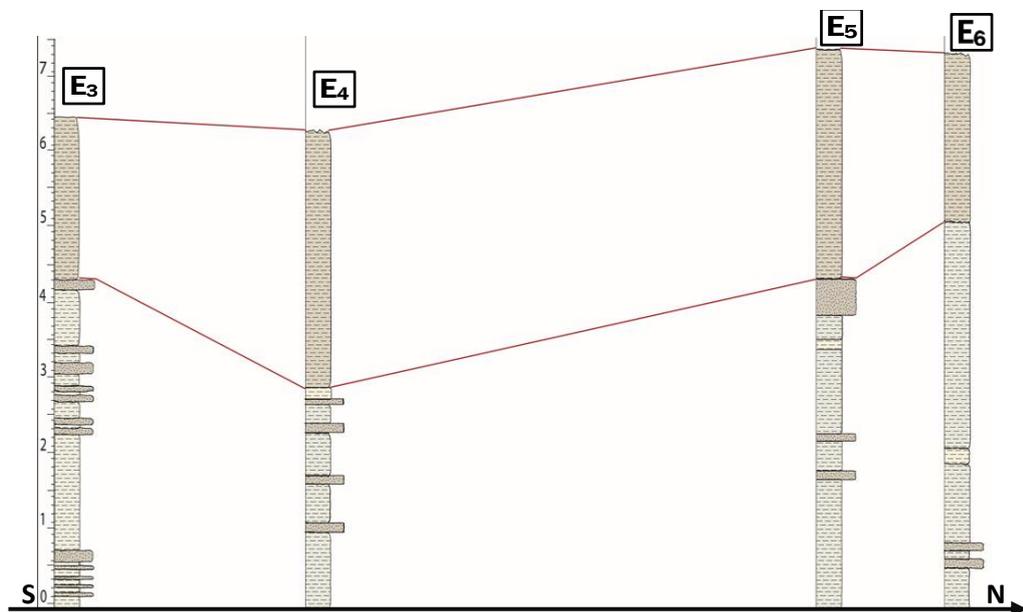
La correlación de las columnas de la terraza T2 (estaciones E1, E1-2 y E2) (Ver Figura 6.2), sugiere una subdivisión estratigráfica de la Unidad II en tres sub-unidades, mientras que la Unidad I estaría formada por una secuencia estratigráfica. La terraza T2 está correlacionada, por Pedoja *et al.*, 2006 con el MIS 5. Por lo que las sub-unidades de la Unidad II y la Unidad I de la terraza T2, podrían estar correlaciones con variaciones eustáticas menores, y los cambios litológicos y estratigráficos podrían representar el registro de sub-estadios isotópicos marinos en la terraza T2.

Al realizar la correlación estratigráfica de las columnas de la terraza T1 (estaciones E3, E4, E5 y E6) (Ver Figura 6.3), se establecieron 2 unidades. La terraza T1 está correlacionada con el MIS 7 (Pedoja *et al.*, 2006), por lo que las dos unidades encontrados en la terraza T1 podrían ser registros estratigráficos de sub-estadios isotópicos marinos.



**Figura 6.3** Correlación de Columnas estratigráficas de la Terraza T2 tomadas en las estaciones E1, E1.2 y E2 (Ver ubicación en la Figura 5.1).

**Fuente:** Suárez, A., 2017.



**Figura 6.4** Correlación de Columnas estratigráficas de la Terraza T1 tomadas en las estaciones E3, E4, E5 y E6 (Ver ubicación en la Figura 5.1).

**Fuente:** Suárez, A., 2017.

### 6.3 Datación de las secuencias

No se tienen datos de edades absolutas en esta parte de la zona de estudio. Sin embargo, dada la cercanía que estos depósitos sedimentarios tienen con los afloramientos Cuaternarios de Galera, se propone que estas secuencias marinas se correlacionan en edades con los depósitos costeros.

Las 10 secuencias T-R en la plataforma continental frente a Galera, se encuentran enumeradas de I a la X de la base al tope. Se propone que la secuencia X corresponde a la época interglaciar actual, es decir que pertenece al último Estadio Isotópico Marino o MIS 1.

Asumiendo que los depósitos marinos corresponden al registro continuo de transgresiones y regresiones, se realizó correlaciones con los MIS, de edades propuestas por Lisieki y Raymo (2005).

De esta manera; el rango de edad entre la secuencia X al tope y la secuencia I a la base abarcan edades desde el MIS 1 hasta el MIS 19, es decir desde el Holoceno hasta el Pleistoceno Medio según Cuadro Cronoestratigráfico Internacional 2016 (desde el presente hasta 761 K.a.) (Ver Tabla I).

Las edades propuestas en estos depósitos marinos frente a Galera podrían en correlación con las edades de otros depocentros Cuaternarios en la plataforma continental hacia el sur del área de estudio, i.e. Manta –

Plata (Proust *et al.*, 2016; Martillo, 2016), Cabo Pasado – Galera (Muthre, 2016; Martillo, 2016), Golfo de Guayaquil (Loayza, 2013).

**Tabla I.** Asignación de edades a las secuencias T-R, mediante su correlación con los estadios isotópicos marinos (MIS).

Nombre	Secuencias T-R	MIS	Edad según Lisieki y Raymo(2005) [Ka]	Época Geológica
X	Transgresión	1	0 - 14	Holoceno
IX	Regresión	2	14 - 29	Pleistoceno Superior
	Transgresión	3	29 - 57	
VIII	Regresión	4	57 - 71	
	Transgresión	5	71 - 130	
VII	Regresión	6	130 - 191	Pleistoceno Medio
	Transgresión	7	191 - 243	
VI	Regresión	8	243 - 300	
	Transgresión	9	300 - 337	
V	Regresión	10	337 - 374	
	Transgresión	11	374 - 424	
IV	Regresión	12	424 - 478	
	Transgresión	13	478 - 533	
III	Regresión	14	533 - 563	
	Transgresión	15	563 - 621	
II	Regresión	16	621 - 676	
	Transgresión	17	676 - 712	
I	Regresión	18	712 - 761	

**Fuente:** Suárez, A., 2017.

#### **6.4 Correlación de terrazas costeras y secuencias Marinas en Galera**

Las diez secuencias T – R encontradas frente a Galera se exhiben como evidencia de las variaciones del nivel mar en la plataforma continental. Estas variaciones también han dejado su registro en el borde costero en Galera mediante secuencias de terrazas marinas. Las terrazas T1, T2 y T3 ubicadas en el borde costero podrían ser correlacionadas con las secuencias marinas encontradas en la plataforma continental, por lo que se plantea un modelo de corte estratigráfico de estas secuencias. La correlación se realiza mediante los estadios isotópicos marinos (MIS).

