

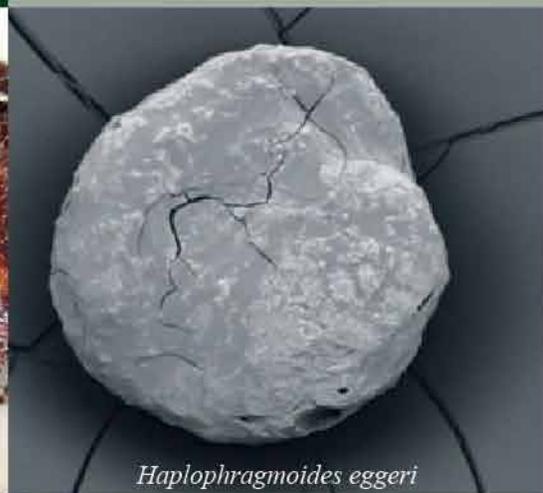
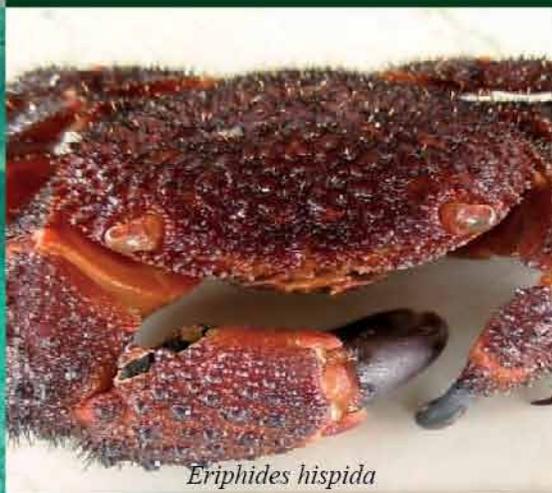
ISSN: 1019-6161  
Área Ciencias de la Vida  
Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad de Guayaquil

No. 5 2011

Revista Científica

# Ciencias Naturales y Ambientales

Órgano Oficial de Publicación Científica  
de la Facultad de Ciencias Naturales de la  
Universidad de Guayaquil



UNIVERSIDAD  
DE GUAYAQUIL



Facultad  
de Ciencias Naturales

No. 5 - 2011

ISSN 1019-6161  
ÁREA CIENCIAS DE LA VIDA

Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad de Guayaquil

**Directora Responsable**

Dra. Carmita Bonifaz de Elao, MSc. (Decana, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, *Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, carmenbonifaz@hotmail.com*)

**Consejo Editorial**

Ing. Geól. Galo Salcedo Maridueña. Ph.D. (Universidad de Guayaquil, *Ecuador*)

Dr. Luís Muñiz Vidarte, MSc. (Universidad de Guayaquil, *Ecuador*)

Biól. Elba Mora de Baños, MSc. (Universidad de Guayaquil, *Ecuador*)

**Comisión Científica Asesora**

Claes Persson (Departamento de Ciencias de las Plantas y el Medio Ambiente, University of gothenburg, *Suecia*)

Bertil Ståhl (Departamento de Biología, Gotland University, *Suecia*)

**Diseño Gráfico**

Ing. José Antepara Basurto

**Impresión y acabados**

Editorial Universidad de Guayaquil

---

**Edición patrocinada y financiada** por la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil

Esta publicación se envía a personas o instituciones por intercambio con otros similares, dedicada a la Ciencias de la Vida, Biología Vegetal (Botánica), Biología Marina; Ciencias de la Tierra y del Espacio, Geología, Geología Aplicada a la Ingeniería, Geología Ambiental; y Oceanografía.

This publication individuals or institutions for exchange with other similar ships, dedicated to the Life Sciences, Plant Biology (Botany), Marine Biology, Earth Science and Space, Geology, Applied Engineering Geology Environmental Geology, Oceanography.

Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales es de periodicidad anual y se distribuye por canje con otras publicaciones dedicadas a temas afines. Toda correspondencia que tenga relación con la Revista deberá ser dirigida a la directora, Carmita Bonifaz de Elao, a la dirección que se indica más adelante.

**Láminas de Tapa: Izq. a Der.: *Apogonatradorsatus*, *Eriphides hispida* y *Haplophragmoides eggeri*.**

Incluida en el Directorio de LATINDEX  
con el número de Folio 16446,  
No. 5, Se terminó de editar en diciembre de 2011.

**Canje, suscripciones y avisos, dirigirse a:**

**Exchange, subscriptions and publicity, to go:**

Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales

Código Postal 090612

Avenida Benjamín Carrión (AV. 32 NO) y Avenida Juan Tanca Marengo (AV. 8A NO)

<http://www.fccnugye.com>

[info@fccnugye.com](mailto:info@fccnugye.com)

Guayaquil, Ecuador

---

# PLAN DE CONTINGENCIA PARA DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN LAS LÍNEAS DE FLUJO EN EL CAMPO CUYABENO DE PETROPRODUCCIÓN

---

*Contingency Plan for Oil Spills in Flow Lines in Camp Cuyabeno Petroproducción*

Carla Torres Caicedo<sup>1</sup>, Kléber Daniel Tapia<sup>2</sup>

Recibido el 30 de junio de 2011; recibido en forma revisada 21 de septiembre 2011, aceptado 25 de noviembre 2011

## Resumen

El Plan de Contingencia para derrames de hidrocarburos en las líneas de flujo es una investigación realizada en la Estación Cuyabeno de Petroproducción, ubicada al noreste de la Provincia de Sucumbíos en el Cantón Putumayo, Parroquia Palma Roja, Recinto Amazonas y Unión Nacional, se localiza en un área protegida, sensible y biodiversa, forma parte del Patrimonio Forestal del Estado la misma que pertenece a la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno.

El objetivo principal de este proyecto es proponer un Plan de Contingencia para minimizar los impactos ambientales negativos producidos por los derrames de Hidrocarburos en las Líneas de Flujo.

Se obtuvo el éxito esperado en la realización del programa de simulación de derrames de hidrocarburos en líneas de flujo y la ejecución de dos simulacros; uno en el río Dygoil y otro en el río Chespiro, la predisposición de trabajar en conjunto por parte del personal de la Unidad de Protección Ambiental y los funcionarios de Petroproducción fue el pilar fundamental.

**Palabras Clave:** Hidrocarburos, simulación, Ambiental, biodiversidad

## Abstract

The contingency plan for hydrocarbon spills from pipelines in an investigation which took place in the Cuyabeno Petroproducción station, situated in the grounds of Amazonas and Union Nacional, Palma Roja parish, Canton Putumayo, in the north east of the Sucumbíos Province. This bio diverse area is protected, forming part of the National Forest Heritage, which in turn belongs to the Cuyabeno Faunistic Production Reserve.

The contingency plan contains immediate emergency procedures to be carried out in case of emergencies.

As expected, the hydrocarbon spill simulation program me was highly successful, as were two simulations themselves, one in the Dygoil river and the other in the Chespiro river, the willingness of the Environmental Protection Unit staff and Petroproducción employees to work together was fundamental in the project's success..

**Key words:** Hydrocarbons, simulation, environmental, biodiversity.

---

<sup>1</sup> Egresado de la Carrera de Ingeniería Ambiental, Tesis de grado – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

<sup>2</sup> Magister en Docencia e Investigacion Educativa, Ingeniería de Petróleo, Docente Escuela Superior Politécnica del Litoral, Director de Tesis, Universidad de Guayaquil.

## 1. Introducción

### Antecedentes

En el Plan de Contingencia para Derrames de Hidrocarburos en las Líneas de Flujo en el Campo Cuyabeno de Petroproducción se establecen las acciones que se tomarán en el momento en que exista una emergencia, proporcionando una respuesta inmediata y eficaz, con el propósito de prevenir los impactos ambientales negativos al medio físico, biótico y socioeconómico; como también proteger la infraestructura de la industria hidrocarburífera del campo petrolero.

El Plan de Contingencia se elabora como un patrón de comportamiento y un eje referencial, durante la presencia de un evento inesperado que signifique principalmente, derrames de hidrocarburos; partiendo de los requisitos que exige el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador-RAOH, mediante decreto. 1215 del 13 de Febrero del 2001.

El Campo Petrolero Cuyabeno forma parte del Patrimonio Forestal del Estado que colinda con la Reserva Faunística Cuyabeno, área poseedora de abundante riqueza biológica por lo cual es de mucha importancia protegerla, ya que su futuro se ve amenazado por las extracciones petrolíferas que atentan contra el equilibrio ambiental; en dicho campo se evidenció problemas, que se recomienda corregir con la implementación de técnicas ambientales, a continuación se detallan los siguientes: desconocimiento acerca del Plan de Contingencia, no existen Puntos de Control para evitar de forma técnica los derrames de crudo y por ende no existe la señalización de los mismos, además no cuentan con material contingente necesario para actuar en una emergencia de tipo fluvial y es deficiente la manipulación de equipos de contingencia, otro problema que se observó fue la desorganización del personal ya que no se encontraban debidamente establecidos los grupos de trabajo y por último no están identificadas las zonas ambientalmente críticas y vulnerables para los ecosistemas que ahí se encuentran.

### Hipótesis

Elaborar un Plan de Contingencia evitará la contaminación ambiental producida por derrames hidrocarburíferos en las líneas de flujo en el Campo Cuyabeno de Petroproducción.

### Justificación

Este proyecto de investigación ha considerado como una necesidad importante la elaboración del Plan de Contingencia para Derrames de Hidrocarburos en las Líneas de Flujo en el Campo Cuyabeno de Petroproducción, con el objetivo de establecer respuestas inmediatas y eficaces durante una emergencia con la finalidad de minimizar los daños al ambiente; debido a que las líneas de flujo atraviesan por zonas ambientalmente sensibles hasta llegar a la Estación de producción. Este proceso extractivo se desarrolla dentro del Patrimonio Forestal del Estado que colinda con la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, área protegida que alberga una inmensa diversidad de flora y fauna.

### Objetivo General

1. Proponer un Plan de Contingencia para minimizar los impactos ambientales negativos producidos por los derrames de Hidrocarburos en las Líneas de Flujo, en el Campo Cuyabeno de Petroproducción.

### Objetivos Específicos

1. Establecer la Línea Base del área de estudio.
2. Formular encuestas a todo el personal de la Unidad de Protección Ambiental y funcionarios de Petroproducción para la determinación del conocimiento sobre contingencias por derrame de petróleo.
3. Definir los puntos de control que deben activarse en el caso de existir un derrame de hidrocarburo.
4. Capacitar sobre medidas de control en derrames de hidrocarburos al personal de la Unidad de Protección Ambiental y funcionarios de Petroproducción.
5. Establecer un programa de simulacros periódicos para responder a eventos de emergencia frente a derrames de petróleo.

6. Diseñar el Plan de Contingencia.

## 2. Materiales y Métodos

### Área de Estudio

La Estación Cuyabeno de Petroproducción se encuentra ubicada al noreste de la Provincia de Sucumbíos en el Cantón Putumayo, Parroquia Palma Roja, Recinto Amazonas y Unión Nacional, se localiza en un área protegida, sensible y biodiversa, forma parte del Patrimonio Forestal del Estado la misma que pertenece a la zona de amortiguamiento de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, tal como se evidencia en el Figura 1.

El agua de formación que es separada mediante el proceso detallado anteriormente recibe un tratamiento químico para que cumpla con los parámetros y límites permisibles con el ambiente para ser reinyectado a la formación de los pozos reinyectores.

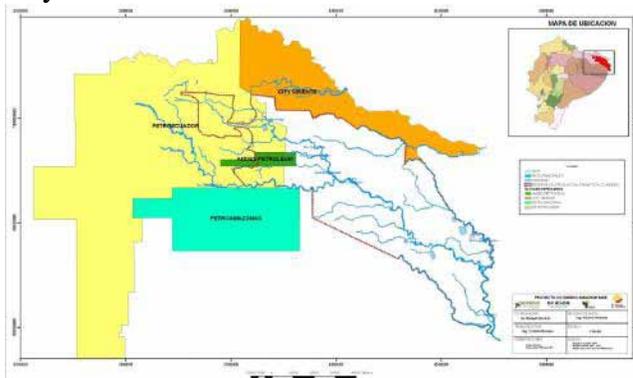
El gas es quemado en los mecheros alterando el equilibrio atmosférico debido a que no existe la infraestructura adecuada para su procesamiento.

De acuerdo a la medición de espesores realizada a las líneas de flujo en Marzo del 2010, por el Departamento de Inspección Técnica se determina que el estado actual de las Líneas de Flujo es bueno, ya que de un total del 100% se recomienda cambiar un 20% que se encuentra bajo los límites permisibles a causa de corrosión interna; esta inspección se la realiza una vez al año o cuando se requiera una medición puntual.

Aproximadamente en el año 2009 se derramaron 21.15 barriles de crudo por corrosión interna de las líneas de flujo de los cuales fueron recuperados 7 barriles de crudo, afectando un total de 5992m<sup>3</sup> de suelo firme; en la actualidad su limpieza está concluida en su totalidad.

Desde Enero hasta Abril del 2010 se derramaron aproximadamente 66.95 barriles de crudo producidos por varios factores como: corrosión interna de las líneas de flujo, atentado, desbordamiento del contrapozo, rotura del empaque de asbesto entre la válvula block y brida,

daño en separador Free Water que presentó incremento de presión y nivel de crudo; de los cuales fueron recuperados 47.11 barriles de crudo contaminando 8318.25 m<sup>2</sup> de suelo firme su estado de limpieza aun está pendiente en un 30%. Se presenta un mapa con las concesiones petroleras en la Provincia de Sucumbíos, particularmente en las que se encuentran en la zona de amortiguamiento de la Reserva Faunística Cuyabeno.



**Figura 1.** Bloques Petroleros en la Zona de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno. En el 2008, el Bloque 27 pasa a ser operado por Petroecuador, debido a la finalización del contrato entre City Oriente y el Estado.

*Fuente.- Plan de Manejo Gerencial de la cabecera de la RFC.*

### Metodología

Para realizar esta actividad se tomará en cuenta estudios anteriores como: Planes de Manejo, Auditorías Ambientales y Estudios de Impacto Ambiental.

En esta etapa de la investigación será de vital importancia la opinión de las personas que viven en el área de influencia directa.

Para establecer los Puntos de Control primero se realizará una inspección de campo para conocer el área en el que se va a trabajar, luego se analizará el lugar más conveniente basándose en el estudio de los sitios más vulnerables a ser afectados en el caso de que exista un derrame, tomando en cuenta que en el agua el petróleo se esparce con mucha más rapidez que en el suelo, después se construirá letreros, los mismos que contendrán el número del punto de control y la distancia respectiva al lugar donde se debe realizar de la contingencia y para concluir se instalará los letreros en lugares visibles

y de fácil acceso. Se realizó capacitación sobre medidas de control en derrames de hidrocarburos.

Con los conocimientos adquiridos anteriormente en las capacitaciones se plantea realizar simulacros para que el personal se exponga a condiciones reales de un derrame y actúe de manera eficaz para responder a eventos de contingentes con la finalidad de minimizar los efectos ambientales físicos, bióticos y socioeconómicos.

Con toda la información obtenida se elaborará el Plan de Contingencia para derrames de Hidrocarburos en las líneas de flujo en el Campo Cuyabeno de Petroproducción.

### 3. Resultados

#### Línea Base

Se considera necesario hacer una descripción detallada del Medio Físico, Biótico y Socio Económico, en el que se desarrolla el proyecto de investigación para conocer las condicionantes que existe en el área; se describe a continuación:

#### Medio Físico

Condiciones climáticas.- El área en la que se localiza la Reserva Cuyabeno corresponde a la formación ecológica bosque húmedo Tropical (b.h.T).

En esta zona se presenta una precipitación anual de 2.000 a 3.000 mm., pues, se registran lluvias durante todos los meses del año. El período de mayor precipitación es en abril y agosto y el de menor de diciembre a febrero. (Cañadas, 1983).

Geología.- Localmente se identifican dos tipos de formaciones geológicas: la formación Curaray del Mioceno Superior, y, formaciones superficiales Cuaternarias Indiferenciadas.

#### Medio Biótico

Nuestro país se encuentra entre los primeros 17 países megadiversos del planeta, siendo entre todos el más pequeño en cuanto a extensión territorial.

En este contexto biológico, la biodiversidad florística alcanza dimensiones realmente sorprendentes, la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno registra la mayor diversidad de árboles del mundo por hectárea: 1.561 árboles de 473 especies, 187 géneros y 54 familias.

#### Flora

Precisamente, en la subregión Norte y Centro, se emplaza el área de la Reserva Cuyabeno, específicamente en Tierras Bajas, zona altitudinal por debajo de los 600 msnm, y donde destacan las siguientes formaciones vegetales.

#### Fauna

La Reserva Cuyabeno es hábitat de una gran variedad de especies animales, sin embargo, en la actualidad, precisamente por la diversidad de especies y su alto endemismo, así como por las continuas presiones antrópicas, existe la necesidad de proteger la fauna nativa.

#### Medio Socioeconómico

##### Población

El VI Censo de población y V de vivienda (2001) determina para las cinco parroquias una población de 15.235 habitantes. De acuerdo a los datos del citado diagnóstico, en la zona de amortiguamiento de la Reserva Cuyabeno, específicamente en los sitios de las parroquias en que se aplicó la encuesta, se estima una población de 2.950 habitantes. El 64% de las familias viven en la zona a partir de 1988, vale decir que llegaron mucho después que los primeros colonos, cuyo arribo data de 1972. Casi las 2/3 partes de esta población proviene de la serranía (Loja y Bolívar) y menos de la cuarta parte de la costa (Manabí y Los Ríos).

#### **Puntos de Control**

Se identificó y selecciono los puntos de control en las áreas más vulnerables a ser afectadas; realizando el respectivo análisis, se procedió a establecer las coordenadas geográficas como se presenta en el Mapa 2, luego a medir las distancias desde el punto de control al acceso más cercano, con toda esta información se concluye con la construcción de 2 tipos de letreros; 15 pequeños con la descripción del punto (enumeración), se lo coloco en el tronco de los árboles y 15 grandes;

después de instalarlos en los lugares de mayor visibilidad, plasmando en los letreros la distancia hasta el punto de control, indicando con una flecha en qué dirección se encuentra y su respectiva enumeración.

### Análisis del Área de Influencia

Para realizar el análisis primero se recorrió todo el campo: por ríos, carretas, senderos y abriendo trochas; con la ayuda del personal de cuadrilla de la Unidad de Protección Ambiental, y después se llegó a la conclusión de dividir en 3 ramales y localizar en ellos los Puntos de Control: Norte; ubicados en el Río Chespiro los Puntos de Control 05,06 y en el Río Dygoil 07, 08, 09, 10, 11 y 15.

En total localizados 8 Puntos de Control, es necesario mencionar que las Figuras que se muestran a continuación fueron tomadas por la autora en el momento exacto en el que se realizó el trabajo de campo.



Figura 2. Selección de Puntos de Control-Río Chespiro



Figura 3. Análisis de los Puntos - Río Dygoil

**Centro;** se establece los Puntos de Control 01, 02, 03, 04 y 14 en el interior de las instalaciones de Petroproducción.



Figura 4. Puntos de Control-Estación

**Sur,** localizados en el estero la Bomba, los Puntos de Control 12 y 13.



Figura 5. Análisis de los puntos en el estero.

### Ubicación geográfica de los Puntos de Control

Con los datos obtenidos anteriormente se procedió a georeferenciar los puntos de control en los siguientes mapas:

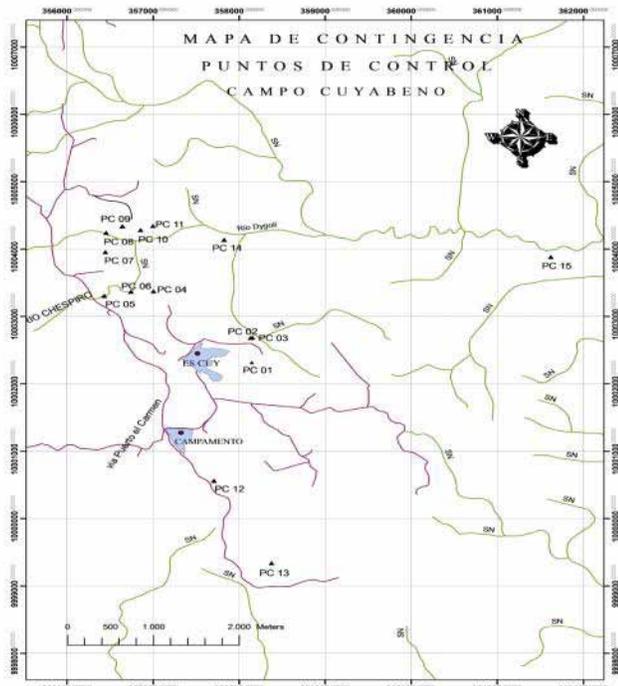


Figura 6. Puntos de Control

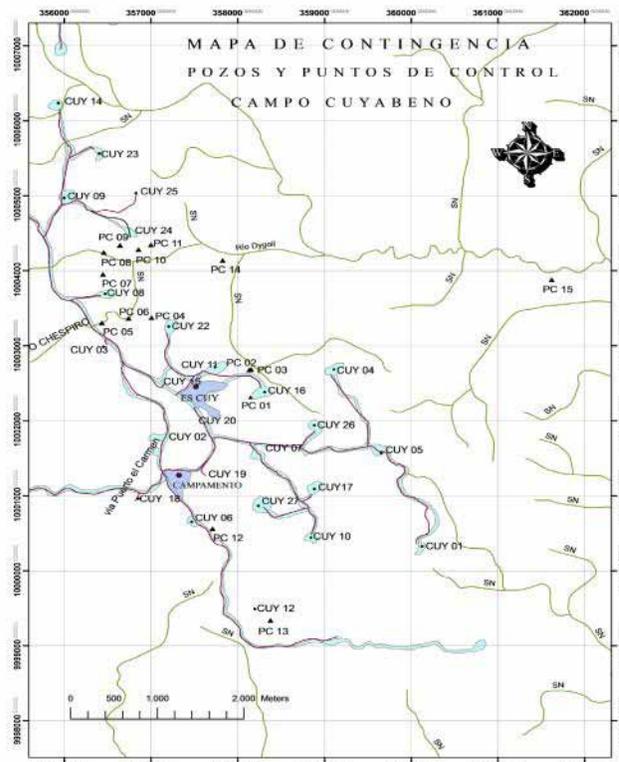


Figura 8. Puntos de Control – Hidrografía - Pozos

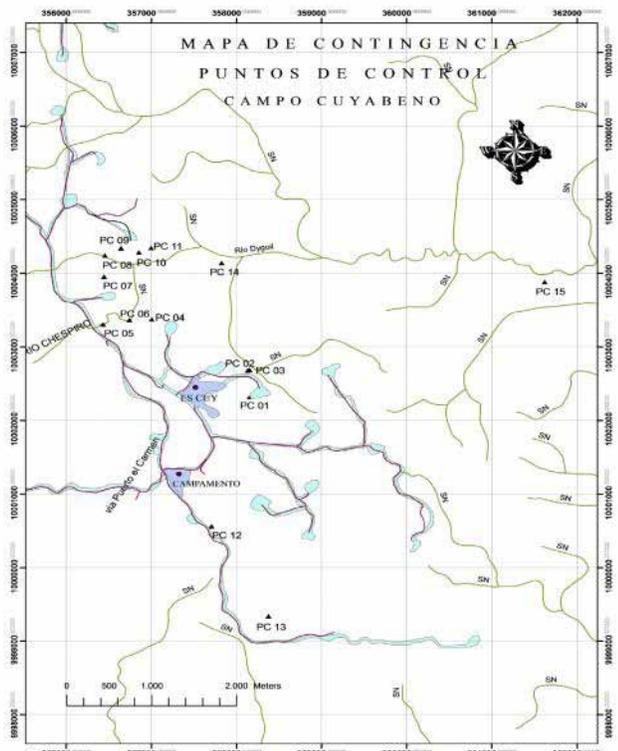


Figura 7. Puntos de Control – Hidrografía.

### Construcción de Letreros

Con los trabajos que se realizó anteriormente y establecidos los datos exactos de los Puntos de Control se procedió a la construcción de los letreros, tomando en cuenta las especificaciones técnicas del Departamento de Seguridad Industrial, en la que establece que la medida es de 40x60 en el tablero y debe tener 2 m de alto, para esto se utilizó materiales como: tubo galvanizado, planchas de metal, plantillas y pintura, en este trabajo se obtuvo la colaboración de el personal de Facilidades.

### Capacitación

A lo largo de este trabajo se realizó una investigación en la que prevaleció que, la importancia de la educación del personal es imprescindible, debido a que el conocimiento que poseen no es suficiente para contrarrestar una contingencia. Se sugiere impartir programas de capacitación que tengan como meta fundamental garantizar que todo el recurso humano, que forme parte del control de contingencias, esté familiarizado con el Plan de Contingencias y

posea los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para activar eficazmente los mecanismos de respuesta.

### **Simulacros**

Durante la realización de este proyecto de investigación, como requisitos previos a un simulacro se observó la disponibilidad de recursos, del área de simulacros y de personal que ha de intervenir, el mismo que no se encontraba capacitado, por lo cual se realizó un entrenamiento previo.

### **Activación del Plan de Contingencias**

Una vez que el Supervisor sea notificado acerca de cualquier evento, él será el responsable de emprender la Activación del Plan.

## **4. Discusión**

### **Línea Base**

La línea base se estructuró en base al área de influencia directa del proyecto de investigación con la finalidad de identificar el ambiente físico, biótico y socioeconómico.

### **Encuestas**

En la primera pregunta se determinó que el 98,3% de las personas piensan que los derrames de petróleo afectan negativamente el ambiente y el 1,7% que tal vez dañe el ambiente dejando al descubierto el desinterés y poco conocimiento y conciencia de la importancia del cuidado del ambiente.

La segunda pregunta dio la información sobre si los derrames de petróleo contaminan el agua, suelo y aire arrojando que un 93,3% de las personas conoce que los derrames de petróleo contaminan el medio, ya que las líneas de flujo atraviesan por sus propiedades y por ríos; y otros respondieron en un 6,7% que tal vez exista afectación por los derrames ya sea por desconocimiento, poco interés.

En la pregunta tres se obtuvo la información de que el 95% de personas conocen que los derrames de hidrocarburos en el agua son más peligrosos,

por su gran viscosidad y por la velocidad y un 5% manifestó que tal vez son más peligrosos.

En el análisis de la cuarta pregunta se obtuvo información sobre si el pasaje visual de la parroquia se ve afectado por la contaminación hidrocarburífera, contestando un 86,6% que si se ve afectada, alejando el ecoturismo existente, otros en un 6,7% consideran que no se afecta porque la contaminación no es notoria a simple vista y un 6,7% dijo que tal vez por desconocimiento.

En la quinta pregunta se determinó si la contaminación hidrocarburífera puede generar enfermedades en la comunidad, dando que un 91,7% de personas piensa que si se genera enfermedades, provocando enfermedades gastrointestinales, dermatológicas y demás ya que la gente se ve obligada a proveerse de esta agua, ha cultivar sus productos en el suelo y a pastar a sus animales en estas tierras, ya que no poseen servicios básicos, otros habitantes en un 3,3% no creen se genera enfermedades porque viven alejados del río y tienen pequeños receptores de agua lluvia para consumo y el 5% piensan que tal vez se genera enfermedades ya que desconocen la presencia de enfermedades por el nivel de contaminación.

En la sexta pregunta el 81,7% de habitantes del sector encuestado piensan que los derrames de petróleo si contaminan el agua, ya que el número de piscinas y fosas contaminadas por hidrocarburo en el Campo Cuyabeno es abundante sobretodo en zonas altas y en zonas pantanosas por donde circula el agua que desemboca en los ríos, contaminándolos, un 5% piensan que no contaminan porque no es notorio y otros en un 13,3% que tal vez ya que no están seguros del estado en que se encuentran los ríos, riachuelos, pantanos, etc..

Los resultados de la pregunta siete manifiestan que un 88,3% de los pobladores encuestados apoyarían un Plan de Contingencia y un 11,7% piensa que tal vez colaboraría después de instruirse sobre el Plan.

En la pregunta ocho se demuestra información de que el 83,2% cree que la contaminación hidrocarburífera si afecta a las actividades

ecoturísticas en la parroquia porque en la Reserva Faunística Cuyabeno se desarrollan estas actividades y la contaminación aleja a los turistas, y un 3,3% cree que no afecta a las actividades ecoturísticas debido a que la contaminación no es visible a simple vista y el 13,5% piensa que tal vez la contaminación hidrocarburífera afecta a las actividades ecoturísticas en la Reserva Faunística Cuyabeno debido a que se encuentra a 30 km de la estación del Campo Cuyabeno.

En el análisis de la novena pregunta nos indica que el 90% de personas encuestadas cree que el plan de contingencia ayudará a proporcionar una respuesta inmediata a una emergencia, y un 10% piensa que tal vez ayudará si es que en realidad se aplacarían técnicamente los resultados del estudio.

En la décima pregunta de la encuesta se interpreta que el 86,7% de encuestados cree que ejecutar un Plan de Contingencia si mejorará la calidad de vida de las comunidades, para el 3,3% no mejorará la calidad de vida y un 10% manifiesta que tal vez mejorará la calidad de vida no es su totalidad pero se verá progresos a largo plazo con la constante capacitación y entrenamiento del personal involucrado.



**Figura 9.** La autora realizando una breve explicación sobre como completar la Encuesta

### Puntos de Control

Los puntos de control que se instaló en el Campo Cuyabeno fueron muy importantes ya que antes no se los había identificado ni señalizado de las dos formas como se realizó; la primera con los 15 letreros grandes ubicados estratégicamente en las vías de acceso vehicular y los otros 15 letreros

pequeños que debido a la frondosidad y espesura de la selva amazónica se tomó la decisión de empotrarlos a 1 metro de altura en el tronco de los árboles, pintados con color blanco distintivo.

### Capacitación

Para obtener mejores resultados en las capacitaciones se decidió realizarlas de manera teórica y luego práctica poniendo a relucir los conocimientos adquiridos, integrando a los Funcionarios de Petroproducción con el personal de la Unidad de Protección Ambiental.

### Simulacros

Por medios de los simulacros se logró establecer tiempos reales de respuesta a una contingencia por derrame de hidrocarburos en las líneas de flujo; esto a su vez es muy favorable ya que así se involucra a todo el personal de la Unidad de Protección Ambiental y los Funcionarios de Petroproducción; con el compromiso de actuar de forma inmediata para reducir la afectación al medio ambiente.

### Organización del Plan Contingencia

En el Plan de Contingencia para derrames de hidrocarburos en líneas de flujo se establece un procedimiento de comunicación e información del Campo Cuyabeno con los niveles directivos internos y externos, como se observa en el Gráfico 1, en el que se presenta el organigrama del plan global existente en la Unidad de Protección Ambiental; así también se valorará principalmente las áreas de riesgo para el ambiente, sociedad e infraestructura; previo a la determinación de equipos y materiales como indica el Cuadro 1, técnicas de control, capacitación y entrenamiento, para la operación y funcionamiento del Plan, se utilizará al máximo los recursos humanos existentes, manteniendo los niveles de autoridad y delegación con el propósito de desarrollar el Plan en forma mancomunada.

Una vez iniciados los trabajos, es necesario integrar un Comité Operativo Local – COL - que incluirá el listado de personal con funciones. El listado consignará los roles específicos que debe desarrollar cada persona, los contactos con los

organismos oficiales (Petroproducción, Petroecuador, Ministerio de Recursos Naturales no Renovables, Ministerio del Ambiente, Ejército, Policía, Parroquia, Municipalidad, Departamento Médico, etc.) y no oficiales (compañías petroleras de la zona, colonos, comunidades, etc.). Esto en caso de que el derrame sea de magnitud mayor.

#### 4. Conclusiones

1. Los murciélagos nectarívoros de la familia, en
2. Se estableció la línea base del Campo Cuyabeno, Estación Cuyabeno y el área de influencia directa.
3. El personal de la Unidad de Protección Ambiental y los funcionarios de Petroproducción del Campo Cuyabeno dieron una respuesta positiva al cuestionamiento planteado en las encuestas en razón de que su aplicación conllevara a la conservación del medio ambiente y por ende al bienestar del ser humano.
4. Se estableció 15 puntos de control, los mismos que se encuentran ubicados en lugares estratégicos, considerando la conservación del ecosistema y la vulnerabilidad a la que está expuesto y o donde potencialmente pudiese ocurrir un derrame de petróleo.
5. Se realizó el programa de simulación de derrames de hidrocarburos en líneas de flujo y la ejecución de dos simulacros; uno en el río Dygoil y otro en el río Chespiro. De los simulacros efectuados en el desarrollo de la tesis se obtuvo el éxito esperado, ya que la predisposición de trabajar en conjunto por parte del personal de la Unidad de Protección Ambiental y los funcionarios de Petroproducción fue el pilar fundamental.
6. Como resultado de los objetivos específicos uno, dos tres, cuatro y cinco se diseñó el Plan de Contingencia que corresponde a la secuencia de los objetivos, lo que los presento como el

resultado global de la Tesis con el título: Plan de Contingencia para derrames de hidrocarburos en líneas de flujo en el Campo Cuyabeno de Petroproducción.

#### 5. Recomendaciones

1. Actualizar la línea base con nuevos estudios de Impacto Ambiental.
2. Se realice una encuesta sobre temas específicos relacionados con el Plan de Contingencia.
3. Dar mantenimiento mensual a los Puntos de Control y sus respectivos accesos; fluvial y terrestre para facilitar la contingencia en un momento determinado. Como también a las líneas de flujo para visualizarlas en caso de un caliche o ruptura.
4. Se sugiere impartir una capacitación mensual sobre el Plan de Contingencia para derrames de hidrocarburos que contemple información relacionada con: Sistemas de notificación, cómo responder ante una emergencia, rutas de evacuación, identificación de señales de alarma y cuál es su papel dentro de una emergencia.
5. Los simulacros tengan tiempos de respuesta eficiente para ello se recomienda realizar un simulacro cada seis meses.
6. Se debería implementar el Sistema SCADA para controlar de forma técnica el transporte de hidrocarburos en el campo Cuyabeno de Petroproducción.
7. Desarrollar programas de concientización en los habitantes sobre la importancia del medio ambiente..

#### Referencias

- [1] Diagnóstico Ambiental y Plan de Manejo Ambiental- Campos VHR, SSH y CUY. Marzo- Abril 2005.

- [2] Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (Decreto 1215). RAHOE.
- [3] Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Decreto Ejecutivo 3399. Ministerio de Ambiente. Reserva de Producción Faunística Cuyabeno.
- [4] Plan de Manejo Gerencial de la Cabecera de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno. Agosto, 2008
- [5] PETROECUADOR “El petróleo del Ecuador”, Junio 2004.
- [6] OCP ECUADOR S.A. “Oleoductos para Crudos Pesados Estudios Ambientales” Mayo 2001.
- [7] ALBAN, B. (2005). Manual para Elaboración de Trabajos de Licenciaturas e Ingenierías. Tena-Ecuador.
- [8] CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR, (2008). Asamblea Nacional 20 de Octubre del 2008, Registro Oficial 449.
- [9] LEY DE GESTION AMBIENTAL, Codificación 19, Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de Septiembre del 2004.
- [10] LEY DE HIDROCARBUROS, 27 del Julio del 2010.
- [11] LEY FORESTAL Y DE CONSERVACIÓN DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE, Codificación 17, RO Suplemento 418 del 10 de Septiembre del 2004.
- [12] ESPINOSA, G. (2001). Programas Básicos para un Estudio de Impacto Ambiental.
- [13] PAEZ, J. (1996) Introducción a la Evaluación del Impacto Ambiental.
- [14] RODRIGUEZ, H. (2005) Estudios de Impacto Ambiental – Guía Metodológica
- [15] SOBREVILLA Y BATH, (1992). Evaluación Ecológica Rápida. VILLACRES, L (1999) Indicadores Básicos de las Comunidades.

# DIVERSIDAD DE CONDRICHTHYES Y OSTEICHTHYES EN TRES ECOSISTEMAS MARINOS: MANGLAR, ARRECIFE CORALINO Y ROCOSO DE LA ZONA SUBMAREAL DE LA ISLA SAN CRISTÓBAL

*Diversity Condrichthyes Osteichthyes and three Marine Ecosystems: Mangroves, Coral Reef and Rocky Subtidal Zone of San Cristobal Island*

Ernesto Leandro Vaca Pita<sup>1</sup>, Luís Muñíz Vidarte<sup>2</sup>

Recibido el 25 de junio de 2011; recibido en forma revisada 15 de octubre 2011, aceptado 25 de noviembre 2011

## Resumen

El presente trabajo fue realizado en San Cristóbal-Galápagos, empleando la metodología de transectos lineales de peces en tres tipos de ecosistemas: coral, rocoso y manglar, se utilizó un carrete con una cinta de 50 metros para realizar transectos lineales en donde se registraron las especies de peces y número de individuos para cada una. Se escogieron cinco sitios de la isla representantes de los tres ecosistemas: Isla Lobos, Las Negritas, La Tortuga, Rosa Blanca Manglar, Rosa Blanca Coral y Punta Pitt, desde Febrero hasta Agosto del 2010. Se identificaron un total de 66 especies distribuidas en 32 familias, de las cuales tan solo en 10% resultaron ser especies endémicas a Galápagos, la mayor parte de especies registradas en este estudio fueron especies de amplia distribución y panámicas.

Se detectaron diferencias significativas en los índices de dominancia y riqueza específica entre los ecosistemas manglar-rocoso y manglar-coral, al comparar las diferencias temporales para cada sitio, sólo en las Negritas se evidenciaron estas diferencias (ANOVA dos vías, Tukey  $P < 0,05$ ). A nivel de la estructura comunitaria de peces, los corales y ecosistemas rocosos fueron similares, mientras que los manglares resultaron diferentes con respecto a los otros dos ecosistemas.

**Palabras claves:** Transectos, diversidad, dominancia, riqueza específica.

## Abstract

The present research was done in San Cristóbal – Galápagos applying the lineal transects methodology in three types of ecosystems which are coral, rocky and mangrove, using a 50 meters line to do the transects and taking the fish data about specie and number of individuals. There were chosen five sub tidal places around the island: Isla Lobos, Las Negritas, La Tortuga, Rosa Blanca and Punta Pitt, since February to August 2010. We identified a total of 66 species between 32 families, just the 10% resulted to be endemic to Galápagos, the most part of the species registered for this research were wide distribution species and panamic. There were detected differences between diversity, dominance and specific richness between mangrove – rocky and mangrove – coral ecosystems, comparing the temporal differences for each site, just in Las Negritas were evidence of these differences (two ways ANOVA, Tukey  $P < 0,05$ ). The fish community structure, the corals and rocky ecosystems were similar, while the mangroves resulted different referring to the other ecosystems.

**Key words:** Transects, diversity, dominance, specific richness.

<sup>1</sup> Egresado de la Carrera de Biología, Tesis de grado – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

<sup>2</sup> Magister en Diseño Curricular por competencia, Biólogo, Director Tesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

## 1. Introducción

Las islas Galápagos se encuentran en una ubicación privilegiada donde ocurre la confluencia de 3 grandes corrientes oceánicas, por el norte, la Corriente de Panamá acarreando masas de agua caliente y por el sur la corriente fría de Humboldt y la Subcorriente Ecuatorial (Subcorriente de Cromwell) con grandes masas de aguas frías y productivas que tienen su afloramiento (upwelling) al oeste (Banks, 2002). Esta mezcla de masas de agua ha provocado que la costa de Ecuador, al igual que en el caso de las Islas Galápagos, posea una gran riqueza de especies marinas tanto de aguas tropicales como subtropicales (Rivera, 2005).

Los peces son uno de los grupos neotónicos más abundantes y diversos del océano, presentan un cuerpo de forma fusiforme que les permite deslizarse cómodamente a través del agua, este cuerpo minimiza la cantidad de turbulencia creada por el cuerpo cuando se mueve a través del agua (Wilson, 1985). Galápagos alberga a una gran variedad de especies de peces, de las cuales 444 han sido descritas (Grove & Lavenberg, 1997).