Las edades para estas terrazas marinas están propuestas por Pedoja *et al.* 2006. T1 pertenece al MIS 5, T2 corresponde al MIS 7 y T3 al MIS 9. Con este antecedente y mediante la asignación de las edades propuestas a las secuencias marinas por medio del conteo Transgresión – Regresión asignándoles sus respectivos MIS (Ver Tabla I) es posible plantear una correlación entre las terrazas costeras y las secuencias marinas.

El MIS 5 le corresponde a la secuencia VIII, por lo que se plantea que la terraza T1 a la que le pertenece el MIS 5 podría pertenecer a la época interglaciar de la secuencia marina VIII. De esta misma forma, la terraza T2 pertenece al MIS 7 por lo que es posible correlacionar esta terraza costera con la transgresión marina que se registra en la secuencia VII a la que se le asignó el MIS 7. Finalmente la terraza 3 a la que le corresponde

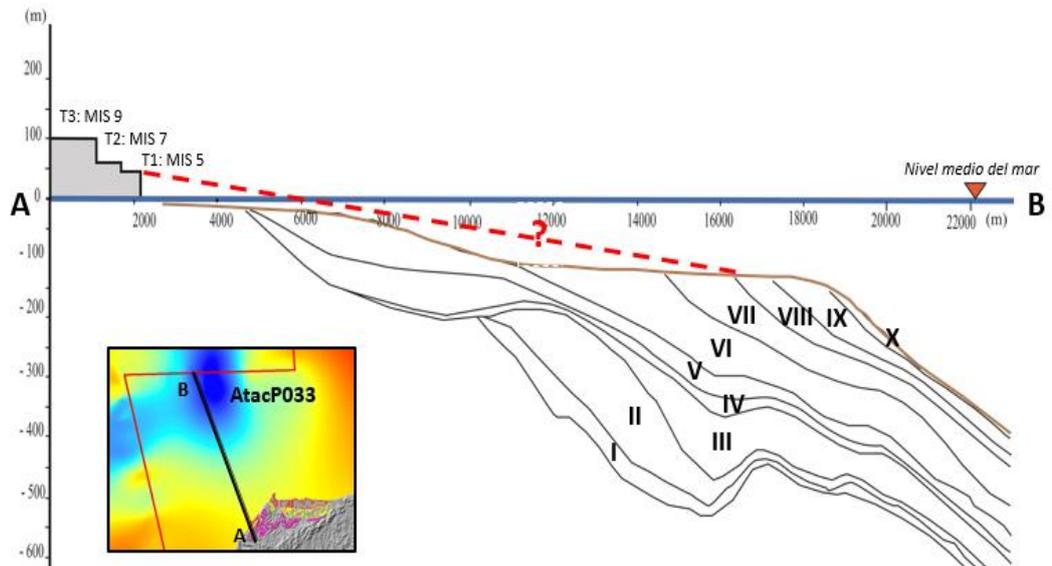
el MIS 9, podría correlacionarse con la interglaciación registrada en la secuencia marina VI, la cual fue datada al MIS 9 (Ver Tabla II).

La Figura 6.5 presenta un modelo tentativo de corte estratigráfico de la correlación de las secuencias marinas y las terrazas en el borde costero de Punta Galera. Se realizó una interpretación mediante el perfil sísmico ATACP033 de cómo podrían estar depositadas las secuencias marinas en la plataforma frente a las de terrazas en el área. Se observa que el depocentro tiene un espesor de casi 500m, y se establece que todo lo que se encuentre por debajo de la época transgresiva de la secuencia VIII correlacionada con la terraza 1 (línea roja punteada Figura 6.5) podría tener una edad de 130 k.a. es decir que pertenece al Pleistoceno Medio hasta el Pleistoceno Superior.

**Tabla II.** Edades de las terrazas costeras en Galera y su posible correlación con las secuencias marinas encontradas en la plataforma.

Terraza	Nombre de Secuencias	Secuencias T-R	MIS	Edad según Pedoja <i>et al.</i> , 2006 [Ka]	Época Geológica
1	VIII	Transgresión	5	130	Pleistoceno Superior
2	VII	Transgresión	7	220	Pleistoceno Medio
3	VI	Transgresión	9	330	

**Fuente:** Suárez, A., 2017.



**Figura 6.5** Esquema que representa una correlación geométrica entre las terrazas marinas que afloran en el borde costero de Punta Galera y las secuencias marinas que se encontraron en la plataforma.

**Fuente:** Suárez, A., 2017.

# **CAPÍTULO 7**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

En Punta Galera se distinguen tres terrazas marinas T1, T2 y T3, se describe litológicamente las terrazas T1 y T2 cada una con características litológicas propias. La terraza T1 está compuesta a la base de una secuencia de lutitas calcáreas de espesores 2 a 6 metros y arenas de grano fino de espesores centimétricos y al tope de estratos de limolita muy meteorizada. La terraza T2 está formada por 2 unidades, la Unidad II se compone de intercalación de arenas y lutitas. Esta Unidad II fue dividida en tres sub-unidades estratigráficas. La Unidad I está compuesta por limolita con alto contenido de carbonato de Calcio.

La correlación de las columnas de la terraza T2, sugiere una subdivisión estratigráfica de la Unidad II en tres sub-unidades, mientras que la Unidad I estaría formada por una secuencia estratigráfica. Por lo que las sub-unidades estratigráficas de la Unidad II y la Unidad I podrían representar sub-estadios isotópicos marinos en la terraza T2. La correlación de las columnas de la terraza T1 estableció 2 unidades estratigráficas, de modo que estas dos unidades encontradas en la terraza T1 podrían pertenecer sub-estadios isotópicos marinos.

Frente a Galera se identificaron 10 secuencias marinas T-R por medio de líneas sísmicas, mediante una correlación con los MIS se asignó edades de

las secuencias desde la base al tope desde el Pleistoceno Medio (712 M.a.) hasta el Pleistoceno Superior (14 M.a.).

Se propone la correlación de las terrazas Cuaternarias y las secuencias marinas encontradas en la plataforma continental en Galera, siendo que T1 corresponde a la época interglaciar de la secuencia VIII, T2 de la secuencia VII y T3 de la VI.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar un estudio al norte del Cañón de Esmeraldas para determinar si se encuentran las secuencias T-R.

Se recomienda líneas sísmicas marinas perpendiculares a las terrazas costeras para poder establecer de forma más precisa el modelo de correlación estratigráfica.

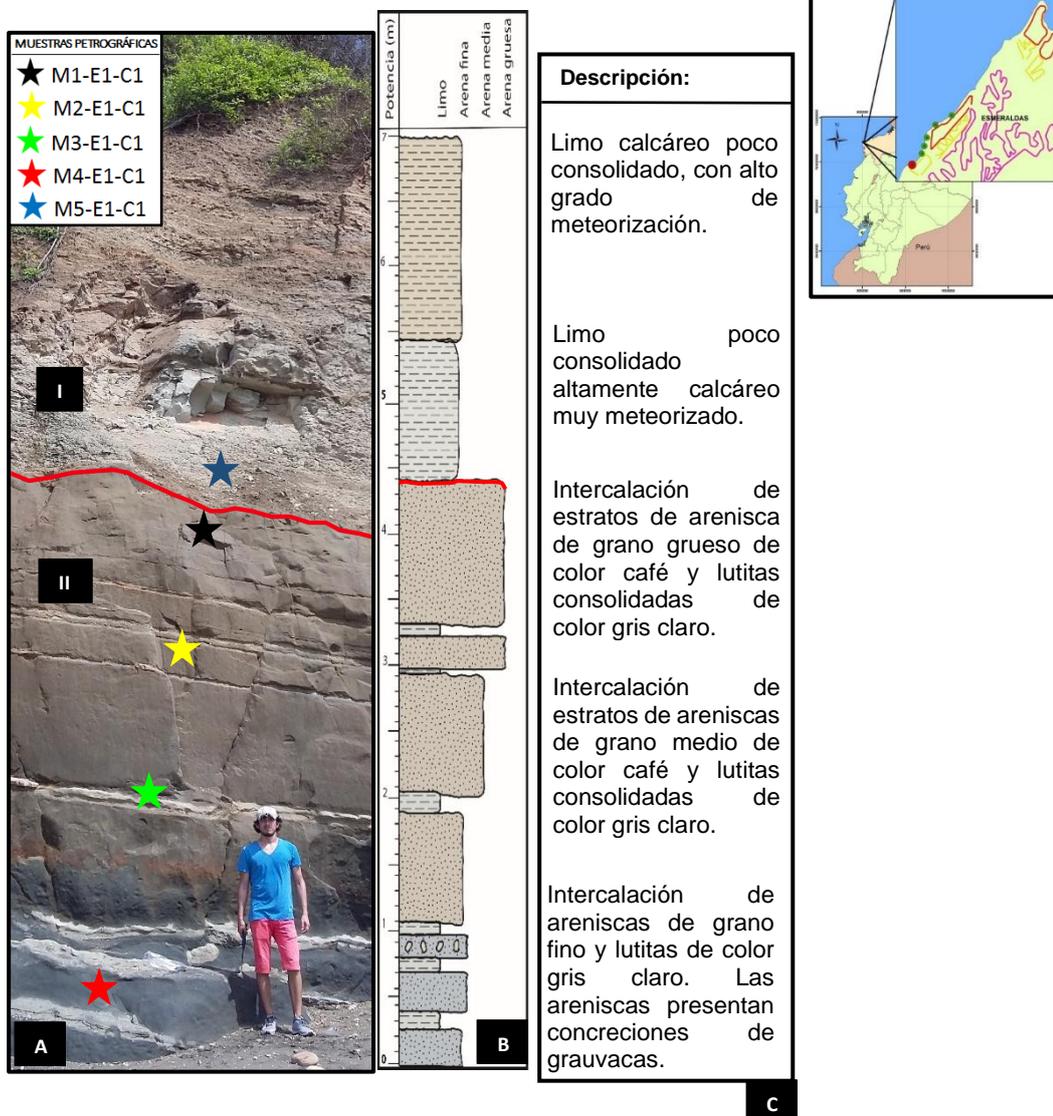
Se recomienda realizar un estudio al norte del cañón de Esmeraldas para determinar si se encuentran las secuencias Cuaternarias T – R en la cuenca Manglares.

# **ANEXOS**

## ANEXO A.

**A. AFLORAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA TERRAZA T2 EN E1. B. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REALIZADA EN E1. LÍNEA ROJA REPRESENTA DISCONTINUIDAD ENCONTRADA EN CAMPO. C. DESCRIPCIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE E1.**

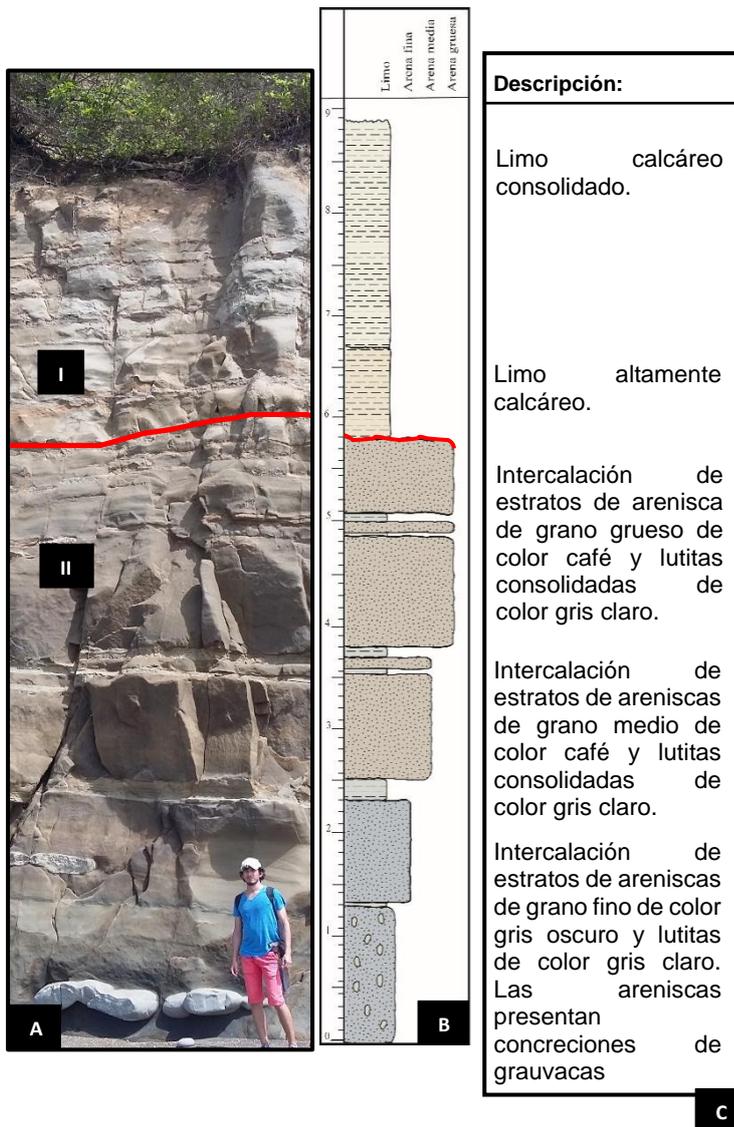
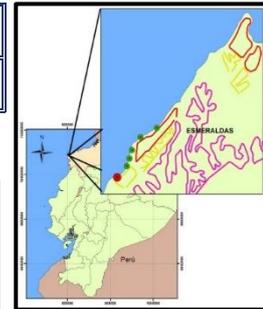
<b>E<sub>1</sub></b>	<b>Ubicación:</b>	Estero del Plátano, Esmeraldas.	
	<b>Coordenadas:</b>	601865	10086686