A nivel general, los organismos presentan adaptaciones que los confinan a determinados tipos de ecosistemas en los cuales tienen la oportunidad de desenvolverse y subsistir. Los peces de arrecife son concretamente aquellos que se asocian directa e íntimamente con el substrato rocoso con fines de alimentación, refugio, protección y/o reproducción (Thomson et al., 1979; Ryer y Olla, 1995). La estructura de las comunidades de peces en los ambientes de arrecifes coralinos es el resultado de la interacción de factores y procesos que operan a diferentes escalas, tanto espaciales como temporales (Chávez, 2008).

Ciertas especies de peces suelen ser muy abundantes en los ecosistemas, Chávez (2008) demuestra en sus resultados que especies, como por ejemplo *Chromis atrilobata* y *Thalassoma lucasanum*, serranidos y Pomacentridos fueron las más abundantes. Estas especies son la mayoría de origen panámico y son visitantes ocasionales de arrecifes rocosos y

coralinos (Chávez, 2008), similares a las especies presentes en la isla San Cristóbal que se localiza en la región sureste del archipiélago. Sin embargo, existen ciertas especies que se destacan por su alta tasa de ocurrencia en casi todos los tipos de ecosistema en la mayoría de las islas, como es el caso de las damiselas (Familia: Pomacentridae), que son el componente más distribuido y abundante de las comunidades de peces de arrecife y son considerados como herbívoros numéricamente dominantes en ciertos arrecifes y hábitats (Scott and Russ, 1987; Ceccarelli, 2007).

La diversidad de las comunidades naturales es un atributo altamente complejo, resultante de factores físicos y biológicos que pueden estar organizados tanto en el espacio como en el tiempo, es por esta razón que el estudio de la diversidad se realiza mediante factores aislados (Vásquez et al. 1998), por lo cual este estudio se enfoca en determinación de las estructuras de las comunidades de peces óseos y cartilaginosos en Galápagos, específicamente en la isla San Cristóbal mediante el análisis de la abundancia y diversidad de los mismos, y enfocándose en el tipo de ecosistema como factor determinante. Los estudios realizados en peces de arrecife en el Golfo de California se han basado fundamentalmente en la descripción faunística o en la estructura de las comunidades, más no en la estimación de la abundancia (Jiménez, 1999), en el presente estudio se toma en cuenta ambas.

### Justificación

La Reserva Marina de Galápagos (RMG) presenta más de 444 especies descritas (Grove & Lavenberg, 1997), de las cuales todavía persisten muchas especies sin ser descritas. A nivel global, sobre peces poco se sabe todavía de su dinámica poblacional, como el grado de crecimiento, supervivencia, fecundidad y reclutamiento (Trujillo, 2003), existe una conspicua pausa de la investigación científica en la vida marina de las Galápagos (Grove et al., 1984), también se desconoce cómo están conformadas las comunidades que habitan cada ecosistemas marino, especialmente los que tienen presencia de corales que son en teoría los que más diversidad

contienen y es sorprendente pese a que en Galápagos son muy escasos y han sido severamente afectados durante eventos de Oscilación Sur-este El Niño (OSEN), especialmente en el evento de 1982-1983. Las altas temperaturas causaron blanqueamiento (Bleaching) y mortalidad en muchos arrecifes coralinos a lo largo de archipiélago. Actualmente hay indicios de recuperación en las colonias de coral gracias a los peces y erizos (Bio-erosionadores) que al alimentarse despejan áreas recubiertas de algas y permiten que los corales se puedan asentar y repoblar (Glynn et al., 2009).

### Hipótesis

La diversidad de los peces cartilaginosos y óseos en la isla San Cristóbal está determinada por el tipo de ecosistema en la zona submareal de la misma.

### Objetivos

#### Objetivo General

1. Determinar la diversidad de peces cartilaginosos y óseos en tres ecosistemas marinos: manglar, arrecife coralino y rocoso de la zona submareal de la isla San Cristóbal.

#### Objetivos Específicos

1. Identificar las especies de peces que ocurren dentro de cada uno de los ecosistemas.
2. Determinar la diversidad en cada ecosistema.
3. Caracterizar la función de cada nicho ecológico.

## 2. Materiales y Métodos

### Materiales

#### Recursos Humanos

El Equipo humano involucrado en las actividades de la tesis estará constituido por el tesista Leandro Vaca Pita, por los asesores externos: El máster en ciencias Juan Carlos Murillo Responsable de Recursos Marinos de la isla San Cristóbal y tutor

directo otorgado por la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), y la Doctora Judith Dekinger Profesora de la universidad San Francisco de Quito (USFQ).

#### Recursos Institucionales

El presente trabajo estará bajo el financiamiento del Parque Nacional Galápagos (PNG), dicha institución dedicada al Manejo y Conservación de los Recursos de la Reserva Marina de Galápagos.

#### Materiales de Campo

- Embarcaciones, lanchas de patrullaje Sea ranger 8 y 10.
- GPS.
- Equipo de buceo.
- Carrete con cinta de 50 metros.
- Cámara fotográfica Canon PowerShot SD 1200 IS (Housin).
- Tabla de PVC para anotaciones bajo el agua.

### Métodos

#### Área de Estudio

La Reserva Marina fue creada el 18 de Marzo de 1998 y es manejada por el Servicio Parque Nacional Galápagos, siendo una de las más grandes en el mundo y la primera Reserva Marina de Ecuador. El 13 de Diciembre del año 2001, se anunció oficialmente por parte del Comité de Patrimonios de la UNESCO la inclusión de la Reserva Marina de Galápagos (RMG) como Patrimonio Natural de la Humanidad. Está constituida por 138.000 kilómetros cuadrados del Océano Pacífico, con el objetivo principal de conservar las especies marinas que habitan las islas y limitar la pesca industrial, promocionando el turismo, pesca artesanal y buceo. El área de estudio, la isla San Cristóbal se encuentra ubicada entre los 0°51'23.41" S de latitud y 89°17'25.31" O de longitud y tiene un perímetro costero de aproximadamente 159 km. El proyecto se centrará en tres zonas ecológicas de cinco sitios en particular en esta isla.

#### Muestreo de campo

Los empezó a tomar datos desde el 20 de Febrero del 2010 hasta el 31 de Agosto del 2010, se realizaron un total de 23 salidas y 181 transectos, estos fueron realizados durante el día en 5 sitios de la isla San Cristóbal, estos fueron: Punta Pitt, Rosa Blanca, Negritas, Isla Lobos y La Tortuga (Fig 1). Para trasladarse a los sitios de monitoreo se contó con el apoyo de una de las fibras del PNG, en cada salida se presentaron diferentes estados de marea (pleamar y bajamar).



**Figura 1.** Mapa de las Isla San Cristóbal, especifica los 5 sitios en donde se realizaron los monitoreos con el respectivo tipo de ecosistema de cada sitio y sus coordenadas, estos son: Negritas (Rocoso) 0°56'29.74" S y 89°35'07.84" O; Isla Lobos (Rocoso) 0°51'34.07" S y 89°33'42.69" O; Rosa Blanca (Coral y manglar) 0°48'29.50" S y 89°20'32.00" O; La Tortuga (Manglar) 0°42'28.12" S y 89°24'28.39" O; Punta Pitt (Coral) 0°41'58.99" S y 89°14'42.24" O.

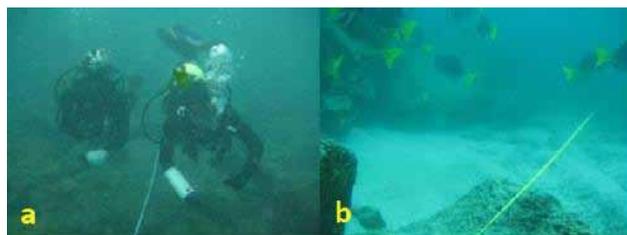
Los datos fueron obtenidos mediante censos visuales empleando buceo SCUBA y snorkel, los transectos tuvieron 50 metros de longitud utilizando una cinta métrica de fibra de vidrio de 50 metros de largo y fueron realizados por un equipo de 3 personas, dos de las cuales se encargaban de trazar el transecto y tomar datos, la tercera persona se encargaba de tomar fotografías a los peces y a las características del ecosistema en general.

Posteriormente se identificaba las especies de peces mediante la utilización de una guía casera hecha por el autor basada en las siguientes referencias: peces de arrecife de Galápagos de Paul Humman (1993) y Grove & Lavenberg (1997).

Las salidas se realizaron en la mañana, en sitios como los manglares se realizaba snorkel, en el caso de lugares con presencia de ambientes rocosos y corales se realizaba buceo SCUBA, ya que por lo general estos ecosistemas eran monitoreados a una profundidad de entre 7 a 14 metros de profundidad, inmediatamente se buscaba un sitio con el sustrato adecuado (rocoso, coral o raíces de manglar) para empezar el primer transecto.

- Un miembro del equipo se encarga de sostener el carrete que contiene la cinta (50 metros), mientras que los otros dos miembros se colocan a cada lado de la línea.
- Los 2 miembros a cada lado de la línea de transecto (Figura 2a) empiezan a nadar y a tomar datos de los peces tomando como referencia 1 metro a partir de la línea de transecto, en este caso cada pez que se encuentra dentro de los 2 metros (lado izquierdo y derecho de la línea) es anotado (Figura 2b).
- La información que se toma es la especie y el número de individuos, también se toman datos de temperatura y profundidad con la ayuda de una computadora de buceo.

El número de réplicas que se obtuvo fue de entre 3 a 5 por sitio.



**Figura 2.** (a) Muestra a los dos buzos ubicados a cada lado del transecto, para tomar datos de la ictiofauna (b) Muestra a la ictiofauna que ocurre dentro del transecto.

### Análisis estadísticos

Para el cálculo de diversidad se utilizarán los siguientes indicadores:

Número total de especies ( $S$ ), índice de Margalef ( $d$ ):  $d = (S-1)/\log N$ , donde  $N$ = el número total

de individuos.

La diversidad ( $H'$ ) que se obtiene a través del índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949).

$$H' = - \sum p_i (\log_b p_i)$$

donde  $p_i$  es la proporción del conteo total alcanzado por la especie  $i$ .

La equidad ( $J'$ ) que se obtiene de acuerdo a Pielou (1966):

$$J' = H' (\text{observada}) / H' \text{max}$$

donde  $H' \text{max}$  es la máxima diversidad posible que podría alcanzarse si todas las especies fueran igualmente abundantes ( $= \log S$ ). Cuando  $J' = 0$ , no existe equidad y cuando  $J' = 1$  implica máxima equidad (Krebs, 1985). Todo esto con la ayuda del Paquete informático PRIMER.

Para conocer las diferencias entre cada índice que representa a cada ecosistema, se realizará un ANOVA's de 2 vías en el STATISTICA V8; siendo uno de los vías cada factor ambiental medido (temperatura y condición del oleaje).

Se elaboró una matriz de similitud triangular basada en el coeficiente de similitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957):

$$S_{jk} = 100 \frac{\sum_{i=1}^p 2 \min (y_{ij}, y_{ik})}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})}$$

$y_{ij}$  representa la fila  $i$  y la columna  $j$  de la matriz de datos, por ejemplo, la abundancia de la especie  $i$  en la muestra  $j$  ( $i = 1, 2, \dots, p$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Se realizó un análisis exploratorio de los datos por medio del procedimiento MDS, y se representó la similitud en la estructura de la comunidad entre ecosistemas y sitios por medio de un dendrograma (cluster), posteriormente se sometió a un análisis estadístico ANOSIM de 1 vía para evaluar las

diferencias en la estructura de la comunidad de zonas y por último se identificaron las especies tipificantes y discriminantes para conocer cuáles resultaron ser las principales causantes de tales diferencias entre los ecosistemas (SIMPER).

En las tablas en que se enlistan las especies más ocurrentes, se tomó solamente en cuenta las que obtuvieron un porcentaje mínimo de 1% en la composición de especies de todos los sitios y por sitios, mientras que el resto que representaron menos del 1% se los detalla como un solo grupo (Otros), también se coloca el número total de especies ( $N$ ) que se estimaron en los muestreos con transectos.

### 3. Resultados

#### Índices de diversidad y dominancia por ecosistemas

En número de especies o riqueza específica ( $S$ ) fue claramente superior en Punta Pitt con un total de 47 especies, seguido por Rosa Blanca con 39 especies, mientras los valores más bajos estuvieron en las Negritas con 33 y Rosa Blanca Manglar con 31 especies. Los ecosistemas con mayor diversidad de peces fueron los Coralinos (Tabla 1).

Los sitios con comunidades coralinas mostraron los mayores valores de diversidad de Margalef ( $d$ ) (es decir más especies y abundantes), representados por los sitios Punta Pitt y Rosa Blanca Coral (Tabla 1).

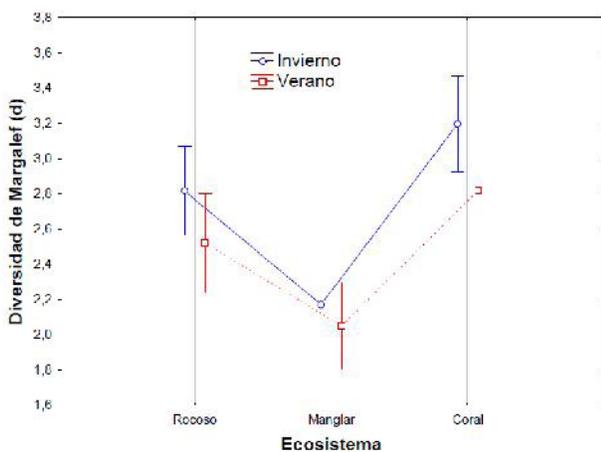
El índice de Dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) tuvo su valores más altos en La Tortuga con 0,31 seguido por Rosa Blanca Manglar con 0,25 y Punta Pitt con 0,24; mientras que los sitios que mostraron menor dominancia fueron Negritas, Rosa Blanca Coral e Isla Lobos con 0,17; 0,17 y 0,14 respectivamente (Tabla 1).

**Tabla 1.** Muestra los índices: número de especies ( $S$ ), número de peces contados  $N$ , Equidad ( $J'$ ), Dominancia Simpson ( $\lambda$ ) y diversidad  $H'$ (**loge**) de todos los sitios muestreados.

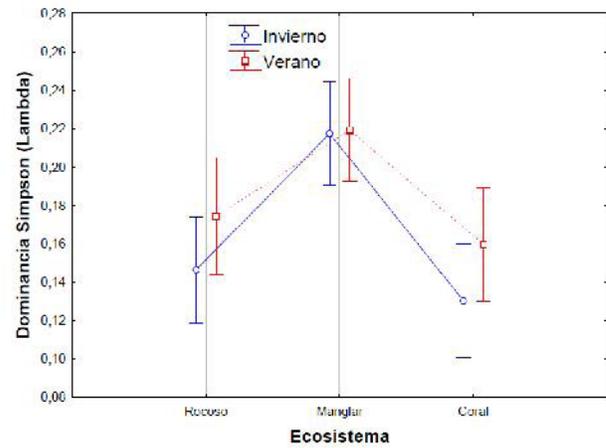
Sitios de muestreo	Riqueza específica S	N	diversidad d	Equidad J'	H'(loge)	Dominancia λ
Isla Lobos Rocoso	32	6941	3,51	0,64	2,20	0,14
La Tortuga Manglar	32	3269	3,83	0,51	1,78	0,31
Negritas Rocoso	33	5167	3,74	0,60	2,09	0,17
Punta Pitt Coral	47	8992	5,05	0,53	2,05	0,24
Rosa Blanca Coral	39	5718	4,39	0,59	2,15	0,17
Rosa Blanca Manglar	31	5160	3,51	0,49	1,67	0,25

### Diversidad y dominancia según estación climática, ecosistemas y sitios

Al comparar los índices de diversidad de Margalef (d) y Dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) con relación a las variables ecosistemas y estación climática ( $T^\circ$ ), sí se detectaron diferencias significativas entre ecosistemas pero no entre estaciones climáticas dentro de cada ecosistema (ANOVA dos vías,  $P > 0,05$ ; prueba Tukey); es así que existen diferencias significativas en la diversidad d de los ecosistemas coralinos y rocosos con relación al ecosistema de manglar (Figuras 8), Mientras que en la dominancia ( $\lambda$ ) existen diferencias marcadas entre la comunidades de peces del Manglar y los otros dos ecosistemas (Figura 9). De manera gráfica se nota una mayor diversidad en época cálida (invierno) que en la fría (verano).



**Figura 8.** Muestra los índices de diversidad en cada uno de los tres ecosistemas y entre estaciones climáticas para cada ecosistema.



**Figura 9.** Muestra los índices de dominancia de Simpson en los tres tipos de ecosistemas y por estación climática.

Las comunidades de peces muestreadas en Punta Pitt Coral, Rosa Blanca Coral y las Negritas Rocoso presentaron el mayor número de especies S con  $N= 48$ ,  $N=39$  y  $N=33$  respectivamente, además de los valores más altos de riqueza específica (ANOVA dos vías,  $P > 0,05$ ; prueba Tukey; Figura 10); sólo en las Negritas se detectaron diferencias significativas según la estación climática, siendo (d) mayor en invierno que en verano.

Por otro lado, los sitios La Tortuga y Rosa Blanca Manglar tuvieron los mayores índices de dominancia, con valores altos tanto de verano como en invierno. También se observan valores altos de dominancia en las Negritas Rocoso en verano y en isla Lobos rocoso en invierno (Figura 11).

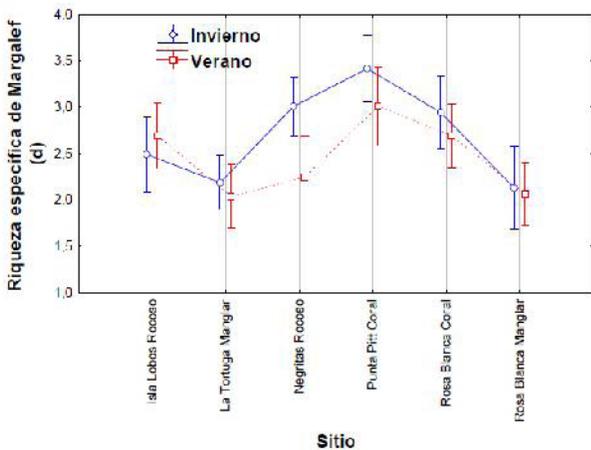


Figura 10. Comparación de los valores de diversidad de Margalef (d) de cada sitio muestreado.

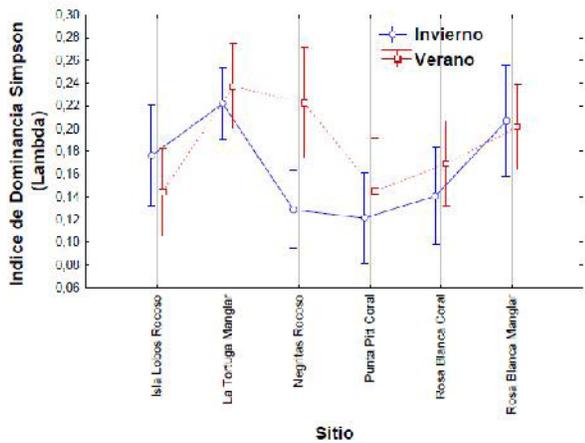


Figura 11. Comparación del índice de dominancia de Simpson (Lambda) de cada sitio muestreado.

### Similitud de la estructura comunitaria entre ecosistemas

Los resultados del dendrograma y mapa de MDS de las Figuras 12 y 13 muestran una clara diferencia en la similitud de la estructura de la comunidad de los sitios con ecosistemas de manglar (sitios La Tortuga y Rosa Blanca) con relación a los otros sitios representantes de los ecosistemas rocoso y coral; mientras que la Prueba de muestras pareadas de ANOSIM (Tabla 2), presenta valores de  $R > 0,76$  entre el ecosistema de manglar versus el rocoso y coralino, lo que implica mayor grado de disimilitud en la estructura de estas comunidades; por el contrario

al comparar el ecosistema coralino con el rocoso el valor de R es bajo (0,16) indicando un alto grado de similitud.