## ANEXO B

**A. AFLORAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA TERRAZA T2 EN E1.2. B. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REALIZADA EN E1.2. LÍNEA ROJA REPRESENTA DISCONTINUIDAD ENCONTRADA EN CAMPO. C. DESCRIPCIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE E1-2.**

<b>E1-2</b>	<b>Ubicación:</b>	Estero del Plátano, Esmeraldas.	
	<b>Coordenadas:</b>	601865	10086686

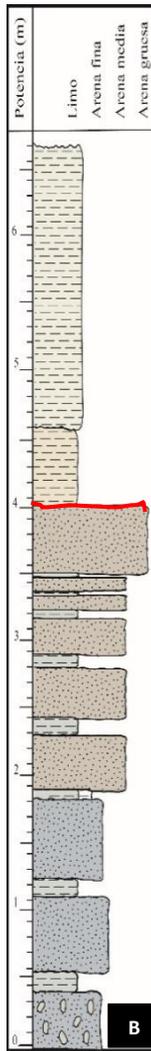
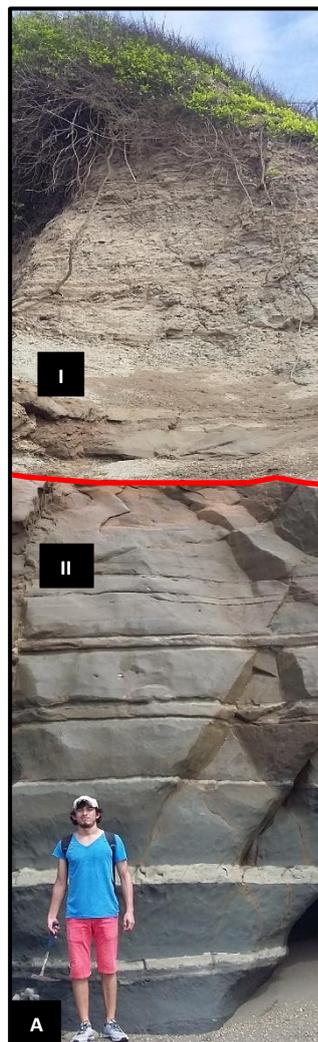
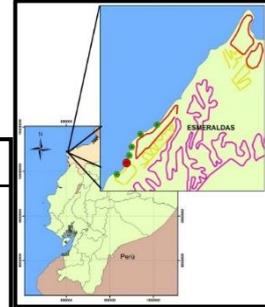


**C**

## ANEXO C

**A. AFLORAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA TERRAZA T2 EN E2. B. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REALIZADA EN E2. LÍNEA ROJA REPRESENTA DISCONTINUIDAD ENCONTRADA EN CAMPO. C. DESCRIPCIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE E2.**

<b>E<sub>2</sub></b>	<b>Ubicación:</b>	Estero del Plátano, Esmeraldas.	
	<b>Coordenadas:</b>	602148	10087004



**Descripción:**

Limo calcáreo poco consolidado, con alto grado de meteorización.

Limo poco consolidado altamente calcáreo muy meteorizado.

Intercalación de estratos de arenisca de grano grueso de color café y lutitas consolidadas de color gris claro.

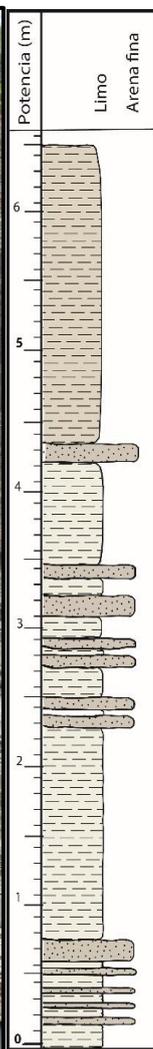
Intercalación de estratos de areniscas de grano medio de color café y lutitas consolidadas de color gris claro.

**C**

## ANEXO D

**A. AFLORAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA TERRAZA T1 EN E3. B. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REALIZADA EN E3. C. DESCRIPCIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE E3.**

<b>E<sub>3</sub></b>	<b>Ubicación:</b>	Estero del Plátano, Esmeraldas.	
	<b>Coordenadas:</b>	602223	10087216



### Descripción:

Estratos de lutitas con matriz limosa de color café claro con alto grado de meteorización.

Intercalación de limo calcáreo poco consolidado, de color beige y arenas de grano fino de color café.

**A**

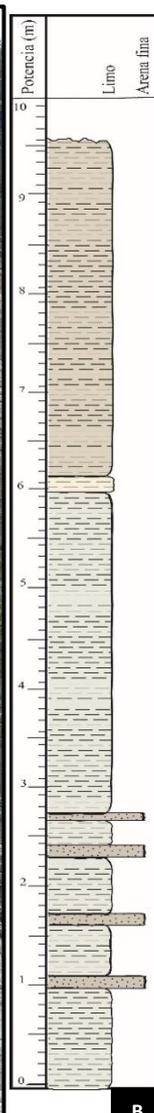
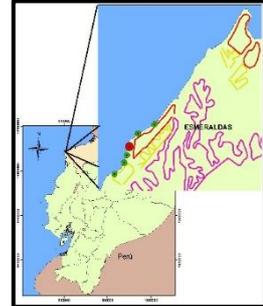
**B**

**C**

## ANEXO E

### A. AFLORAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA TERRAZA T1 EN E4. B. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REALIZADA EN E4. C. DESCRIPCIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE E4.