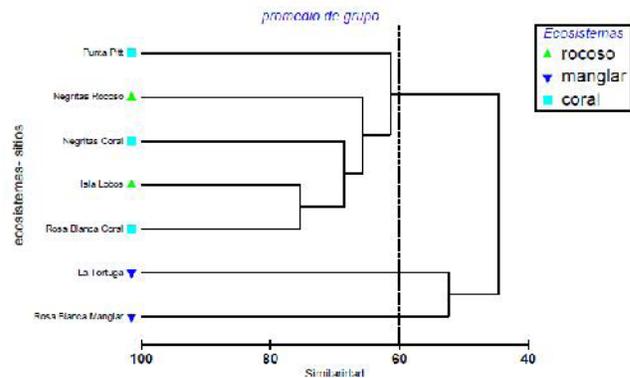


Figura 12. dendrograma de análisis de cluster para cálculo de similitud en la estructura de las comunidades de peces de los sitios muestreados.

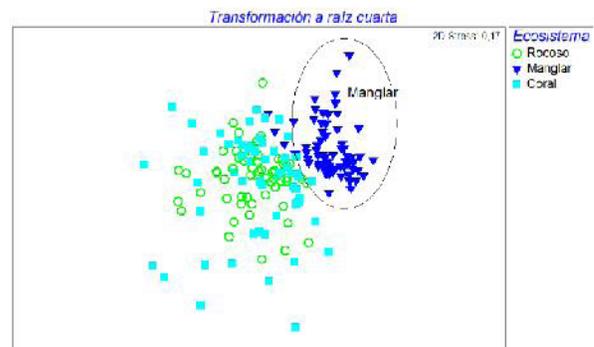


Figura 13. Mapa MDS de Similitud de Bray Curtis entre los ecosistemas estudiados en la isla San Cristóbal.

### Especies representativas por sitios de muestreo

Las especies más representativas en todos los ecosistemas fueron: *Prionurus laticlavus* con 18,2%, *Halichoeres dispilus* con 14,0%, *Thalassoma lucasanum* con 13,4%, *Stegastes arcifrons* con 10,5%, *Stegastes beebei* con 10,0%; mientras que 54 especies contribuyen sólo con el 7.4% de la abundancia (Tabla 11).

Tabla 11. Número de especies más representativas, total de individuos y porcentajes por especies.

Especies	Total	%
<i>Prionurus laticlavus</i>	6410	18,2
<i>Halichoeres dispilus</i>	4917	14,0
<i>Thalassoma</i>	4709	13,4

<i>Stegastes arcifrons</i>	3715	10,5
<i>Stegastes beebei</i>	3541	10,0
<i>Apogon atradorsatus</i>	1885	5,3
<i>Scarus ghobban</i>	1714	4,9
<i>Paranthias colonus</i>	1436	4,1
<i>Xenocys jessiae</i>	1361	3,9
<i>Bodianus diplotaenia</i>	1008	2,9
<i>Abudefduf troschelii</i>	803	2,3
<i>Anisotremus</i>	633	1,8
<i>Gerres cinereus</i>	524	1,5
Otros (N=54)	2591	7,4
<b>Total</b>	<b>35247</b>	<b>100,0</b>

En isla Lobos se registraron un total de 32 especies, siendo las más representativas: *Stegastes beebei* con 20,7%, *Prionurus laticlavus* con 16,7%, *Halichoeres dispilus* con 16,1%, *Xenocys jessiae* con 15,3%, *Paranthias colonus* con 11%; 21 especies en este sitio contribuyeron sólo 2,7% de la abundancia total en la zona (Tabla 12).

**Tabla 12.** Número de especies más representativas de Isla Lobos, total de individuos y porcentajes por especies N=32

Especies	Total	%
<i>Stegastes beebei</i>	1437	20,7
<i>Prionurus laticlavus</i>	1159	16,7
<i>Halichoeres dispilus</i>	1115	16,1
<i>Xenocys jessiae</i>	1060	15,3
<i>Paranthias colonus</i>	764	11,0
<i>Thalassoma</i>	473	6,8
<i>Apogon atradorsatus</i>	219	3,2
<i>Chromis atrilobata</i>	172	2,5
<i>Bodianus diplotaenia</i>	145	2,1
<i>Stegastes arcifrons</i>	142	2,0
<i>Holocanthus passer</i>	66	1,0
Otros (N=21)	40	2,7
<b>Total</b>	<b>6792</b>	<b>100</b>

En la Tortuga se registraron un total de 32 especies, y entre las más abundantes están: *Stegastes arcifrons* con 51,8%, *Gerres cinereus* con 16%, *Abudefduf troschelii* con 8,9%,

*Xenomugil thoburni* con 5,2%. 21 especies representan el 4,8% del total contado durante los muestreos (Tabla 13).

**Tabla 13.** Número de especies más representativas de La Tortuga, total de individuos y porcentajes por especies N=32

Especies	Total	%
<i>Stegastes arcifrons</i>	1693	51,8
<i>Gerres cinereus</i>	523	16,0
<i>Abudefduf troschelii</i>	292	8,9
<i>Xenomugil thoburni</i>	169	5,2
<i>Xenocys jessiae</i>	141	4,3
<i>Haemulon scudderii</i>	67	2,0
<i>Lutjanus argentiventris</i>	61	1,9
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	59	1,8
<i>Sphoeroides annulatus</i>	42	1,3
<i>Thalassoma lucasanum</i>	34	1,0
<i>Labrisomus dendriticus</i>	32	1,0
Otros (N=21)	156	4,8
<b>Total</b>	<b>3269</b>	<b>100,0</b>

Las especies más representativas de Las Negritas fueron: *Halichoeres dispilus* con 29,7%, *Prionurus laticlavus* con 17,9%, *Thalassoma lucasanum* con 16,3%, *Stegastes beebei* con 14,4% mientras que 23 especies aportaron con 4,5% de la abundancia total (Tabla 14).

**Tabla 14.** Número de especies más representativas de Las Negritas, total de individuos y porcentajes por especies N=33.

Especies	Total	%
<i>Halichoeres dispilus</i>	1535	29,7
<i>Prionurus laticlavus</i>	923	17,9
<i>Thalassoma lucasanum</i>	842	16,3
<i>Stegastes beebei</i>	743	14,4
<i>Bodianus diplotaenia</i>	221	4,3
<i>Stegastes arcifrons</i>	206	4,0
<i>Chromis atrilobata</i>	142	2,7
<i>Paranthias colonus</i>	127	2,5
<i>Plagiotremus azaleus</i>	100	1,9
<i>Holocanthus passer</i>	93	1,8
Otros (N=23)	235	4,5
<b>Total</b>	<b>5167</b>	<b>100</b>

Las especies más representativas de Punta Pitt fueron: *Prionurus laticlavus* con 44,9%, *Apogon atradorsatus* con 14,6%, *Thalassoma lucasanum* con 6,7%, *Anisotremus interruptus* con 6,3%, *Halichoeres dispilus* con 6%, *Bodianus diplotaenia* con 5,2%; otras especies (N= 38 especies) representaron el 6,8% (Tabla 15).

**Tabla 15.** Número de especies más representativas de Punta Pitt, total de individuos y porcentajes por especies N=47.

Especies	Total	%
<i>Prionurus laticlavus</i>	4035	44,9
<i>Apogon atradorsatus</i>	1316	14,6
<i>Thalassoma lucasanum</i>	602	6,7
<i>Anisotremus</i>	568	6,3
<i>Halichoeres dispilus</i>	540	6,0
<i>Bodianus diplotaenia</i>	469	5,2
<i>Stegastes beebei</i>	335	3,7
<i>Paranthias colonus</i>	277	3,1
<i>Abudefduf troschelii</i>	120	1,3
<i>Xenocys jessiae</i>	120	1,3
Otros (N=38)	610	6,8
<b>Total</b>	<b>8992</b>	<b>100,0</b>

Las especies más representativas de Rosa Blanca Coral fueron: *Halichoeres dispilus* con 28,7%, *Thalassoma lucasanum* 22,9%, *Stegastes beebei* con 16,3%, *Apogon atradorsatus* con 6,1%. Otras especies (N= 29) contribuyeron con el 5% del total (Tabla 16).

**Tabla 16.** Número de especies más representativas de Rosa Blanca Coral, total de individuos y porcentajes por especies N= 39.

Especies	Total	%
<i>Halichoeres dispilus</i>	1642	28,7
<i>Thalassoma</i>	1308	22,9
<i>Stegastes beebei</i>	934	16,3
<i>Apogon atradorsatus</i>	350	6,1
<i>Prionurus laticlavus</i>	281	4,9
<i>Paranthias colonus</i>	264	4,6
<i>Scarus ghobban</i>	217	3,8
<i>Stegastes arcifrons</i>	195	3,4

<i>Bodianus diplotaenia</i>	161	2,8
<i>Halichoeres nicholisi</i>	81	1,4
Otros (N=29)	285	5,0
<b>Total</b>	<b>5718</b>	<b>100,0</b>

Las especies más representativas de Rosa Blanca Manglar fueron: *Scarus ghobban* 28,62%, *Stegastes arcifrons* 28,18%, *Thalassoma lucasanum* 28,1%, *Abudefduf troschelii* 6,2%; otros (N= 22 especies) representaron sólo el 2,2% (Tabla 17).

**Tabla 17.** Número de especies más representativas de Rosa Blanca Manglar, total de individuos y porcentajes por especies N= 31.

Especies	Total	%
<i>Scarus ghobban</i>	1477	28,6
<i>Stegastes arcifrons</i>	1454	28,2
<i>Thalassoma</i>	1450	28,1
<i>Abudefduf troschelii</i>	318	6,2
<i>Stegastes beebei</i>	91	1,8
<i>Lutjanus</i>	73	1,4
<i>Lutjanus viridis</i>	63	1,2
<i>Sphoeroides</i>	62	1,2
<i>Halichoeres dispilus</i>	56	1,1
Otros (N= 22)	116	2,2
<b>Total</b>	<b>5160</b>	<b>100</b>

#### 4. Discusión

La metodología de transectos visuales son en resumen una de las mejores aplicadas al estudio de ictiofauna de arrecifes (Harmelin-Vivien et al., 1985) ya que representan una opción poco agresiva para recopilar información y son las más ampliamente utilizadas tanto en arrecifes naturales como artificiales (Relini et al., 1994), son precisos para estimar el número de especies y permiten estudiar los cambios temporales ya que no requiere la extracción de organismos (Pérez et al, 1996); sin embargo, a la vez presenta limitaciones como la no observación de las especies crípticas, o la subestimación de las abundancias de algunas especies (Sale y Sharp,

1983; Brock, 1982), principalmente porque se trata de especies altamente móviles (en especial los peces óseos).

La temperatura y las condiciones del mar, en especial en Punta Pitt y Rosa Blanca Coral, fueron factores que dificultaron en cierta medida el trabajo de muestreo, por un lado las temperaturas bajas disminuyen la concentración de los buzos y su resistencia (Jiménez, 1999), limitando de esta manera el tiempo de las inmersiones y acortando el número de réplicas; mientras que las condiciones del mar como fuertes oleajes y corrientes, y baja visibilidad también dificultan el número de réplicas posibles durante una inmersión.

### **Diversidad y conservación de peces en San Cristóbal**

El estudio se enfocó principalmente en la variación de la diversidad de las comunidades de peces a nivel espacial, y demostró que el tipo de ecosistema fue un factor determinante de la diversidad y riqueza independiente de la temperatura.

Para San Cristóbal se registraron un total de 66 especies distribuidas en 32 familias; aunque algunos métodos de estimación acumulativa de especies (Chao2, Jackknife1) indicarían que habrían más de 80 especies entre todos estos sitios. Las 66 especies encontradas corresponden al 15% de las 444 especies registradas y descritas para Galápagos por Grove & Lavenberg (1997) y al 38% de las 175 especies registradas para los estudios de línea base (Edgar et al, 2002); un total de 47 especies se observaron en Punta Pitt Coral, 31 en Rosa Blanca Manglar y 39 en Rosa Blanca Coral, 33 en las Negritas Rocoso, 32 en Isla Lobos Rocoso y 32 en La Tortuga Manglar; sin embargo, el valor promedio de especies registradas por Edgar et al., (2002) para la isla San Cristóbal en el trabajo de línea base fue sólo de 15, por lo que este trabajo se convierte en pionero al detallar en mayor nivel la biodiversidad de peces en esta isla. Por otro lado, es importante también resaltar que el 10% de las especies registradas en este estudio son endémicas (7 especies) y ninguna de estas está aún evaluada en la lista roja de la UICN.

### **Variación de la biodiversidad por ecosistemas, sitios y estación climática**

La Diversidad  $\lambda$  (dominancia) y riqueza específica (d) presentaron diferencias significativas a nivel de tipo de ecosistema y estación climática, causada por el ecosistema de manglar; es así que “d” fue significativamente inferior en el manglar que en los otros dos ecosistemas, mientras que la dominancia  $\lambda$  fue mayor (casi el doble) en el manglar que en los ecosistemas de coral y rocoso, mientras que no se registraron diferencias significativas a nivel de estación climática (invierno y verano), aunque los índices de riqueza se observan relativamente más altos en invierno que en verano. Las comunidades de peces muestreadas en Punta Pitt Coral, Rosa Blanca Coral y las Negritas Rocoso presentaron el mayor número de especies; evidenciando que los ecosistemas coralinos son más biodiversos, la posible razón de la mayor concentración y diversidad de peces en estos hábitats se debe a que las variables estructurales como la cobertura de coral, arena, algas o rocas y la abundancia de invertebrados, además de características topográficas como la profundidad y rugosidad, presentan un efecto positivo en la aglomeración de especies y abundancia de muchos peces arrecifales, especialmente en aquellas especies que tienen intervalos de movimiento reducido (Zayas, 2005).

Los ecosistemas coralinos y rocosos presentan entre todas las características mencionadas, bastante irregularidad en su estructura física, esto significa que contienen una gran cantidad de refugios (grietas, cuevas, fisuras, etc.) para albergar a distintas clases de organismos, en el caso de los peces albergan especies de hábitos crípticos como *Epinephelus labriformis* o *Labrisomus dendriticus* y peces de hábitos nocturnos como el *Apogon atradorsatus* que durante el día se refugian entre las rocas por centenares (Figura 15), es así que podríamos deducir que mientras más irregularidad exista en el ecosistema, mayor será la diversidad que éste presente; además, esta clase de ecosistemas están

ubicados a las afueras de la costa, por los que son ricos en nutrientes por lo que están fuertemente influenciados por las corrientes marinas (observación personal en Punta Pitt Coral y Rosa Blanca Coral). El 0,2% del área marina a nivel mundial está ocupada por arrecifes de coral (Veron et al., 2009), y son los ecosistemas marinos de mayor biodiversidad en el océano, se estima que contienen alrededor de un tercio de todas las especies marinas descritas en el mundo (Reaka-Kudla, 1997, 2001).



**Figura 15.** Peces cardenales de punta negra (*Apogon atradorsatus*) escondidos en un arrecife rocoso en Punta Pitt.

Por otro, como se mencionó en el párrafo anterior, los ecosistemas de manglar presentaron los más bajos índices de riqueza y mayores índices de dominancia, esto se refleja en los sitios de La Tortuga y Rosa Blanca Manglar. Llerena (2009) en su trabajo en donde colectó peces con trasmallo, había registrado en La Tortuga un total de 14 especies de peces y en Rosa Blanca Manglar 10; para este estudio, se obtuvo un total de 32 especies en La Tortuga y 31 en Rosa Blanca Manglar. Las especies que contribuyeron en mayor proporción a los índices de dominancia en La Tortuga fueron *Stegastes arcifrons* (51,8%) y *Gerres cinereus* (16%), mientras que en Rosa Blanca Manglar fueron *Scarus ghobban* (28,6%) y *Stegastes arcifrons* (28,2%), *Thalassoma lucasanum* (28,1%); cabe destacar que *S. ghobban* (Loro barbazul) presenta cierta relevancia ya que todos los individuos observados fueron en su mayoría juveniles, con lo cual se podría afirmar que Rosa Blanca Manglar es un sitio de reclutamiento y crianza para esta especie. Las zonas de manglar estudiadas

se encuentran en ensenadas semicerradas y rodeadas de una densa vegetación acuática (manglar), esta característica de hábitat lo hace más valioso y adecuado como refugio de tiburones neonatos y especies de peces en estado juvenil para protegerse de sus depredadores entre las raíces de los mangles.

(Llerena, 2009; Yáñez et al., 1998), esto fue confirmado en este estudio, en donde el tiburón punta blanca (*Triaenodon obesus*) y la raya sartén (*Dasyatis brevis*) fue característico en Rosa Blanca Manglar. Los componentes de biodiversidad de estos ecosistemas son únicos debido a que incluyen nichos y son fronteras a nivel de eco-regiones (Yáñez et al., 1998), debido a esta característica de los ecosistemas marinos de manglar, es que la mayoría de peces óseos registrados en este estudio eran de estadíos juveniles.

El sitio conocido como Las Negritas fue el único que mostró diferencias significativas a nivel de estación climática con relación al nivel de riqueza específica, el cual fue mayor en invierno que en verano, mientras que la dominancia fue claramente superior en verano, esto posiblemente se deba a que entre los meses de noviembre a diciembre que se presentó el evento de El Niño Oscilación Sur (ENOS), la temperatura del agua se elevó, lo que produjo una alta actividad reproductiva en algunas especies de peces, lo que explica su elevada riqueza específica y abundancia entre los primeros meses de muestreo (Febrero a Julio) debido a eventos pulsos de reclutamiento derivados de ENOS meses antes, cabe anotar que las diferencias de temperatura en este sitio en el intervalo de las dos estaciones de febrero a agosto (invierno a verano) fluctuó entre 30,5 a 16,5 ° C respectivamente.

### **Especies dominantes, tipificantes y discriminantes**

En Punta Pitt Coral, la especie que mostró dominancia (44,9%) durante todo el tiempo de muestreo fue el cirujano de cola amarilla (*P. laticlavus*), el cual al parecer juega un importante rol en el ecosistema de coral de este sitio, ya que su función ecológica es el controlar la

población de algas que crecen sobre las rocas y el esqueleto del coral muerto. En la Tortuga (manglar) fue el sitio que mostró el mayor índice de dominancia, representado principalmente por la damisela de cola amarilla (*S. arcifrons*) con el 51,8% de la composición total de especies, la abundancia de esta especie posiblemente se deba a que este ecosistema contiene una extensa cobertura de algas que son la principal fuente de alimento de esta especie, además muchos de los individuos registrados eran juveniles y los manglares son considerados como ecosistemas que proveen de alimento y refugio a una gran variedad de organismos de diferentes niveles tróficos (Yáñez et al., 1998). En Rosa Blanca la especie que mostró el mayor índice de dominancia fue el loro barbazul (*S. ghobban*) en donde la mayor parte de los individuos registrados eran juveniles, posiblemente este sitio es una zona de reclutamiento específica para esta especie, mientras que la damisela de cola amarilla (*S. arcifrons*) fue la segunda especie que contribuyó al índice de dominancia; sin embargo, la misma fue la más dominante en La Tortuga, esta especie pertenecen a la familia Pomacentridae y confirman que los miembros de esta familia son el componente más distribuido y abundante de las comunidades de peces de arrecife y son considerados como herbívoros numéricamente dominantes en ciertos arrecifes y hábitats (Scott y Russ, 1987; Ceccarelli 2007),

Las tres principales especies tipificantes de los ecosistemas rocosos fueron *Halichoeres dispilus* con 29,2%, *Stegastes beebei* con 25,8%, *Thalassoma lucasanum* con 12,2%, de las cuales *Halichoeres dispilus* y *Stegastes beebei* contribuyeron también a la dominancia en este ecosistema; lo interesante al comparar estos dos indicadores es que *Priorunus laticlavius* (cirujano cola amarilla) aunque es dominante en este ecosistema en los dos sitios muestreados, no es una especie típica; es decir, que no apareció con mucha frecuencia en los muestreos realizados; por su parte *H. dispilus* y *S. beebei*, normalmente se asocian con fondos rocosos, de arena, y con presencia de coral (Grove & Lavenberg, 1997) y fueron especies ocurrentes y abundantes en la

mayoría de los transectos: *S. beebei* fue la especie más abundante en Isla Lobos, la cual es muy común en hábitats rocosos (Grove & Lavenberg, 1997), mientras que *H. dispilus* fue la especie más representativa en las Negritas; *T. lucasanum* son peces de hábitos gregarios que se alimentan de plancton en la columna de agua, su rango de profundidad va de 1 a 65 metros, sin embargo prefieren las aguas poco profundas (Grove & Lavenberg, 1997), se conoce que esta especie es un limpiador (Trujillo, 2003), podría ser que el ecosistema contribuya en gran medida a la preferencia del hábitat de esta especie y le provea de las condiciones óptimas para ocupar su nicho como especie limpiadora. Las tres especies también contribuyeron a la disimilitud entre los ecosistemas rocoso-coralino y rocoso-manglar, *S. beebei* y *H. dispilus* fueron más ocurrentes en los ecosistemas rocosos que en los manglares especialmente en Isla Lobos y Negritas, mientras que *T. lucasanum* fue una especie discriminante entre los ecosistemas rocoso-coral.

Para los corales, fueron cuatro las especies más representativas: *S. beebei*, *H. dispilus*, *T. lucasanum* y *P. laticlavius* (tabla 4), este tipo de ecosistema para estas especies es muy conveniente, especialmente para los hábitos que estas presentan, por ejemplo *P. laticlavius* es una especie que prefiere los sitios con poca profundidad, tal vez esto se debe a que los sitios con cobertura de coral se encuentran por lo general a poca profundidad, contienen una gran cobertura de algas que crecen sobre las rocas gracias a que tienen acceso a los rayos solares, y son el alimento de esta especie, para *T. lucasanum* en los ecosistemas de coral existe la presencia de muchas especies de peces y otros organismos los cuales contienen parásitos que son una de sus fuentes de alimento de la misma, osea una especie limpiadora (Trujillo, 2003), sin contar con los crustáceos y demás invertebrados que se refugian entre los corales y algas; de entre estas especies, *H. dispilus*, *S. beebei* y *P. laticlavius* contribuyeron a la disimilitud entre los ecosistemas coral-manglar, siendo todas más abundantes en los corales, mientras que *H. dispilus* y *P. laticlavius* fueron las especies

discriminantes entre los ecosistemas rocoso-coral, la primera estuvo más presente en el ecosistema rocoso, mientras que la otra lo fue en los coralinos.

En los ecosistemas de manglar las especies *S. arcifrons*, *A. troschelii* y *T. lucasanum* fueron las más típicas, *S. arcifrons* fue la especie que contribuyó en gran porcentaje a la dominancia de los manglares, y al mismo esta especie junto con *A. troschelii* repercutieron en la disimilitud entre los ecosistemas de manglar-rocoso y manglar-coral, siendo principalmente abundantes en los manglares, estas dos especies prefieren las aguas poco profundas, y los manglares tienen las condiciones adecuadas para albergarlas, ambas pertenecen a la familia *Pomacentridae* y son el componente más distribuido y abundante de las comunidades de peces de arrecife y son considerados como herbívoros numéricamente dominantes en ciertos hábitats (Scott and Russ, 1987; Ceccarelli, 2007).

#### 4. Conclusiones

1. El tipo de ecosistema es determinante para la composición de las comunidades de peces, siendo los ecosistemas de coral los más biodiversos (Punta Pitt), seguido de los ecosistemas rocosos y los manglares. Los manglares representan una zona de reclutamiento para muchas especies de peces, en particular el sitio Rosa Blanca la presencia del scarido (*Scarus ghobban*) en etapa juvenil fue notoria y se podría mencionar que este sitio es específico para el reclutamiento de esta especie.
2. Las comunidades de peces de los ecosistemas coral y rocoso son más similares en comparación con los manglares, con el cual presentan una marcada disimilitud; sin embargo, no se presentaron mayores diferencias a nivel de estación climática dentro de cada ecosistema.

3. De la composición de peces observada en los sitios visitados hubo especies que se caracterizaron por ser especies típicas dentro de cada sitio o bien especies discriminantes entre sitios. La damisela de cola anillada (*S. beebei*), la damisela de cola amarilla (*S. arcifrons*), la vieja camaleón (*H. dispilus*), la vieja de Cortéz (*T. lucasanum*) y sargento mayor (*A. troschelii*), fueron típicas para determinados ecosistemas y sitios, en especial la damisela de cola amarilla que resaltó en los ecosistemas de manglar, esta especie es en gran proporción abundante y por lo tanto sería componente biológico esencial para estos ecosistemas. Entre las especies discriminantes encontramos a la damisela de cola anillada (*S. beebei*), la damisela de cola amarilla (*S. arcifrons*), la vieja camaleón (*H. dispilus*) y el cirujano de cola amarilla (*P. laticlavus*), de los cuales los tres primeros fueron discriminantes entre los ecosistemas coral- manglar y rocoso-manglar, mientras que el cirujano de cola amarilla (*P. laticlavus*) lo fue para los ecosistemas rocoso-coral.
4. Este trabajo se convierte en pionero porque detalla la biodiversidad de peces en la isla San Cristóbal, lo cual se lo resume de manera muy superficial en los estudios de línea base de la Reserva Marina de Galápagos. De todas las especies que se documentaron, tan solo el 10% fue de especies endémicas (7 especies), y la gran mayoría estuvo representada por especies de origen Indo-Pacífico, seguido de especies de amplia distribución, mientras que el índice de especies endémicas es muy bajo.

#### 5. Recomendaciones

1. Este trabajo es un estudio pionero, por lo tanto las futuras investigaciones sobre peces enfocados en San Cristóbal

- deberían tener como referencia este trabajo.
2. Se enfocó la investigación tomando en cuenta principalmente la distribución de peces a nivel espacial, una futura investigación deberá estar enfocada en el ámbito temporal tomando como mínimo los doce meses del año; además de los efectos sobre la estructura de la comunidad de otros tipos de factores tales como nivel de marea, corrientes marinas, oleaje, efectos de la zonificación, etc.
  3. Otra parte importante, es evaluar hasta qué punto las actividades antropogénicas (turismo y pesca) afectan la estructura de los ecosistemas, y cuáles serían los límites o soportes en resiliencia y homeostasia con la pérdida de biodiversidad derivada de estas actividades.
  4. Otros temas importantes que pueden derivarse de este estudio, son los estudios sobre reclutamiento de peces óseos y cartilaginosos que ocurren dentro de cada uno de estos hábitats, y su importancia para el manejo de especies comerciales. La abundancia y hábitos nocturnos de algunas especies podrían ser también temas de estudio para el futuro.
  5. Estudio de diversidad de peces en arrecifes artificiales y de bajos someros deberían ser también prioritarios como temas de investigación.

## Referencias

- [1] Ackermann, J.L. y D.R. Bellwood. 2000. Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 206: pp 227-237.
- [2] Aburto-Oropeza, O. y E. F., Balart. 2001. Community structure of fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Mar. Ecol.* 22 (4): pp 287-305.
- [3] Chávez, J. C. 2008. Caracterización y estructura de la ictiofauna de arrecifes rocosos y coralinos en Punta Carrizal, Colima, México para fines de inventario y conservación de la diversidad animal. Universidad de Colima Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DJ020. México D. F.
- [4] Galzín, R. 1987. Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs. I. Spatial scales. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41, pp 129-136.
- [5] Glynn, P. W., Bernhard Riegl, Adrienne M. S. Correa & Iliana B. Baums. 2009. Rapid recovery of a coral reef at Darwin Island, Galápagos islands. *Journal Galápagos Research* (66). 76. pp 6-13.
- [6] Hearn, A. 2008. The rocky path to sustainable fisheries management and conservation in the Galápagos Marine Reserve. *Ocean & Coastal Management* 51 (8-9): 567-574.
- [7] Heylings P, Bensted-Smith R, Altamirano M. 2002. Zonificación e historia de la reserva marina de Galápagos. In: Danulat E, Edgar GJ, editores. Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: Fundación Charles Darwin y Servicio Parque Nacional de Galápagos; 2002. pp. 10–21.
- [8] Jiménez, S.V. 1999. Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en la zona de Isla Cerralvo, B.C.S, México. Instituto Politécnico Nacional/Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México. 91p.
- [9] Pérez, H., F. Galván, L. A. Abitia. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del Suroeste del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 1996, 22(3): pp 273-294.
- [10] Reaka-Kudla, M.L. 1997. Global biodiversity of coral reefs: a comparison with rainforests. In: Reaka-Kudla, M.L., Wilson, D.E. (Eds.), *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Joseph Henry Press.
- [11] Reaka-Kudla, M.L. 2001. Known and unknown biodiversity, risk of extinction and conservation strategy in the sea. *Waters in Peril*, pp 19–33.
- [12] Shima, J. S. 1999. An evaluation of processes that influence variability in abundance of a coral reef fish. Ph. D. Dissertation, University of California at Santa Bárbara.
- [13] Thomson, D. A., L. T. Findley y A.N. Kerstitch. 1979. Reef fish of the sea of Cortéz. University of Arizona Press, Boulder. 302p.
- [14] Trujillo, O. 2003. Reclutamiento de peces de arrecife en Isla Cerralvo y Punta Perico, B.C.S, México. Instituto Politécnico Nacional/Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S., México. 77p.
- [15] Vásquez, J., P. Camus, F. Ojeda. 1998. Diversidad, estructura y funcionamiento de ecosistemas costeros rocosos del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71, pp 479-499.
- [16] Villareal, A. 1988. Distribución y diversidad de peces en el arrecife coralino de Cabo Pulmo – Los Frailes, B.C.S. Tesis de licenciatura. UABCS, La Paz, B.C.S., México. 144p.

- [17] Wellington, G. M. 1975. The Galápagos Coastal and Marine Environments. A resource report to the Department of National Parks and Wildlife. Quito, Ecuador, 357p.
- [18] Wellington, G. M. 1984. Marine environment and protection. En: R. Perry. (ed.), Key Environments: Galápagos, pp 247–263. Pergamon Press, Oxford.
- [19] Wilson, R., J. Wilson. 1985. Watching Fishes. Understanding Coral Reef Fish behavior. Gulf Publishing Company. New York, 268p.
- [20] Yáñez, A., R. R. Twilley., A. L. Lara. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. Revista Madera y Bosques 4(2), 1998: pp 3-19
- [21] Zayas, J. A. 2005. Análisis temporal de la estructura comunitaria de los peces crípticos asociados a un arrecife artificial en Punta Diablo, Bahía de la Paz, B.C.S., México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 84p.

# CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CR TOTAL, PB, CD) EN AGUA SUPERFICIAL Y SEDIMENTOS EN EL ESTERO SALADO (GUAYAQUIL)

*Concentration of Heavy Metals (total Cr, Pb, Cd) in Surface Water and Sediment in the Estero Salado (Guayaquil)*

Mariana Alcívar Tenorio<sup>1</sup>, Jessica Mosquera Armijo<sup>1</sup>, Rubén Castro Rendón<sup>2</sup> \*

Recibido el 27 de julio de 2011; recibido en forma revisada 20 de octubre 2011, aceptado 8 de diciembre 2011

## Resumen

El presente trabajo realizado durante la época seca (Agosto, Septiembre, Octubre) del año 2010 en cinco puntos del Estero Salado de Guayaquil se determinó la concentración de metales pesados Cadmio (Cd), Cromo total (Cr), Plomo (Pb), en las matrices agua superficial y sedimento las mismas que reportaron valores de Cd (ND - 0.06 ppm), Cr y Pb (ND - 0,01 ppm) para las muestras de agua superficial, mientras que los sedimentos fueron de Cd (ND - 9, 50), Cr (11, 99 - 43,47 ppm), Pb (13,47 - 69,47). Adicionalmente se tomaron muestras de gasterópodos (*Cerithidea valida*) para determinar si estos metales afectaban a dichos organismos y por consiguiente a la cadena trófica, los organismos fueron capturados en el área de estudio en el mes de Octubre obteniendo resultados de Cd (1,37 - 3,5), Cr (4,50 - 7,99), Pb (18,73 - 41,03). Los valores encontrados en cada una de las matrices nos refleja la problemática medio ambiental existente en este ecosistema debido principalmente a las actividades industriales, crecimiento poblacional acelerado, deforestación y el mal manejo de desecho y descargas de uso domestico e industrial no tratadas, ocasionando así el deterioro de este ecosistema.

**Palabras claves:** Metales pesados, gasterópodos, deforestación, ecosistema.

## Abstract

This work done during the dry season (August, September, October) of 2010 at five points of Estero Salado de Guayaquil was determined the concentration of heavy metals Cadmium (Cd), total chromium (Cr), Lead (Pb) in the surface water and sediment matrices the same as reported values of Cd (ND - 0.06 ppm), Cr and Pb (ND - 0.01 ppm) for surface water samples, while sediments were Cd (ND - 9 50), Cr (11, 99 to 43.47 ppm), Pb (13.47 to 69.47). In addition, samples of gastropods (*Cerithidea validated*) to determine whether these metals affect these organizations and therefore the food chain, organisms were captured in the study area in the month of October getting results of Cd (1.37 - 3 5), Cr (4.50 to 7.99), Pb (18.73 to 41.03). The values found in each of the matrices we reflect the environmental problems existing in this ecosystem due mainly to industrial activities, rapid population growth, deforestation and mismanagement of waste and discharges of domestic and industrial use untreated well causing deterioration of this ecosystem.

**Key words:** Heavy metals, gastropods, deforestation, ecosystem.

<sup>1</sup> Egresado de la Carrera de Biología, Tesis de grado - Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales - sede Mapasingue.

<sup>2</sup> Magíster en Ciencias de Saneamiento Ambiental, Químico y Farmacéutico, Director Tesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales - sede Mapasingue. Instituto Nacional de Pesca Distributivo De Personal.

\* rcastro@inp.gob.ec

## 1. Introducción

En los años recientes las investigaciones sobre metales pesados en los ecosistemas acuáticos han sido de gran interés debido a la preocupación de proteger el medio ambiente y a causa del papel que algunos de estos elementos juegan en los seres vivos. Existe la imperiosa necesidad de profundizar las investigaciones que permitan conocer el origen y destino de estos elementos para así poder determinar y cuantificar los efectos ecotoxicológicos que tienen sobre toda la biota que habita en estos medios (<sup>1</sup>Morse et al., 1993; <sup>2</sup>Rainbow, 1993; <sup>3</sup>Rainbow, 1995).

Los metales pesados han sido identificados como contaminantes de los más peligrosos en ecosistemas acuáticos debido a su persistencia y elevada toxicidad, los de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica son: Hg, As, Cr, Pb, Cd, Ni y Zn ya que para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser perniciosa (<sup>4</sup>Martínez-Tabche, 2000; <sup>5</sup>Castañé, 2003).

La presencia de elementos metálicos en sistemas acuáticos fluviales y costeros se origina por la interacción del agua con los sedimentos y la atmósfera con la que está en contacto, produciéndose fluctuaciones en las concentraciones en el agua, como resultados de las fuerzas hidrodinámicas naturales, biológicas y químicas (<sup>3</sup>Rainbow, 1995).

Los metales pesados son parte fundamental de las fuentes antropogénicas provenientes de los desechos domésticos, agrícolas e industriales los cuales son peligrosos para la biota marina, el hombre y el deterioro ambiental en general. Bajo este escenario, los sedimentos, uno de los principales reservorios de estos elementos, actúan como recursos secundarios de contaminación en el medio ambiente marino (<sup>6</sup>Rubio et. al., 1996).

De gran interés en estos ambientes, es el estudio de los metales pesados tóxicos puesto que en comparación con otros contaminantes, no son biodegradables y sufren un ciclo ecológico global en el cual las aguas naturales son las principales vías (<sup>7</sup>Hardstedt & Laumond, 1980; <sup>8</sup>Tam & Wong, 1995), siendo críticos los efectos negativos

que ellos ejercen, debido a la toxicidad y a la acumulación en la biota acuática y la población humana, cuando se encuentran en concentraciones superiores a los niveles reglamentados (<sup>1</sup>Morse et al., 1993; <sup>2</sup>Rainbow, 1993; <sup>3</sup>Rainbow, 1995).

La mayoría de los metales pesados son tóxicos, en general, y lo que los hace tóxicos no son sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse y el tipo de especie química que forman en un determinado medio.

### Metales en el medio ambiente

#### Cromo

El cromo es un elemento distribuido extensamente en la corteza terrestre. Puede presentar valencias de +2 a +6. Al parecer, los alimentos son en general la fuente principal de ingesta de cromo.

#### Plomo

De todas las sustancias químicas tóxicas presentes en el medio ambiente, el plomo es la más persistente. La concentración media de plomo (Pb) en la tierra es de 1,6 g por cada 100 Kg de suelo (<sup>9</sup>Pain, 1995), según Clark (1992), la producción total de plomo ronda los 43 millones de toneladas/año.

#### Cadmio

Es un elemento divalente con masa atómica de 112,41. Es soluble en ácidos minerales, con los que forma las sales minerales correspondientes, y es insoluble en agua. Es uno de los contaminantes de mayor importancia, debido a su persistencia, toxicidad y potencial de bioacumulación (<sup>13</sup>USEPA, 2000).

### Metales en el medio acuático

Los metales que entran en el medio acuático pueden tener origen natural o antropogénico. La erosión y la lixiviación química de suelos y roca constituyen la aportación más importante por procesos de origen natural. Sin embargo, actualmente la cantidad de metales procedentes de la actividad industrial y minera, iguala o excede a la liberada al medio acuático por procesos

naturales. La necesidad que tiene un ser vivo de un determinado elemento se verá reflejado en la capacidad que tiene de captarlo del medio ambiente, concentrarlo y utilizarlo, lo que se define como metabolización del elemento.

### Metales en organismos acuáticos

La captación y toxicidad de los metales pesados para los organismos acuáticos están influenciados no solo por su concentración, también son relevantes el tiempo de exposición y los factores bióticos y abióticos del ambiente (<sup>5</sup>Castañé, 2003). Los principales factores que afectan el ingreso de metal en los organismos acuáticos son su forma química, la presencia de otros metales, el pH, la salinidad, la especie animal y la fase del ciclo de vida.

El presente trabajo evalúa la concentración de los metales pesados Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Total) en cinco estaciones de muestreo a lo largo de la zona del Estero Salado de Guayaquil (Fertisa, 2° Puente de la Perimetral, Puente Portete, Puente Miraflores, Puente Ecológico) para determinar si las concentraciones detectadas se encuentran dentro de los Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario; establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental (<sup>30</sup>TULSMA) Libro VI, Anexo 1; Tabla 3, del Ministerio de Ambiente de la República del Ecuador, además de determinar mediante un análisis comparativo el sector con mayor concentración de metales.

### Hipótesis

Las concentraciones de metales pesados (Pb, Cr Total, Cd) en las matrices de agua superficial, sedimentos y organismos (Gasterópodos) del Estero Salado de Guayaquil son aptas para la vida acuática existente en el medio.

### Objetivos

#### Objetivo General

1. Determinar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr Total y Pb) de agua superficial y sedimentos en el Estero

Salado (Guayaquil), para verificar si estas se encuentran en concentraciones adecuadas para la preservación de los organismos acuáticos.

#### Objetivos específicos

1. Determinar las diferencias espaciales de las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr Total y Pb) en el área de estudio.
2. Determinar cuáles son los factores externos (temperatura, salinidad, pH, descargas industriales y domesticas) que influyen en la variación de las concentraciones de metales pesados en cada de las matrices y estaciones muestreadas.