<b>E<sub>4</sub></b>	<b>Ubicación:</b>	Estero del Plátano, Esmeraldas.	
	<b>Coordenadas:</b>	602294	10087453



**Descripción:**

Estratos de lutitas con matriz limosa de color café claro con alto grado de meteorización. En la parte superior del acantilado se observa la roca completamente alterada y capas de suelo.

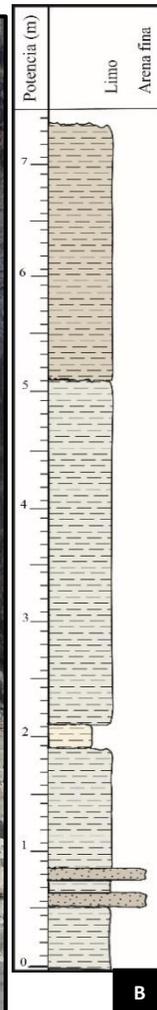
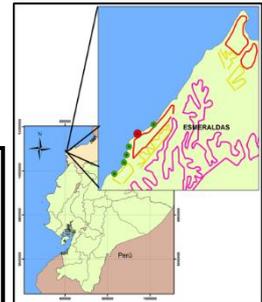
Intercalación de limo calcáreo poco consolidado, de color beige y arenas de grano fino de color café.

C

## ANEXO F

**A. AFLORAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA TERRAZA T1 EN E5. B. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REALIZADA EN E5. C. DESCRIPCIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE E5.**

<b>E<sub>5</sub></b>	<b>Ubicación:</b>	Estero del Plátano, Esmeraldas.	
	<b>Coordenadas:</b>	602541	10087812



**Descripción:**

Estratos de lutitas con matriz limosa de color café claro con alto grado de meteorización. En la parte superior del acantilado se observa la roca completamente alterada y capas de suelo.

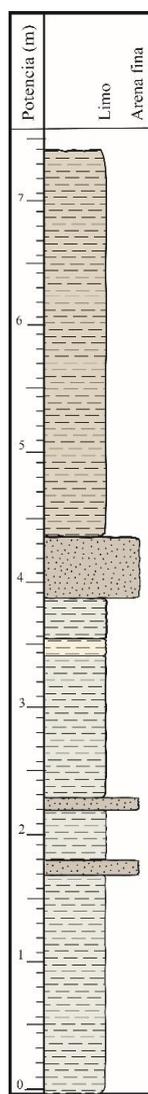
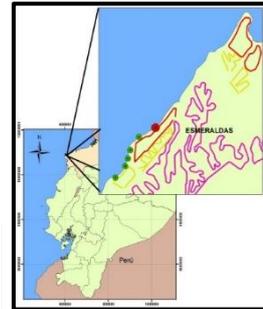
Intercalación de limo calcáreo poco consolidado, de color beige y arenas de grano fino de color café.

**C**

## ANEXO G

**A. AFLORAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE LA TERRAZA T1 EN E6. B. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REALIZADA EN E6. C. DESCRIPCIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE E6.**

<b>E<sub>6</sub></b>	Ubicación:	Estero del Plátano, Esmeraldas.	
	Coordenadas:	603015	10088072



**Descripción:**

Estratos de lutitas con matriz limosa de color café claro con alto grado de meteorización. En la parte superior del acantilado se observa la roca completamente alterada y capas de suelo.

Intercalación de limo calcáreo poco consolidado, de color beige y arenas de grano fino de color café.

**A**

**B**

**C**

## ANEXO H

### DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LA MUESTRA M1-E1-C.

<b>Muestra:</b>	M1-E1-C1	<b>Analizado por:</b>	Andrea Suárez			
GRANOS	SORTEAMIENTO	REDONDEZ	FÁBRICA			
Cuarzo	x Muy bien sorteado	Muy angular	Empaquetamiento cúbico			
Feldespatos	x Bien sorteado	Angular	Empaquetamiento romboidal			
Líticos	x Moderadamente bien sorteado	x Subangular	x	Puntos de contactos		
Micas	x Moderadamente sorteado	Subredondeado	x	Contacto cóncavo-convexo		
Bioclastos	Pobremente sorteado	Redondeado	Contacto suturado			
Otros	x	Muy redondeado	Orientación preferencial de los granos			
<b>Observaciones:</b> Minerales accesorios como la glauconita.		TAMAÑO DE GRANO		Granos soportados	x	
		Muy fino	Matriz soportados			
		Medio	MADUREZ			
		Grueso	x	Maduro	x	
		Muy grueso		Inmaduro		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>						
Roca de grano medio de color café claro, textura detrítica de clastos subangulosos moderadamente bien sorteados, maduros de granos soportados, la roca presenta minerales de cuarzo en un 40 a 50%, líticos mayor, minerales de biotita y moscovita en un 20%, minerales accesorios de clorita, y piroxenos, presencia de feldespatos alterados en un 30% alrededor de los granos, minerales accesorios de color verde azulado posiblemente glauconita.						
<b>CLASIFICACIÓN:</b>						
Litoarenita feldespática (Arenisca de grano grueso )						



## ANEXO I

### DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LA MUESTRA M2-E1-C1.

Muestra	M2-E1-C1		Analizado por:	Andrea Suárez			
GRANOS	SORTEAMIENTO		REDONDEZ	FÁBRICA			
Cuarzo	x	Muy bien sorteado	Muy angular	Empaquetamiento cúbico			
Feldespatos	x	Bien sorteado	Angular	Empaquetamiento romboidal			
Líticos	x	Moderadamente bien sorteado	Subangular	x	Puntos de contactos		
Micas	x	Moderadamente sorteado	x	x	Contacto cóncavo-convexo		
Bioclastos		Pobrementemente sorteado	Redondeado	Contacto suturado			
Otros	x		Muy redondeado	Orientación preferencial de los granos			
<b>Observaciones:</b> Minerales accesorios como la glauconita.			<b>TAMAÑO DE GRANO</b>		Granos soportados	x	
			Muy fino	Matriz soportados			
			Medio	x	<b>MADUREZ</b>		
			Grueso	Supermaduro			
			Muy grueso	Maduro		x	
				Inmaduro			
<b>DESCRIPCIÓN:</b>							
Roca de textura detrítica de grano medio de color café, clastos subangulosos moderadamente sorteados, maduros de granos soportados, la roca presenta minerales de cuarzo en un 40%, líticos mayor, minerales de biotita y moscovita en un 10%, minerales accesorios de piroxenos, presencia de feldespatos alterados en un 10% alrededor de los granos.							
<b>CLASIFICACIÓN:</b>							
Litoarenita (Arenisca de grano media )							



## ANEXO J

### DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LA MUESTRA M3-E1-C1. LA LÍNEA ROJA MARCA EL CONTACTO ENTRE LA ARENA DE GRANO MEDIO Y LAS LUTITAS.

<b>Muestra</b>	M3-E1-C1		<b>Analizado por:</b>	Andrea Suárez			
<b>GRANOS</b>		<b>Sorteamiento</b>	<b>Redondez</b>	<b>FÁBRICA</b>			
Cuarzo	x	Muy bien sorteado	Muy angular		Empaquetamiento cúbico		
Feldespatos	x	Bien sorteado	Angular		Empaquetamiento romboidal		
Líticos	x	Moderadamente bien sorteado	x	Subangular	Puntos de contactos		
Micas		Moderadamente sorteado	Subredondeado		x	Contacto cóncavo-convexo	
Bioclastos		Pobrementemente sorteado	Redondeado		Contacto suturado		
Otros			Muy redondeado		Orientación preferencial de los granos		
<b>Observaciones:</b> Plagioclasas, opacos, clorita?			<b>TAMAÑO DE GRANO</b>		Granos soportados		
			Muy fino	x	Matriz soportados	x	
			Medio		<b>MADUREZ</b>		
			Grueso		Supermaduro		
			Muy grueso		Maduro		x
					Inmaduro		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>							
Roca detrítica de grano muy finos de color gris claro, con clastos subredondeados de matriz soportada, modernamente bien sorteados maduros a supermaduros, se pueden observar minerales opacos posiblemente óxidos, poco porcentaje de plagioclasa, posee una matriz limosa.							
<b>CLASIFICACIÓN:</b>							
Limolita arenosa							



## ANEXO K

### DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LA MUESTRA M4-E1-C1.

Muestra	M4-E1-C1		Analizado por:	Andrea Suárez			
GRANOS	Sorteamiento		Redondez		FÁBRICA		
Cuarzo	x	Muy bien sorteado	Muy angular		Empaquetamiento cúbico		
Feldespatos		Bien sorteado	Angular		Empaquetamiento romboidal		
Líticos	x	Moderadamente bien sorteado	x	Subangular	Puntos de contactos		
Micas	x	Moderadamente sorteado	Subredondeado	x	Contacto cóncavo-convexo		
Bioclastos		Pobremente sorteado	Redondeado		Contacto suturado		
Otros	x		Muy redondeado		Orientación preferencial de los granos		
<b>Observaciones:</b> Se pueden observar fosfatos, plagioclasas con maclas polisintéticas, bien clasificada			<b>TAMAÑO DE GRANO</b>		Granos soportados	x	
			Fino	x	Matriz soportados		
			Medio		<b>MADUREZ</b>		
			Grueso		Supermaduro		
			Muy grueso		Maduro	x	
					Inmaduro		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>							
Roca detrítica arenosa-limosa arcillosa, de grano fino soportados y maduros de color gris, clastos subredondeados, se pueden observar granos de cuarzo en un 50%, cristales de plagioclasa? En menor cantidad filosilicatos como micas: biotita y moscovita, también se observan cristales de biotita levemente alterada a clorita, en minerales accesorios se observan fosfatos, la cantidad de líticos es mayor al 50%, y cristales oscuros de piroxenos posiblemente augita.							
<b>CLASIFICACIÓN:</b>							
Arenisca de grano fino (Litoarenita)							



## ANEXO L

### DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LA MUESTRA M5-E1-C1.

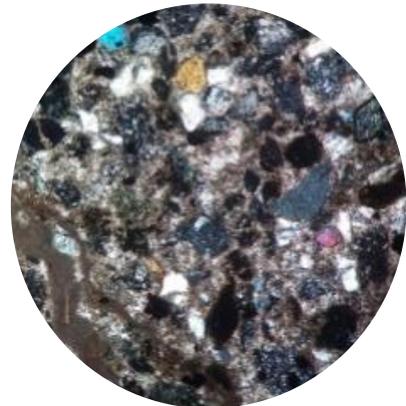
Muestra	M5-E1-C1		Analizado por:	Andrea Suárez			
GRANOS	Sorteamiento		Redondez	FÁBRICA			
Cuarzo	Muy bien sorteado	x	Muy angular	Empaquetamiento cúbico			
Feldespatos	Bien sorteado		Angular	Empaquetamiento romboidal			
Líticos	x	Moderadamente bien sorteado	Subangular	Puntos de contactos			
Micas		Moderadamente sorteado	Subredondeado	x	Contacto cóncavo-convexo		
Bioclastos		Pobrementemente sorteado	Redondeado		Contacto suturado		
Otros			Muy redondeado		Orientación preferencial de los granos		
<b>Observaciones:</b> Se pueden observar fosfatos, plagioclasas con maclas polisintéticas, y carbonato de calcio.			<b>TAMAÑO DE GRANO</b>		Granos soportados		
			Muy fino	x	Matriz soportados	x	
			Fino		<b>MADUREZ</b>		
			Medio		Supermaduro		
			Grueso		Maduro	x	
			Muy grueso		Inmaduro		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>							
Roca de grano muy fino de color beige claro, con matriz soportada arcillo-limosa, con granos muy bien sorteados maduros, se pueden observar minerales opacos posiblemente óxidos, y presenta carbonato de calcio.							
<b>CLASIFICACIÓN:</b>							
Argilita Arenosa Calcárea (Marga)							