## 2. Materiales y Métodos

### Área de Estudio

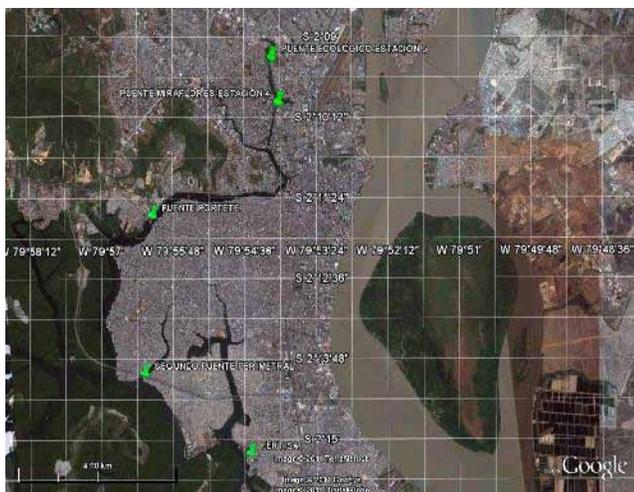
El estero salado forma parte del estuario más grande de la costa sudamericana del Pacífico el golfo de Guayaquil, se encuentra ubicado en la parte sureste de la República del Ecuador (45CAAM, 1996).

### Descripción de los puntos de muestreos

Las estaciones de muestreo fueron 5, todas ubicadas dentro de la ciudad de Guayaquil en la zona IV del Estero Salado (Figura 1) y sus correspondientes tramos. Su ubicación geográfica fue establecida mediante el uso del GPS y se encuentran resumidas en el Tabla 1.

Tabla 1. Localización geográfica de las estaciones muestreadas en el Estero Salado durante Agosto, Septiembre y Octubre de 2010.

Estación	UTM	
	S	W
Fertisa	02°15'21.4''	79°54'27.5''
2° Puente Perimetral	02°14'080''	79°56'24.7''
Puente Portete	02°11'50.5''	79°56'17.6''
Puente Miraflores	02°10'013''	79°54'58.8''
Puente Ecológico	02°09'283''	79°54'09.5''



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones de muestreo durante Agosto, Septiembre, Octubre del 2010

**Toma de muestra**

Durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010 se colectaron muestras de agua y sedimento, adicionalmente en el mes de Octubre se realizó una colecta de organismos (gasterópodos) durante la bajamar en cada una de las estaciones de muestreo, para determinar las concentraciones de Cadmio, Plomo y Cromo total.

Las muestras de agua superficial fueron colectadas por duplicado en envases de polietileno de 1000 ml previamente tratados con ácido nítrico diluido, luego fueron trasladadas al laboratorio dentro de una hielera a una temperatura aproximadamente de 10 °C. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Espectrofotometría del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales (IIRN) de la Facultad de Ciencias Naturales (FCCNN) de la Universidad de Guayaquil (UG) (Figura 20). También se tomaron muestras de agua superficial en envases plásticos pequeños estériles en cada una de las estaciones para posteriormente medir la salinidad en el laboratorio.

**Análisis en laboratorio**

Para la determinación de metales pesados, el laboratorio emplea espectrofotometría por absorción atómica para metales como cobre, oro, platino, zinc, calcio, hierro, magnesio, sodio, potasio, plomo, cromo, níquel, arsénico, mercurio

en diversas matrices provenientes de actividades como minería, agricultura, industria farmacéutica, industria plástica, hidrocarburos, industria metalúrgica, industria de alimentos, descargas industriales, industria cartonera y material de empaque.

Para el análisis de las muestras se siguieron los procedimientos y controles de calidad establecidos en el laboratorio.



**Fig. 21.-** Toma de muestra de sedimento

Análisis de agua

Preservación y extracción

Una vez las muestras en el laboratorio, se procedió a su preservación colocando 1ml de ácido nítrico concentrado en cada una de ellas (Figura 26). Posteriormente la muestra fue filtrada a través de una membrana de celulosa de 0.2 µm con ayuda de una bomba para producir vacío (Figura 27). El método empleado para la extracción de los metales fue tomado del Boletín Científico y Técnico Vol. VII, N° 1 del Instituto Nacional de Pesca “Instrumentación y Análisis Químico de Agentes Contaminantes en el Mar” por 48Solórzano, L., el procedimiento consistió en colocar 400 ml de la muestra en frascos plásticos, se adicionó 3 ml de solución pirrolidina ditiocarbomato de amonio (APDC), 5 ml de acetato de amonio y 15 ml de cloroformo en cada una de las muestra (Figura 28), se homogenizó durante 10 minutos.



Fig. 29.- Muestras preparadas Sedimento

### Análisis de los sedimentos

#### Secado

Colocadas las muestras sobre papel encerado este se esparció en láminas lo más finas posibles y se secó completamente a temperatura ambiente durante 48 horas. (Figura 30).



Fig. 30.- Secado al ambiente

#### Trituración y tamizado

Una vez secas las muestras se procedió a triturarlas con un mortero hasta obtener un polvo muy fino, posteriormente éste fue tamizado empleando tamices de 250, 125, 71  $\mu\text{m}$  de luz de malla, entre muestra y muestra los tamices fueron limpiados con alcohol para eliminar residuos, finalmente se colocaron las diferentes fracciones de las muestras tamizadas en fundas ziploc adecuadamente rotuladas con los nombres de las estaciones (Figura 31 y 32).



Fig. 32.- Tamizado

#### Secado y pesado

Colocadas las muestras en capsulas de porcelana (Figura 33) se las llevó a la estufa a temperatura de 60 a 80  $^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora para eliminar la humedad (Figura 34), antes de pesar las muestras se realizó la verificación de peso en la balanza, (Figura 35) que consistió en tomar una masa patrón que contenía el peso exacto en gramos en este caso 0,50 g, una vez verificado el peso se puso un vaso de precipitación en la balanza obtenido el peso tarar, una vez introducido el tubo de ensayo rotulado dentro del vaso volver a tarar, se pesó 0.50g de la muestra (Figura 36) y después se llevó a la cámara de extracción de gases.



Fig. 33.- Muestras en capsula de porcelana

#### Digestión

Dentro de la cámara de extracción de gases se colocaron 5ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  a cada uno de los tubos, se agitó suavemente hasta que se homogenizó la muestra, (Figura 37) sellando el tubo con un tapón interno y cubriendo el borde del tubo con cinta de teflón y después se procedió a tapar hasta cerrarlo herméticamente, preparado el baño de maría a 100  $^{\circ}\text{C}$  se introdujeron los tubos durante 1 hora

(Figura 38), pasado este tiempo se retiraron los tubos dejándolos enfriando por 15 minutos y luego se filtró en un matraz aforado de 100 ml enjuagando con agua destilada para eliminar la materia orgánica de las paredes del tubo, una vez filtrada la muestra se agregó 1ml de óxido de lantano (modificador de matriz) para eliminar restos de impurezas (Figura 39), luego se enrazó el matraz con agua destilada y se agitó (Figura 40).



Fig. 42.- Digestión

#### Análisis de organismos

Estando ya las muestras en el laboratorio se procede a lavarlas con agua destilada para eliminar restos de sedimento. Posteriormente fueron analizadas e identificadas a nivel de taxa.

#### Análisis Químicos

Para la cuantificación de metales pesados Cadmio, Cromo y Plomo en agua, sedimento y organismos se utilizaron procedimientos internos del laboratorio de Espectrofotometría del IIRN.

#### **Preparación de estándares y curvas de calibración**

Con una pipeta volumétrica calibrada se tomó 10 ppm de los estándares de Pb, Cd y Cr de 1000 ppm (Merck), llevarlas a cada uno de los matraces de 100 ml previamente rotulados con fecha y nombre del estándar enrazarlas con agua destilada (Tabla 2).

Tabla 2. Estándares y curvas de calibración

Metales	Rango lineal	Concentración de chequeo (ppm)	Curvas
Cd	2	1,5	0,5- 1,0 – 2,0
Cr	5	4	
Pb	20	20	5 – 10 – 20

Se rotularon los matraces de 100 ml con los nombres de los estándares, valores de las curvas y las concentraciones de verificación, para Cd se tomaron con las pipetas volumétricas calibradas 0,5 - 1,0 – 2,0 ppm de la solución estándar Cd de 100 ppm llevarlas a los matraces rotulados, para Cr y Pb se realizó la misma operación pero con diferentes concentraciones las mismas que se ubicaron en el Cuadro 2, se añadió a cada una de las soluciones 1 ml de ácido nítrico y modificador de matriz, finalmente enrazarlas con agua destilada.

#### **Lectura de la muestra**

Las lecturas de las muestras se realizaron en el espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer modelo AA100. Se corrió la curva de estándares para cada elemento, luego se realizaron las lecturas del blanco y de las muestras. Instrumentalmente se realizaron 5 lecturas y manualmente 2, dando un valor medio de 10 lecturas por muestras.

#### **Tratamiento de datos**

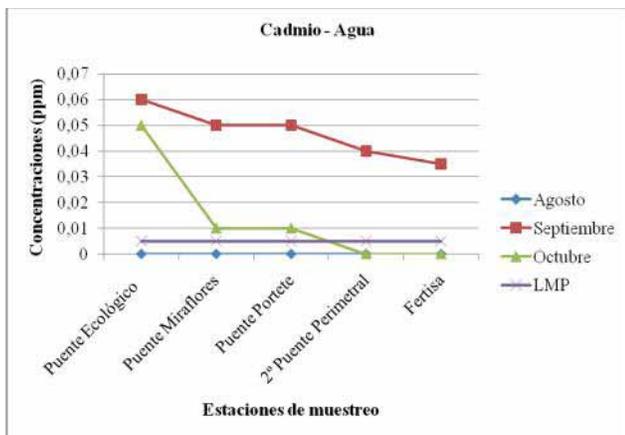
Las unidades de absorbancia deben ser comprobadas de tal manera que se cumplan con la curva lo cual se verificó con las concentraciones de control.

### **3. Resultados**

#### **Agua**

Las concentraciones de Cadmio no fueron detectables en el mes de Agosto, mientras que en los meses de Septiembre y Octubre la concentración más alta fue de 0,06 ppm en la estación del Puente Ecológico esta excedió el valor máximo permisible, los datos se resumen en el Tabla 3 y Figura 45.

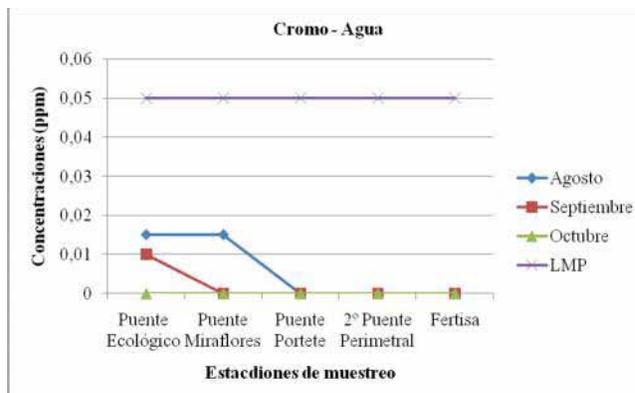
**LMP:** Límite Máximo Permissible.  
**ND:** Valor no Detectable.



**Figura 45.** Concentración de Cadmio en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.

En el monitoreo Calidad de agua del Estero Salado realizado por la Dirección de Medio Ambiente de M.I Municipalidad de Guayaquil en el 2009 demostró que las concentraciones de Cd se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el (30TULSMA). En el presente estudio se observa un incremento de las concentraciones de Cadmio siendo la más alta en la Estación de Puente Ecológico con 0,06 ppm del mes de Septiembre, mientras que en las demás estaciones presentaron un rango de 0,05 y 0,01 ppm que sobrepasan los límites establecidos en la normativa ambiental.

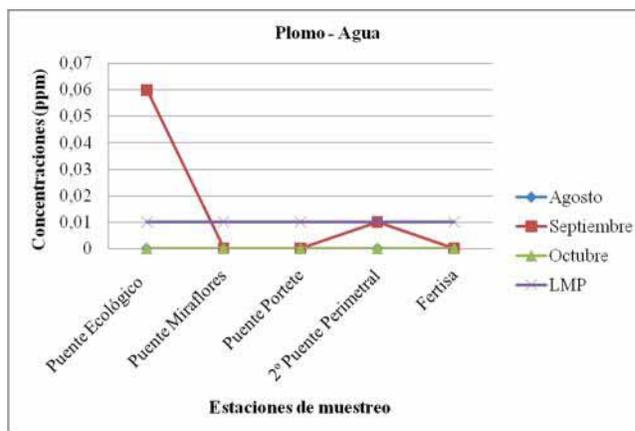
El Cromo presentó un patrón de concentraciones bajas en los 3 meses muestreados, solo en Agosto en las estaciones Puente Ecológico y Puente Miraflores se obtuvieron valores de 0.015 que se encuentran el nivel máximo permissible Tabla 4 y Figura 46.



**Figura 46.** Concentración de Cromo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.

Las máximas concentraciones de Cromo se encontraron en las estaciones de Puente Ecológico y Puente Miraflores con un promedio de 0,015 ppm. En el mes de Agosto. Mientras que las mínimas concentraciones se mantuvieron constante en la estación de Fertisa, 2º Puente Perimetral, Puente Portete en los 3 meses muestreados con un valor no detectable. Las estaciones de Puente Ecológico y Puente Miraflores sobrepasaron los valores máximos permisibles cuyo valor es 0,05 ppm.

El Plomo en los meses Agosto, Septiembre y Octubre presentó concentraciones no detectables para el método, excepto en la estación Puente Ecológico en el mes de Septiembre fue de 0,06 ppm Tabla 5 y Figura 47.



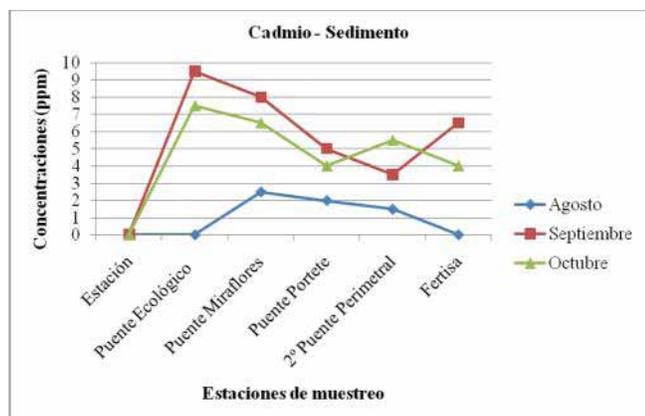
**Figura 47.** Concentración de Plomo en muestra de agua en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.

El plomo presentó un aumento en la estación de Puente Ecológico con un valor de 0,06 en el mes de Septiembre mientras que en las demás estaciones muestreadas mantuvo concentraciones no detectables.

Los valores de plomo se incrementaron el 2010, ya que valores inferiores se registraron en el 2009 cuya máxima concentración se presentó en la estación de Puente de la 17ava con 0,5 ppm. Mientras que el 2010 en el Puente Ecológico se obtuvo una concentración de 0,06 ppm. Dichas concentraciones fueron mayores a los permitidos en la Tabla III “Libro VI. Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas en aguas marinas y de estuario del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria cuyo límite máximo admisible es de 0.01 mg/l (<sup>30</sup>TULSMA 2002).

**Sedimento**

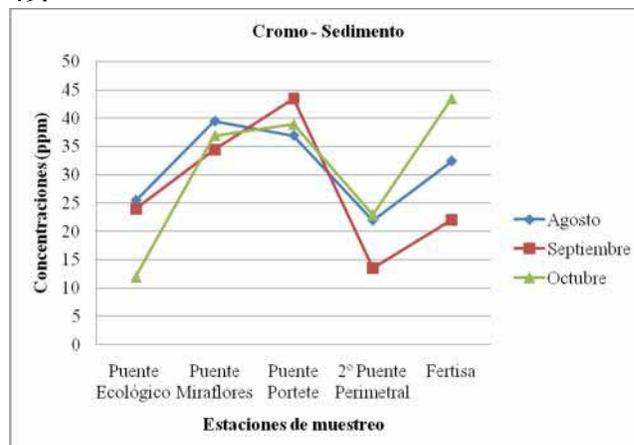
La presencia de Cadmio en el sedimento durante la época de muestreo tuvo su mayor concentración en septiembre con un valor de 9,5 ppm en el Puente Ecológico y la menor concentración fue 1,49 ppm en Agosto en la estación 2° Puente Perimetral descritos en el Tabla 6 y Figura 48.



**Figura 48.** Concentración de Cadmio en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.

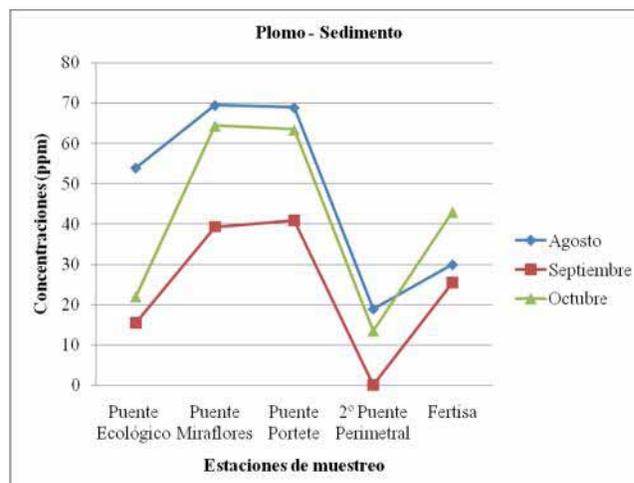
Durante la época de muestreo el Cromo presentó concentraciones muy elevadas valores de 43,47 ppm en el mes de Septiembre en la estación de

Puente Portete y la más baja fue de 11,99 ppm en la estación Puente Ecológico en el mes de Octubre, como se muestra en el Tabla 7 y Figura 49.



**Figura 49.** Concentración de Cromo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.

El plomo presentó en el mes de agosto valores muy altos de 69,47 ppm en la estación de Puente Miraflores mientras que en el mes de Septiembre en la estación 2° Puente Perimetral la concentración más baja fue de 13,47 ppm, obsérvese en el Tabla 8 y Figura 50.

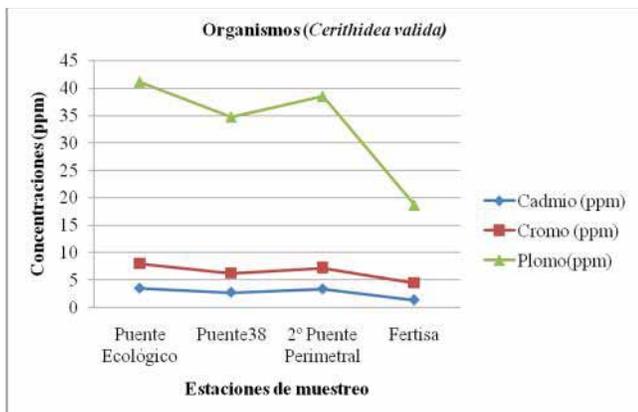


**Figura 50.** Concentración de Plomo en muestra de sedimento en el estero salado durante los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.

**Organismos**

Adicionalmente se tomaron muestras de gasterópodos Cerithidea válida para

determinar si estos metales afectaban a dichos organismos y por consiguiente a la cadena trófica, los organismos colectados en el mes de Octubre presentaron concentraciones de 41,08 ppm en Plomo en la estación Puente Ecológico, para Cadmio se presentó el valor más bajo de 1,37 ppm en la estación Fertisa Tabla 9 y Figura 51. Correspondiente al muestreo no se hallaron dichos organismos en la estación de Puente Miraflores.

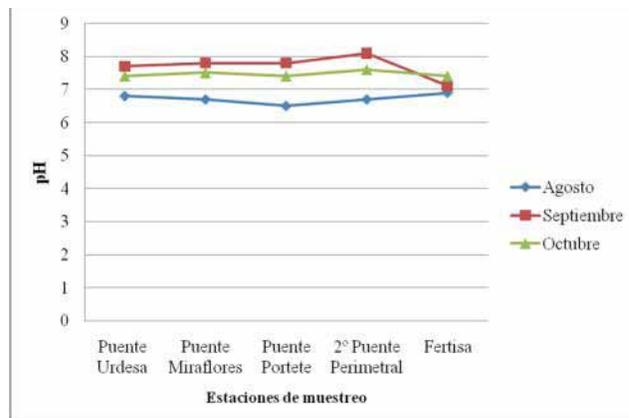


**Figura 51.** Concentración de Cadmio, Cromo, Plomo en muestra de organismo (*Cerithidea valida*) en el estero salado durante el mes de Octubre del 2010.