## ANEXO M

### DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LA MUESTRA M6-E1-2-C2.

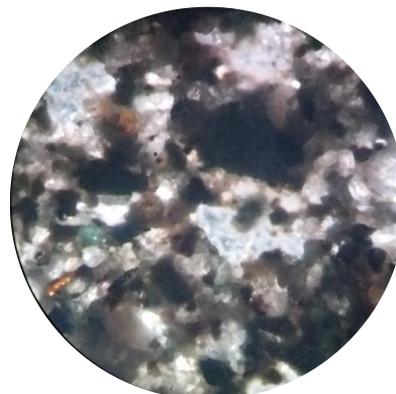
<b>Muestra</b>	M6-E1.2-C2		<b>Analizado por:</b>		Andrea Suárez		
<b>GRANOS</b>	<b>Sorteamiento</b>		<b>Redondez</b>		<b>FÁBRICA</b>		
Cuarzo	x	Muy bien sorteado	Muy angular		Empaquetamiento cúbico		
Feldespatos	x	Bien sorteado	Angular		Empaquetamiento romboidal		
Líticos	x	Moderadamente bien sorteado	x	Subangular	x	Puntos de contactos	
Micas	x	Moderadamente sorteado	Subredondeado		x	Contacto cóncavo-convexo	
Bioclastos		Pobrementemente sorteado	Redondeado			Contacto suturado	
Otros	x		Muy redondeado			Orientación preferencial de los granos	
<b>Observaciones:</b> Se pueden observar fosfatos, plagioclasas con maclas polisintéticas, bien clasificada			<b>TAMAÑO DE GRANO</b>		Granos soportados		
					Matriz soportados	x	
			Fino			<b>MADUREZ</b>	
			Medio			Supermaduro	
			Grueso			Maduro	
			Muy grueso		Inmaduro		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>							
Roca detrítica muy consolidada de textura arenosa de grano fino y color grisáceo. Presenta micas 20%, feldespatos 20%, plagioclasas 15%, cuarzo 30%, el cuarzo también se observa en vetillas. Presenta granos de subredondeados a subangulares, maduros, de matriz soportada.							
<b>CLASIFICACIÓN:</b>							
Arenisca de grano fino (Litoarenita) Grauvaca							



## ANEXO N

### DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LA MUESTRA M7-E3-C4.

<b>Muestra</b>	M7-E3-C4		<b>Analizado por:</b>	Andrea Suárez				
<b>GRANOS</b>	<b>Sorteamiento</b>		<b>Redondez</b>	<b>FÁBRICA</b>				
Cuarzo	x	Muy bien sorteado	Muy angular	Empaquetamiento cúbico				
Feldspatos	x	Bien sorteado	Angular	Empaquetamiento romboidal				
Líticos	x	Moderadamente bien sorteado	x	Subangular	Puntos de contactos			
Micas	x	Moderadamente sorteado	Subredondeado	x	Contacto cóncavo-convexo			
Bioclastos		Pobremente sorteado	Redondeado	Contacto suturado				
Otros	x		Muy redondeado	Orientación preferencial de los granos				
<b>Observaciones:</b> Se pueden observar piroxenos y minerales opacos.			<b>TAMAÑO DE GRANO</b>		Granos soportados	x		
			Fino	x	Matriz soportados			
					<b>MADUREZ</b>			
			Medio		Supermaduro			
			Grueso		Maduro		x	
			Muy grueso	Inmaduro				
<b>DESCRIPCIÓN:</b>								
Roca detrítica arenosa, de grano fino y color café oscuro, de clastos soportados, maduros y subredondeados, se puede observar cuarzo en un 30%, cristales de plagioclasa? 15%, feldspatos 10%, micas como biotita y moscovita 20% y en menores cristales de piroxeno y minerales opacos.								
<b>CLASIFICACIÓN:</b>								
Arenisca de grano fino (Litoarenita)								



## ANEXO O

### DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LA MUESTRA M8-E3-C4.

<b>Muestra</b>	M8-E3-C4		<b>Analizado por:</b>	Andrea Suárez			
<b>GRANOS</b>	<b>Sorteamiento</b>		<b>Redondez</b>		<b>FÁBRICA</b>		
Cuarzo	Muy bien sorteado	x	Muy angular		Empaquetamiento cúbico		
Feldespatos	Bien sorteado		Angular		Empaquetamiento romboidal		
Líticos	Moderadamente bien sorteado	x	Subangular		Puntos de contactos		
Micas	Moderadamente sorteado		Subredondeado	x	Contacto cóncavo-convexo		
Bioclastos	Pobrementemente sorteado		Redondeado		Contacto suturado		
Otros			Muy redondeado		Orientación preferencial de los granos		
<b>Observaciones:</b> Abundante Carbonato de Calcio			<b>TAMAÑO DE GRANO</b>		Granos soportados		
					Matriz soportados	x	
			Muy Fino	x	<b>MADUREZ</b>		
			Fino		Supermaduro		
			Medio		Maduro		x
			Gruoso		Inmaduro		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>							
Roca de grano muy fino de color beige claro, con matriz soportada limo-arcillosa, con granos muy bien sorteados y maduros y presenta abundante carbonato de calcio.							
<b>CLASIFICACIÓN:</b>							
Limolita Arenosa Calcárea (Marga)							



## ANEXO P

### DESCRIPCIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE LA MUESTRA M9-E4-C5.

<b>Muestra</b>	M9-E4-C5		<b>Analizado por:</b>	Andrea Suárez			
<b>GRANOS</b>	<b>Sorteamiento</b>		<b>Redondez</b>		<b>FÁBRICA</b>		
Cuarzo	Muy bien sorteado	x	Muy angular	Empaquetamiento cúbico			
Feldespatos	Bien sorteado		Angular	Empaquetamiento romboidal			
Líticos	Moderadamente bien sorteado	x	Subangular	Puntos de contactos			
Micas	Moderadamente sorteado		Subredondeado	Contacto cóncavo-convexo			
Bioclastos	Pobremente sorteado		Redondeado	x	Contacto suturado		
Otros			Muy redondeado	Orientación preferencial de los granos			
<b>Observaciones:</b> Abundante Carbonato de Calcio			<b>TAMAÑO DE GRANO</b>		Granos soportados		
					Matriz soportados	x	
			Muy Fino	x	<b>MADUREZ</b>		
			Fino		Supermaduro		
			Medio		Maduro		x
			Grueso		Inmaduro		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>							
Roca de grano muy fino de color beige claro, con matriz soportada arcillo-limosa, con granos muy bien sorteados y maduros y presenta abundante carbonato de calcio.							
<b>CLASIFICACIÓN:</b>							
Argilita Arenosa Calcárea (Marga)							



# **BIBLIOGRAFÍA**

Bosworth, T. (1922). Geology of the Tertiary and Quaternary periods in the northwest part of Peru. MacMillan and Company, London. Pg 121 – 150.

Bull, W. (1985). Correlation of flights of global marine terraces In: Morisawa, M.; Hack, J. 15th Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton. Pg 129 –152.