### Parámetros físico – químico

#### Potencial de Hidrogeno (pH)

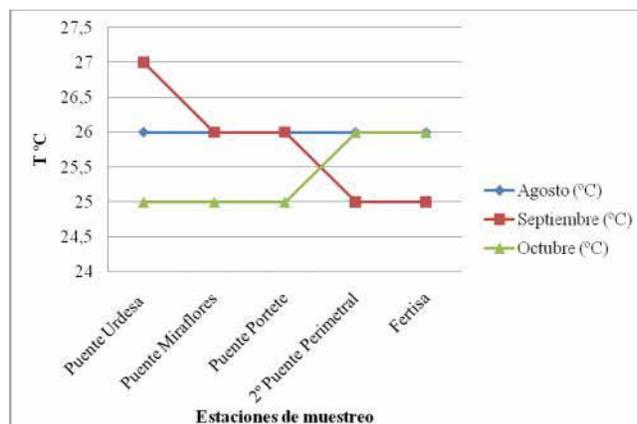
El potencial ión hidrógeno es un parámetro importante en la calidad de aguas naturales. El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógenos en el agua. El pH presentó un rango entre 6,5 a 8,1, siendo la estación Puente Portete con el valor más bajo en pH en el mes de Agosto pero también el mes con menor pH dentro de los demás meses muestreados, mientras que en el mes de Septiembre se presentó el pH más alto en todas las estaciones a diferencia de los demás meses a excepción de la estación 2° Puente perimetral que fue el de mayor valor 8,1 presentados en el Tabla 10 y Figura 52.



**Figura 52.** Valores del pH del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.

#### Temperatura

La temperatura en las aguas es muy importante por su efecto en otras propiedades, por ejemplo la aceleración de reacciones químicas, la reducción de la solubilidad de los gases, intensidad de sabores y olores. La temperatura presentó un promedio de 26°C, siendo la estación Puente Ecológico la que presentó la temperatura más elevada con 27°C resumidos en la Tabla 11 y Figura 53.

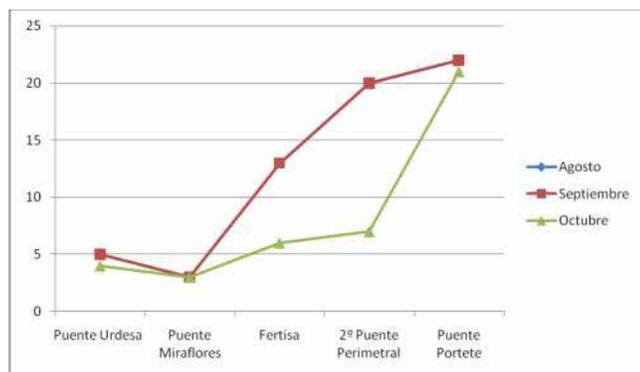


**Figura 53.** Valores de la Temperatura del agua en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.

#### Salinidad

La salinidad es el contenido de sal disuelta en un cuerpo de agua. La salinidad de las aguas influye en la distribución de los organismos. En los tres meses muestreados la salinidad más alta fueron en las estaciones de Puente Portete, 2° Puente Perimetral, Fertisa con un valor entre 6 – 22,

mientras que las más bajas fueron en Puente Urdesa y Puente Miraflores con valores entre 5 – 3 descritos en el Tabla 12 y Figura 54, se intercambia el orden de las estaciones por las bajas concentraciones obtenidas en la estación de Fertisa.



**Figura 54.** Valores de la Salinidad durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2010.

#### 4. Discusión

Al comparar la normativa ambiental vigente en el Ecuador<sup>1</sup> que establece los criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en agua dulces, fría o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios (Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes: Recurso Agua, Libro VI anexo 1) con los resultados obtenidos en los análisis de agua se encontró que durante el mes de septiembre en todas las estaciones de muestreo se obtuvo niveles que sobrepasan los establecidos en la norma debido a que en este mes fueron reportadas las más altas concentraciones de los parámetros físicos que influye en los comportamiento de los metales como Cadmio y Plomo en este tipo de ecosistema, mientras que el Cromo fue el único que se mantuvo dentro de la normativa.

El pH es uno de los factores esenciales en la concentración de los metales ya que la solubilidad de Cadmio y Plomo aumenta en medios ácidos (51María D. Moreno, 2003). En este estudio la influencia del pH no fue representativa ya que las concentraciones de los metales existentes en cada una de las matrices fueron diferentes y

totalmente independientes a las del pH debiéndose tal vez a otros factores físico químico y biológico.

Debido a que Ecuador no cuenta con normativa ambiental para sedimentos y organismos acuáticos, se recurrió a normas internacionales como la 52Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic life (Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999) en los que se establecen las siguientes concentraciones: para Cadmio, 0,676 ppm; Cromo 52,3 ppm y Plomo 30,2 ppm.

Las concentraciones de Cadmio encontradas en los sedimentos estuvieron en el rango de 1,49 ppm a 9,5 ppm; en el mes de agosto en la estación 2º Puente Perimetral y el mes de Septiembre en el Puente Ecológico respectivamente excediendo en todas las estaciones los límites permisibles según la normativa de Canadá. En nuestro estudio se encontró mayores concentraciones de Cadmio que los reportados por <sup>53</sup>Cárdenas, M. (2010), en el mismo sector lo que denotaría un notable incremento en las concentraciones de este metal en los sedimentos.

Para Plomo detectó valores de 37,82 ppm en la estación Miraflores durante el mes de noviembre del 2009 y en este mismo sector, este estudio reporta concentraciones de 69,47 – 39,42 y 64,38 ppm confirmándose, la problemática ambiental que el área afronta.

Las altas concentraciones de Plomo encontradas en la mayor parte del área de investigación podría deberse a que en esta área se encuentran asentadas una cantidad significativa de industrias que descargan sus desechos líquidos al estero, la mayoría de las veces sin previo tratamiento, causando el incremento de las concentraciones de los metales y deteriorando el hábitat de los diversos organismo que en este habitan.

En el estudio realizado por 54Mero, M. (2010) en cuatro esteros del Golfo de Guayaquil encontró concentraciones de 0,01 a 0,04 ppm de Cd en agua y de 0,05 a 0,15 ppm de Pb en agua, mientras que los sedimentos presentaron concentraciones de 1,82 y 11,55 ppm para Cd y Pb respectivamente lo que demuestra que las aguas del estero salado presenta menor concentración de estos elementos

lo contrario ocurre con los sedimentos que en este caso es donde se acumulan los metales siguiendo su curso e incorporándose en la cadena trófica.

En lo referente a los gasterópodos (*Cerithidea valida*) debido a su hábitat y forma de alimentación estos organismos presentan una similitud significativa con las concentraciones de los sedimento ya que estos son filtradores y acumulan en su interior estos metales.

En un bioensayo realizado por 55Piansiri y Boonchamoi (2008) en una especie de caracol de agua dulce (*Filopaludina martensi martensi*), encontrándose que este presentó una mayor acumulación de metales durante la época de verano ya que durante la temporada de lluvias estos organismos presentan una mejor eliminación de estos metales ayudado por la dilución que sufren estos en el medio ambiente. Mientras que en (*Cerithidea valida*) en la época seca también se observó una concentración considerable por acción de la contaminación del medio.

<sup>56</sup>Altug y Güler (2002) tomaron muestras de caracoles (*Rapana venenosa*) en el norte de la costa de Marmara encontrando niveles de metales pesados que oscila entre 0,52 – 1,25 ppm para Pb y de ND – 0,08 ppm de Cd, en comparación con los niveles detectados en los caracoles (*Cerithidea valida*) colectados en el estero salado que nos muestran concentraciones que oscilan entre 18,73 - 41,08 ppm para Pb y 1,37 – 3,50 ppm para Cd, podemos notar el estado de contaminación en que se encuentra el estuario. Los estudios de 57Davies et. al., (2006) mostraron que el sedimento concentra más metales que el agua, mientras que los caracoles acumulan más de estos metales que el sedimento. El factor de concentración biológica revelo que los caracoles tienen un alto potencial para concentrar metales pesados en sus conchas y tejidos blandos siendo directamente proporcional a su tamaño.

Los valores obtenidos muestran que el área de estudio está expuesta a una contaminación constante no solo por la actividad industrial de empresas que se encuentran a los alrededores de los puntos de muestreos como son: Insumos Agropecuarios, Fábricas de Acero, Talleres de mecánicas, Gasolineras, Centros de estéticas,

Centros comerciales, Laboratorios químicos, Fabrica de Andec, Fertisa entre otras, sino también por los asentamientos poblacionales a orillas del estero que arrojan sus desechos (pilas de radio, reloj, etc) directamente en este y al transporte fluvial que transita en él, incluyendo embarcaciones ancladas con derrames de gasolina en la orilla del estero. De esta manera incrementa las concentraciones de estos metales en el área quedando expuesto no solo los organismos que en este habitan sino también toda la comunidad.).

## 4. Conclusiones

1. Las concentraciones de Cd y Pb en el agua sobrepasan los límites permisibles establecidos en la normativa (Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes: Recurso Agua, Libro VI anexo 1), el Cr presentó valores que se encuentran dentro de la normativa ambiental, esto no significa que el área de estudio no esté afectada ya que la sola presencia de estos metales en cualquier sustrato u organismo tiene significancia ambiental y ecológica.
2. En los gasterópodos (*Cerithidea valida*) las concentraciones para plomo en toda el área de estudio fueron considerablemente elevadas siendo la más alta de 41.08 ppm en el Puente Ecológico los niveles más bajos fueron para el Cadmio con 1.37 ppm en Fertisa. Las concentraciones de metales encontradas en (*Cerithidea valida*) pueden poner en riesgo a la especie, así como también a otras especies existentes en el área. Este riesgo potencial podría afectar también a la población que consume especies de interés comercial capturadas en el área.
3. Los niveles de metales encontrados en este estudio pueden afectar el ecosistema a largo plazo si no se mantiene o se establece un control permanente al cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

## 5. Recomendaciones

1. Es de prioridad que las autoridades competentes se preocupen y le den la importancia necesaria a la problemática medioambiental que presenta este ecosistema, debe existir un programa perenne en la ciudad para que permita tener regulaciones medioambientales.
2. Este plan de monitoreo permitirá a las autoridades competentes penalizar a los infractores con los datos obtenidos a través de los datos de los monitoreos que permitan establecer normas ambientales constitucionales vigentes.
3. Los gobiernos zonales a través de estos resultados impulsar la socialización en los sectores afectados para que de esta forma tomen conciencia para establecer un manejo adecuado de los desechos.
4. Que personal técnico capacitado imparta charlas y talleres a las familias habitantes de los sectores para que de esta manera tomen conciencia y tengan un manejo adecuado de sus desechos..

## Referencias

- [1] Adriano, D. 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag. New York 533pp.
- [2] Adams. C.B. 1852. World Register of Marine Species. WoRMS.
- [3] Arcos V. y R. Castro. 2005. Metales pesados en agua, sedimentos y organismos. Revista de Ciencias Naturales y Ambientales, V. 1 N° 1: pg. 103 – 120.
- [4] Balls, P., Lasslett, R. & Price, N. 1994. Nutrient and trace metal distributions over a complete semi-diurnal tidal cycle in Forth estuary, Scotland. Neth. J. of Sea. Res., 33(1): 1-17.
- [5] CAAM. 1996. Desarrollo y Problemática Ambiental del Área del Golfo de Guayaquil. 326p.
- [6] CAAM. 1996. Sistemas Biofísicos en el Golfo de Guayaquil. Circulación del Agua. 61p.
- [7] Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. 1999.
- [8] SUMMARY TABLES Update 2002.
- [9] Calidad de agua en el tramo A del Estero Salado, M. I. Municipalidad de Guayaquil, Dirección de Medio Ambiente.
- [10] Cárdenas, M. 2010. Efecto de la contaminación Hidrocarbúrfica sobre la estructura comunitaria de macroinvertebrados bentónicos presentes en el sedimento del Estero Salado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Maestría en Ciencias Manejo sustentable de recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente.
- [11] Castañé PM, Topalián ML, Cordero R and Salibián A. 2003. Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. Rev Toxicol 20:13-18.
- [12] Consulambiente Cía Ltda, 2007. Plan de Manejo de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado. Elaborado para la Municipalidad de Guayaquil. 150p.
- [13] Clark, R.B.; Marine Pollution, 1992, 3rd ed., Clarendon Press, Oxford.
- [14] Cruz, M. 1981. Distribución y migraciones verticales del zooplancton en el Golfo de Guayaquil. Revista de Ciencias del Mar y Limnología. 1(1): 9-35.
- [15] David, J & Phillips, H. 1995. The chemical environmental fates of trace metals and organochlorines in aquatic ecosystems. Mar. Poll., 31 (12): 4-12.
- [16] Davies O. A., Allison M.E and Uyi, H. S. 2006. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment and periwinkle (*Tympanotonus fuscatus* var *radula*) from the Elechi Creek, Niger Delta. African Journal of Biotechnology Vol. 5 (10), pp. 968- 973.
- [17] EMAG. 1978. Recuperación del Estero Salado Plan de Trabajo. Empresa Municipal Alcantarillado de Guayaquil. Guayaquil. 43p.
- [18] Elbaz-Poulichet, F., Garnier, J., Guan, M., Martin, J & Thomas, A. 1996. The conservative behavior of trace metals (Cd, Cu, Ni and Pb) and as in the surface plume stratified estuaries: Example of the Rhone River (France). Estuar. Coast. and Shelf. Sci., 42: 280-310.
- [19] Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y selección de la mejor alternativa del Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado (PIRES), 2000. M.I Municipalidad de Guayaquil – Lahmeyer Cimentaciones consorcio alemán- ecuatoriano.
- [20] G. Altug, N. Güler. 2002. Determination of the Levels of Indicator Bacteria, Salmonella spp. And Heavy Metals in Sea Snails (*Rapana venosa*) from the Northern Marmara Sea, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 2: 141-14.
- [21] Guzmán, R., R. Repelin, M. Luzuriaga, D. Hinojosa y M. E. Villarreal. 1991. Estudio

ecológico del mesoplancton del Golfo de Guayaquil, abundancia, ciclos nictamerales y relaciones entre el estuario del Río Guayas y el Océano. Boletín Científico Técnico 4 (2): 1-27.

- [22] Harsdted, R. & Laumond, R. 1980. Zinc, Cooper and cadmium in zooplankton from the N. W. Mediterranean. Mar. Poll. Bull., 11: (5): 133-138.
- [23] Informe Técnico de la Calidad de Agua y de descargas al Estero Salado, 2009. M.I. Municipalidad de Guayaquil, Dirección de Medio Ambiente.
- [24] León, I. 1995. Comportamiento y Distribución de los metales pesados (Fe, Cu, Cd, Mn, Cr, Ni, Zn y Pb) en la Cuenca Baja y Pluma del Río Manzanares (Cumaná – Venezuela). Trabajo de grado M.S en Ciencias Marinas. Instituto de Oceanografía de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 214 pp.

# PETROTECTÓNICA Y BIOESTRATIGRAFÍA DE LAS ARENISCAS DEL GRUPO AZÚCAR AL SUROESTE DEL ECUADOR

## *Petrotectónica and Biostratigraphy of the Sugar Group Sandstones of Southwest Ecuador*

Clelia Naranjo Freire<sup>1</sup>, Marco Tinoco Espinoza<sup>2</sup> \*

Recibido el 25 de julio de 2011; recibido en forma revisada 25 de octubre 2011, aceptado 8 de diciembre 2011

### Resumen

La mayoría de las areniscas Azúcar son litarenitas que contienen 68.4% cuarzo, 26% líticos y 5.9% feldespatos; sus líticos son 32.6% volcánicos, 37.8% sedimentarios y 29.6% cherts; y sus constituyentes mono y policristalinos son 60.7% cuarzo, 33.6% líticos total y 5.7% feldespato. Los líticos volcánicos y de cherts aumentan en dirección norte (afloramientos Zapotal norte y oeste) en 10.8% y 3.4% respectivamente.

Los diagramas de componentes esenciales (Q,F,L) y mono y policristalinos total (Qm,F,Lt) de Dickinson (1986) indican para la arenisca Azúcar una procedencia deposicional tectónica de orogenia reciclada, específicamente del tipo de colisión de orogenia.

El sistema arco-fosa del cinturón orogénico Circum-pacífico contiene típicamente depósitos de areniscas litofeldespáticas o feldespatolíticas derivadas del arco magmático volcano-plutónico (Dickinson, 1982). El conocimiento de la composición de la arenisca Azúcar y sus condiciones tectónicas de depositación permitirán optimizar su exploración y explotación petrolera en la costa sur ecuatoriana.

**Palabras claves:** Líticos volcánicos, orogenia, areniscas, tectónicas

### Abstract

Most are litharenites Sugar sandstones containing 68.4 % quartz, 26 % feldspar lithic and 5.9 % , its volcanic lithic are 32.6 % , 37.8 % and 29.6 % sedimentary cherts , and their constituent mono-and polycrystalline quartz are 60.7 % , 33.6 % 5.7 % total lytic feldspar. The cherts and volcanic lithic increase northbound ( Zapotal outcrops north and west ) by 10.8 % and 3.4 % respectively.

The essential component diagrams ( Q , F , L ) and mono-and polycrystalline Total ( Qm , F , Lt) of Dickinson ( 1986 ) indicate for Sugar sandstone depositional provenance recycled orogenic tectonics , specifically the type of collision orogeny .

The arc - trench system of the Circum - Pacific orogenic belt sandstone deposits typically contains feldespatolíticas litofeldespáticas or derived from volcano- plutonic magmatic arc (Dickinson , 1982 ) . The knowledge of the composition of the sandstone Sugar and depositional tectonic conditions to optimize oil exploration on the southern coast of Ecuador.

**Key words:** Volcanic lithic, orogeny, sandstones, tectonic

<sup>1</sup> Egresado de la Carrera de Ingeniería Geológica, Tesis de grado – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

<sup>2</sup> Ingeniero Geólogo, Director Tesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue. Consultores Ambientales.

\* marco.tinoco@geoservicios-ec.com

# 1. Introducción

En el suroeste del Ecuador una gruesa sucesión sedimentaria de edad Paleoceno Tardío y de 2750 metros de espesor, ha sido identificada como Grupo Azúcar. El Grupo Azúcar sobreyace a una discordancia pre-Paleoceno Tardío (fig. 1) y consiste de areniscas con menores conglomerados y lutitas. Se distribuye entre Salinas (provincia de Santa Elena) al oeste hasta Playas (provincia del Guayas) al este; su límite norte es la Cordillera Chongón- Colonche; y limita con el océano Pacífico al sur.

El Grupo Azúcar ha sido poco estudiado en los últimos 40 años, a pesar de que sus areniscas son reservorios que han producido más de 80 millones de barriles de petróleo en el Campo Ancón de la Península de Santa Elena.

FORMACIONES	LITOSTRATIGRAFÍA	EDADES RELATIVAS Y ZONAS BIOESTRATIGRÁFICAS	PALEOAMBIENTES
Grupo Ancón	Punta Ancón	Eoceno Medio medio - Eoceno Medio tardío. Zonas: P13 - P14; N P16; <i>Podocyrus mitra</i>	Marino de salinidad normal, plataforma externa, mezcla de aguas cálidas y frías.
	Seca	Eoceno Medio medio. Zonas: P12; N P15 - N P16; <i>Podocyrus ampla</i>	
	Socorro	Eoceno Medio temprano - Eoceno Medio medio. Zonas: P11 - P12; N P14 - N P15; <i>Thyrsocyrus triacantha</i>	
	Clay Pebble Beds	Eoceno Temprano - Eoceno Medio. Pisos: Ypresiano - Lutetiano. Zonas: P8 - P10; N P12 - N P13; <i>Dictyopora mongolfieri</i>	
Grupo Azúcar		Paleoceno. Pisos: Daniano superior - Thanetiano superior.	Marino profundo, abisal de 2000 a 3000 m de profundidad
Santa Elena		Maastrichtiano - Paleoceno	Marino profundo

Fig. 1.- Litoestratigrafía, bioestratigrafía y paleoambientes de las formaciones de la Península de Santa Elena (Ordoñez et al., 2006).