Case, J., Duran, S., López, A., Moore, W.R. 1971. Tectonic investigations in western Colombia and eastern Panama. Geological Society of America Bulletin 82. Pg 2685 – 2711.

Catuneanu, O. (2006). *Principles of Sequence Stratigraphy (1st ed.)*. Alberta: Elsevier B.V. Pg 7 – 65.

Catuneanu, O., Abreu, V., Bhattacharya, J. P., Blum, M. D., Dalrymple, R. W., Eriksson, P. G., Winker, C. 2009. Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 92. Pg 1 – 2, 1 – 33.

Collot, J-Y., Marcaillou, B., Sage F., Michaud F., Agudelo W., Charvis P., Graindorge D., Gutscher M., Spenc G. 2004. Are rupture zone limits of great subduction earthquakes controlled by upper plate structures? Evidence from multichannel seismic reflection data acquired across the northern Ecuador-southwest Colombia margin. *Journal of Geophysical Research*. Pg 109.

DeVries, T. (1984). Neotectónica del área de Cabo Blanco Noroeste de Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 73. Pg 1 – 12.

DeVries, T. (1988). The geology of late Cenozoic marine terraces (tablazos) in northwestern Peru. *Journal of South American Earth Sciences* 1. Pg 121 – 136.

Embry, A. and Johannessen, E. 1992. T – R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic succession, western Sverdrup Basin, Arctic Canada. *Arctic Geology and Petroleum Potential*. Norwegian Petroleum Society (NPF). Vol. 2 (Special Publication). Pg. 121 - 146.

Embry, A. (2002). *Transgressive-Regressive (T-R) Sequence Stratigraphy. Sequence Stratigraphic Models for Exploration and Production: Evolving Methodology, Emerging Models, and Application Histories: 22nd Annual*. (January 2002). Pg 151–169.

Emery, D. and Myers, K. 1996. *Sequence Stratigraphy*. Blackwell, Oxford, UK. Pg 297.

Gutscher, M., Malavieille J., Lallemand, S., Collot, J-Y. 1999. Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 168. Pg. 255 – 268.

Homewood, P., Mauriaud, P., Lafont, F. 2000. *Best Practices in Sequence Stratigraphy: For Explorationists and Reservoir Engineers* (Elf EP). TECHNIP. Pg 10 - 25

Jervey, M. (1988). Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. *Sea - Level Changes*. Pg 55 – 60.

Loayza, G. (2013). Evolution du Système de canyons du Golfe de Guayaquil Contrôles paléo-climatiques et tectoniques (Tesis de maestría). Sophia Antipolis, Nice.

Lonsdale, P. (1978). Ecuadorian Subduction System. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. Vo. 62, N° 12. Pg 2454 – 2477.

Martillo, C. (2016). Enregistrements Stratigraphiques des Cycles Glacio-eustatiques et de la Deformation durant le Pleistocene le long la Marge Centrale d'équateur (Exploitation des Donnees de la Campagne Atacames). (Tesis doctoral). L'UNIVERSITE de Nice-Sophia Antipolis. Pg 3, 23 – 37, 124 – 125.

Marocco, R. (2009). Introducción a la Estratigrafía Secuencial. IRD. Lima. Pg 8 – 33.

Miall, A. (2010). *The Geology of Stratigraphic Sequences*. Springer. Toronto. Pg 87.

Michaud, F., Chabert, A., Collot J., Sallares, V., Flueh, E. Charvis, P., Graindorge, D., Gutscher M. 2005. Fields of multi-kilometer scale sub-circular depressions in the Carnegie Ridge sedimentary blanket: Effect of underwater carbonate dissolution?. *Marine Geology*. Pg 205 – 219.

Michaud F., Proust J-N., Collot J-Y., Lebrun J-F., Witt C., Ratzov G., Poudroux H., Martillo C., Hernández M-J., Loayza G., Penafiel L., Schenini L., Dano A., Gonzalez M., Barba D., De Min L., Ponce Adams G., Urresta A., Calderon M. 2012. Quaternary sedimentation and active faulting along the Ecuadorian shelf: preliminary results of the ATACAMES Cruise (2012), Marine Geophysical Research. Vol. 36, N°1. Pg 81 – 98.

Minster, J. and Jordan, T. 1978. Present-day plate motions. Geophysics Reserch. Vol. 83. Pg 5331 – 5354.

Mitchum, M. (1977). Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 2: The depositacional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. In seismic Stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geology. Vol. 26. Pg 53 - 62.

Muthre, K. 2016. Evolución Geodinámica de la Plataforma Continental del Ecuador entre Punta Galera y Cabo Pasado desde el Pleistoceno Medio hasta el Presente (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.

Nocquet, J., Chlieh, M., Mothes, P., Rolandone, F., Jarrin, P. 2016. Addendum: Motion of continental slivers and creeping subduction in the northern Andes Motion of continental slivers and creeping subduction in the northern Andes. Nature Geoscience. Pg 287 – 291.

Ota, Y. (1986). Marine terraces as reference surfaces in late Quaternary tectonics studies: examples from the Pacific Rim. R. Soc. New Zealand. Vol. 24. Pg 357 – 375.

Pedoja, K., Ortlieb, L., Dumont, J., Lamothe, M., Ghaleb, B., Auclair, M., Labrousse, B. 2006. Quaternary coastal uplift along the Talara Arc (Ecuador, Northern Peru) from new marine terrace data. Marine Geology. Vol. 228. Pg 1 – 4, 73 – 91.

Pennington, W. (1981). Subduction of the eastern Panama basin and seismotectonics of northwestern South America. Journal of Geophysical Research. Vol. 86. Pg 10753 - 10770.

Posamentier, H., Vail, P. 1988. Eustatic controls on clastic deposition Sequence and systems tract models. Ross C.A. Pg 125 – 154.

Proust, J-N, Martillo, C., Michaud, F., Collot, J-Y., Dauteuil, O. 2016. Subduction of seafloor asperities revealed by a detailed stratigraphic analysis of the active margin shelf sediments of Central Ecuador. Marine Geology. Pg 8.

Robin, C. (1997). *Mesure stratigraphique de la déformation. Application a l'évolution Jurassique du bassin de Paris*. Francia: Geosciences Rennes.

Trenkamp, R., Kellogg, J., Freymueller, J., Mora, P. 2002. Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 15. Pg 158 – 168

Van Wagoner J., Posamentier H., Mitchum R., Vail P., Sarg J., Loutit T., Hardenbol J. 1998. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEMP)*. Pg 12.