# Objetivo del Estudio

## Objetivo General

1. El objetivo de este estudio es definir la composición, procesos sedimentarios, ambiente deposicional, bioestratigrafía y condiciones tectónicas de depositación de las areniscas del Grupo Azúcar en el suroeste del Ecuador.

## Objetivos específicos

Los objetivos específicos para el estudio de las rocas del Grupo Azúcar son los siguientes:

1. Describir los distintos afloramientos del área de estudio para determinar su composición, estructura geológica y ambiente sedimentario deposicional.
2. Clasificar petrográficamente a las areniscas.
3. Definir el ambiente deposicional tectónico de las areniscas.
4. Determinar la edad y el paleoambiente de las areniscas en base a asociaciones microfósilíferas.

# 2. Materiales y Métodos

## Área de Estudio

El área de estudio de la arenisca Azúcar en el suroeste del Ecuador se encuentra ubicado al sur de la falla de La Cruz, entre los campos petroleros de Ancón y Santa Paula al oeste y los afloramientos de Playas y cerro Zapotal al este. Los afloramientos de Playas y cerro Zapotal que están ubicados en el sector este del área de estudio son los siguientes (fig. 2):

- 1.- Acantilados de Playas (provincia del Guayas).
- 2.- Zapotal Sur (provincia de Santa Elena).
- 3.- Zapotal Oeste (provincia de Santa Elena).
- 4.- Zapotal Norte (provincia de Santa Elena).



**Fig. 2.-** Mapa de ubicación del área de estudio. Al este los afloramientos de azúcar en Playas y cerro Zapotal (Sur, Norte y Oeste) y al oeste la arenisca Azúcar en el subsuelo de los campos Ancón y Santa Paula.

### Metodología

La metodología del estudio se divide en cuatro etapas o fases que son: planificación, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo de oficina.

#### Primera Fase: Planificación

- Recopilación de información.
- Planificación del trabajo
- Planificación del trabajo de laboratorio

#### Segunda Fase: Trabajo de Campo.

- Reconocimiento geológico de los sitios de afloramientos del Grupo Azúcar en el suroeste: acantilados de Playas (provincia del Guayas); y Zapotal: Sur, Norte y Oeste (en el Cerro Zapotal; provincia de Santa Elena).
- Observaciones y anotaciones geológicas del afloramiento en estudio.

#### Tercera Fase: Trabajo de Laboratorio.

- Elaboración de láminas delgadas de las muestras de rocas tomadas en el campo.
- Análisis petrográfico de láminas delgadas.
- Preparación de las muestras tomadas en el campo para bioestratigrafía.
- Separación y observación de microfósiles.
- Identificación taxonómica y nomenclatura de los géneros y especies.

#### Cuarta Fase: Trabajo de Oficina.

- Elaboración y digitación de columna estratigráfica y ubicación de datos litológicos, estructurales y muestras para cada uno de los afloramientos estudiados.
- Elaboración de mapas: localización del área de estudio, geológico local.
- Interpretación de la información obtenida en base a los análisis bioestratigráficos y petrográficos.
- Redacción de tesis.

En primera instancia se planificó reconocer tres afloramientos ubicados en el sector oeste del área de estudio: acantilados de Playas en la provincia del Guayas; presa Azúcar y Acantilados Santa Rosa en la provincia de Santa Elena. Los dos últimos afloramientos no se reconocieron por motivo de logística e integridad física. Sin embargo, en compensación se estudiaron tres afloramientos del Grupo Azúcar y que están ubicados al Sur, Norte y Oeste del Cerro Zapotal en la provincia de Santa Elena. Además, se utilizó información petrográfica de las areniscas Azúcar del subsuelo de los campos Ancón y Santa Paula (Vilema, 1998) que están ubicados en el sector oeste del área de estudio.

En los cuatro afloramientos de Azúcar se tomaron 36 muestras principalmente de areniscas y se elaboraron 33 láminas delgadas para análisis petrográficos; y se prepararon 23 muestras para estudios bioestratigráficos (tabla 2). De los campos Ancón y Santa Paula se procesó información petrográfica procedente de 9 pozos petroleros.

La clasificación empleada para determinar el nombre de la roca, ha sido la clasificación completa y modificada de Folk (1985). De acuerdo a esta clasificación Folk considera un diagrama trino, que implica la determinación de los contenidos de cuarzo (Q) feldespato (F) y fragmentos de roca (Fr) como componentes esenciales. El método de análisis petrográfico se realizó mediante conteo estadístico de 2000 puntos para cada lámina delgada (Chayes, 1956). Se emplearon diagramas triangulares de Dickinson

y Suczek (1979 y 1986) para establecer el ambiente deposicional tectónico en las areniscas.

En la preparación de las muestras bioestratigráficas se empleó la técnica para foraminíferos de Ordoñez et al., 2006. Esta técnica consiste en fracturar la roca hasta obtener un fragmento de aproximadamente 1cm de diámetro; la desintegración de la roca se realiza con un mortero de hierro, golpeando la muestra hasta que quede reducida a pequeños fragmentos. Estos fragmentos son colocados en una vasija de aluminio que se lava con abundante agua corriente; luego se procede a lavar a través de un tamiz; posteriormente son secadas y etiquetadas en un sobre.

Para la elaboración de mapas y columnas se utilizó programas como CorelDraw 12, Argis y Google Earth.

Tabla 2.- Distribución de las muestras de los afloramientos del Grupo Azúcar.

AFLORAMIENTO	CODIGO	# DE MUESTRAS	# DE LÁMINAS DELGADAS	# DE MUESTRAS PARA BIOSTRATIGRAFIA	COORDENADAS UTM
Acanuilados Playas	M01	12	10	10	561080 9709386
	M02				561214 9709316
	M03				561488 9709322
	M04				561612 9709308
	M05				566037 9707922
	M06				565823 907828
	M07				564548 9707675
	M33				564321 9707748
	M34				564050 9707859
	M35				563640 9707986
	M36				563249 9708084
	M37				562820 9708141
	S 16° O Cerro Zapotal				M08
M10		549930 9735326			
M11		549909 9735346			
M12		550020 9735474			
M12b		550020 9735474			
M13		550667 9735497			
N 6° E Cerro Zapotal	M14	6	5	3	551219 9740412
	M15				551140 9740438
	M15b				551140 9740438
	M16				550782 9740300
	M17				550644 9740323
	M18				550704 9740488
	M19				551062 9740335
	M20				551062 9740335
N 71° O Cerro Zapotal	M21	12	12	7	549547 9740908
	M22				549336 9740637
	M23				550079 9739363
	M24				550013 9739685
	M25				549944 9739662
	M26				549887 9739727
	M27				550143 9739999
	M28				549710 9739845
	M29				549720 9739944
	M30				549583 9740127
	M31				550585 9739239
	M32				550606 9739255
TOTAL		36	33	23	

### 3. Resultados y Discusión

#### Secuencias Truncadas de Bouma en las Areniscas Azúcar

En los afloramientos de Azúcar ubicados en el sector este del área de estudio, acantilados de Playas y del Cerro Zapotal, se identificaron tres tipos litológicos definidos y que son: arenisca, conglomerado y lutita.

1. La arenisca es gris clara a gris amarillenta, de grano medio a fino y localmente muy grueso, angular a subangular y escasos subredondeados; de selección regular a buena; masiva y gradada normalmente; compacta con cemento silíceo y calcáreo en partes.
2. El conglomerado arenáceo es amarillento a gris amarillento, con clastos de cuarzo, chert, rocas sedimentarias, metasedimentarias y volcánicas básicas; los clastos son redondeados a subredondeados y de selección regular a pobre y buena en partes; masivo y con gradación normal; y esta compactado con cemento silíceo. La matriz arenácea es de grano grueso, medio y en parte muy grueso.
3. La lutita es gris clara y gris verdosa, con variables cantidades de limo.

Las rocas de Azúcar del área Playas-cerro Zapotal se caracterizan por ser repeticiones sucesivas y monótonas de estratos que han sido identificadas como “secuencias truncadas” de Bouma (Ta, Tb, Te; Ta Tb, Td; Ta, Tb; y Ta).

Las rocas de Azúcar se caracterizan por ser escasas o estériles de microfósiles. De 23 muestras recolectadas en Playas-Cerro Zapotal, solo en 2 muestras de Playas se encontró microfósiles que fueron identificados como Paleoceno. La exclusiva presencia de estos foraminíferos bentónicos aglutinados indica un paleoambiente de deposición mínima de 3000 metros de profundidad, por debajo de la línea de compensación del carbonato de calcio.

La existencia de secuencias truncadas de Bouma

mas la evidencia de que sus fósiles indican profundidades mayores a 3000 metros, permite concluir que las rocas de Azúcar en el área de estudio se depositaron por corrientes turbidíticas en mares profundos. La interpretación de Azúcar como un depósito turbidítico de mar profundo ha sido anteriormente reconocido por varios autores (Moreno, 1983; Benítez, 1983; Salcedo, 1986; Marksteiner y Alemán, 1991; Jaillard et al., 1995).

**Petrografía de las Areniscas Azúcar Ricas en Cuarzo**

La composición esencial de la arenisca Azúcar en el suroeste del Ecuador es similar tanto en los afloramientos del sector este (Playas-cerro Zapotal) como en las areniscas del subsuelo del sector oeste (campos Ancón y Santa Paula). La arenisca Azúcar del cerro Zapotal (afloramientos Sur, Oeste y Norte) contiene en promedio 64% cuarzo, 31% fragmento lítico y 5% feldespato (fig. 47; tabla 18). En Playas la arenisca consiste de 68% cuarzo, 28% fragmento lítico y 4% feldespato (fig. 47; tabla 18). En el subsuelo de Ancón y Santa Paula la arenisca tiene en promedio 70.75% cuarzo, 22.5% lítico y 6.75% feldespato.

Por consiguiente, las areniscas Azúcar en el suroeste del Ecuador contienen en promedio 68.4% cuarzo, 26% fragmentos líticos y 5.88% feldespatos (fig. 47; tabla 18). Estas areniscas son en su mayoría litarenitas según la clasificación de Folk (1985; figs. 10, 11, 12, 13, 16, 17, 20, 21 y 22; tablas 3, 4, 5, 6 y 8).

Tabla 18.- Los componentes esenciales de la arenisca Azúcar en Playas-cerro Zapotal y Ancón-Santa Paula son cuarzo (65-70,8%), líticos (22,5-30%) y feldespato (5-6,8%). Los líticos sedimentarios-metasedimentarios (32-43,6%) predominan sobre los volcánicos-metavolcánicos (28,2-37%) y el cuarzo policristalino o chert (28,2-3%).

COMPONENTES DE LAS ARENISCAS AZÚCAR EN EL SUROESTE DEL ECUADOR									
AFLORAMIENTO	COMPONENTE ESENCIAL			COMPONENTE MONOCRISTALINO Y POLICRISTALINO TOTAL			COMPONENTE LÍTICO POLICRISTALINO		
	Q	F	L	Qm	F	Lt	Qp	Lv	Ls
Acantilado Playas	68	4	28	64	5	31	29	30	41
Zapotal Sur	65	4	31	60	4	36	30	34	36
Zapotal Oeste	63	5	32	58	6	36	27	46	27
Zapotal Norte	66	5	29	59	6	35	38	37	25
Promedio de cerro Zapotal	64	5	31	59	5	36	32	39	29
Promedio de Playas-cerro Zapotal	65	5	30	60	5	35	31	37	32
Promedio de los campos Ancón-Santa Paula	70,75	6,75	22,5	61,4	6,4	32,2	28,2	28,2	43,6
<b>PROMEDIO TOTAL Playas-cerro Zapotal y Ancón-Santa Paula</b>	<b>68,4</b>	<b>5,88</b>	<b>26</b>	<b>60,7</b>	<b>5,7</b>	<b>33,6</b>	<b>29,6</b>	<b>32,6</b>	<b>37,8</b>
Q (cuarzo), F (feldespato), L (lítico), Qp (cuarzo policristalino), Lv (lítico volcánico)									
Ls (lítico sedimentario), Qm (cuarzo monocristalino), Lt (lítico total)									

COMPONENTES ESENCIALES DE LA ARENISCA AZÚCAR EN EL SUROESTE DEL ECUADOR

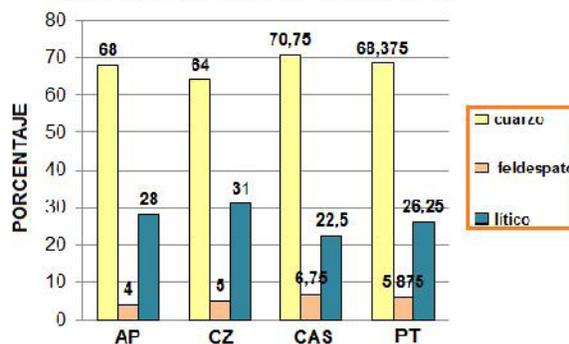
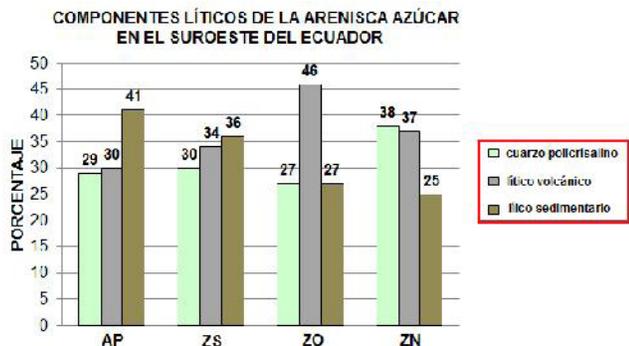


Fig. 47.- El mayor componente esencial de la arenisca Azúcar en el suroeste del Ecuador es cuarzo con 68,4% (incluido 7,7% de chert), además de fragmentos líticos con 26% y feldespato con 5,9%. AP (Acantilados Playas), CZ (Cerro Zapotal), CAS (Campo Ancón y Santa Paula), PT (Promedio Total).

Los fragmentos líticos policristalinos contenidos en la arenisca Azúcar en el suroeste del Ecuador (Playas-cerro Zapotal y Ancón-Santa Paula) presentan una ligera variación en sus porcentajes. Las areniscas Azúcar ubicadas al norte (afloramientos N y O del cerro Zapotal) muestran un aumento de 10.8% en líticos volcánicos, 3.4% en cuarzo policristalino (chert) y una disminución de 14.2% en líticos sedimentarios (fig. 48; tabla 18).



**Fig. 48.-** Las areniscas Azúcar ubicadas al norte (afloramientos N y O del cerro Zapotal) muestran un aumento de 10.8% en líticos volcánicos, 3.4% en cuarzo policristalino (chert) y una disminución de 13.2% en líticos sedimentarios AP (Acantilados Playas), ZS (Zapotal Sur), ZO (Zapotal Oeste), ZN (Zapotal Norte).

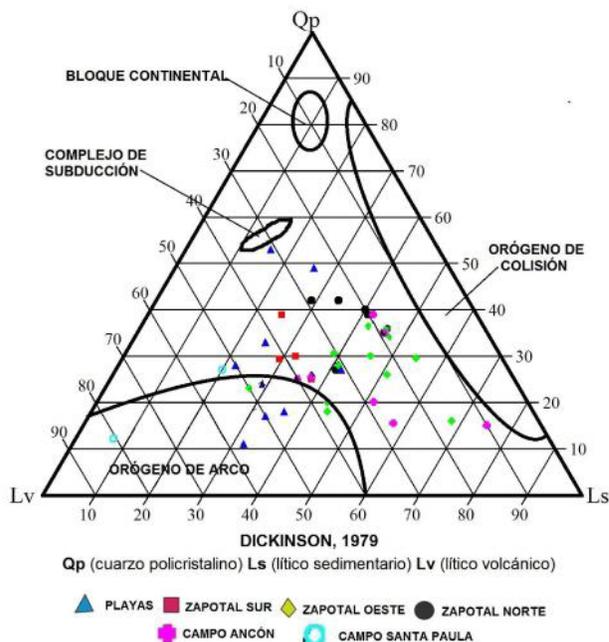
**Procedencia de Orogenia Reciclada del Tipo Colisión de Orogenia para las Areniscas Azúcar**

La utilidad de los diagramas triangulares de Dickinson (1979) para determinar el ambiente tectónico de depositación de las areniscas ha sido demostrada en muchos casos, especialmente en el cinturón orogénico Circum-pacífico.

Las 33 muestras de areniscas recolectadas en los afloramientos del sector este del área de estudio (Playas-cerro Zapotal) y las areniscas del subsuelo de 9 pozos (Vilema, 1998) en el sector oeste (campos Ancón-Santa Paula) evidenciaron una procedencia de orogenia reciclada para las areniscas Azúcar en base al diagrama triangular de componentes esenciales (Q,F,L; figs. 32, 35, 38, 41, 44 y 49; tablas 13, 14, 15, 16, 17 y 18). Este resultado fue ratificado en el diagrama auxiliar de componentes monocristalino y policristalino (Qm, F, Lt) de Dickinson (1986) que también da una procedencia de orogenia reciclada para las areniscas Azúcar (figs. 33, 36, 39, 42, 45 y 50; tablas 13, 14, 15, 16, 17 y 18). Además, los valores intermedios de cuarzo, la relación alta del cuarzo con respecto al feldespato y la abundancia de fragmentos líticos permiten concluir que las areniscas Azúcar tienen una procedencia de orogenia reciclada y específicamente del tipo de colisión de orogenia (Dickinson, 1986; figs. 34, 37, 40, 43, 46 y 51; tablas 13, 14, 15, 16, 17 y 18).

En los sistemas fosa-arco del cinturón orogénico Circum-pacífico y dentro de las cuencas antearco se depositan característicamente areniscas litofeldespáticas o feldespato-líticas derivadas del arco magmático (volcano- plutónico; Dickinson, 1982). La composición de las areniscas Azúcar en el suroeste del Ecuador contradicen a lo esperado en una área de la región Circum-pacífico ya que son litarenitas de procedencia de orogenia reciclada. Esto sugiere que otros factores tectónicos influenciaron a los depósitos sedimentarios de la costa ecuatoriana durante el Paleoceno.

**Diagrama de Componentes Líticos Policristalinos de la Arenisca Azúcar en el Suroeste del Ecuador**



**Fig. 51.-** Una procedencia entre orogenia de colisión y orógeno de arco se observa en el diagrama de componentes líticos policristalinos (Dickinson, 1979) para las areniscas Azúcar en el suroeste del Ecuador.

Es aceptado que el occidente de Ecuador consiste de terrenos oceánicos acrecidos tectónicamente al margen continental desde el Cretáceo tardío al Eoceno (Feininger y Bristow, 1980; Sheppard y Moberly, 1981; Lebrat et al, 1987; Jaillard, et al, 1995; Kerr, et al, 2002; Jaillard, et al, 2005; Toro y Jaillard, 2005). Se

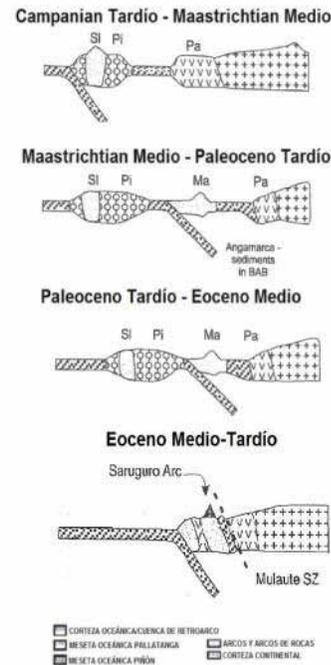
considera que el basamento de la parte sur de la costa ecuatoriana es la formación o unidad Piñón (Cretácico temprano al medio) que es una meseta oceánica de lavas básicas (Jaillard, et al, 1995; Kerr et al, 2002; Jaillard, et al, 2005; Toro y Jaillard, 2005); y que las formaciones Calentura, Cayo y Guayaquil fueron depositadas en un mar marginal durante el Cretácico tardío al Paleoceno temprano (Jaillard, et al, 1995). En este contexto se sugieren dos posibles ambientes deposicionales tectónicos para las areniscas turbidíticas Azúcar de edad Paleoceno.

Se plantea que la unidad Piñón es una meseta oceánica que fue originada en un lugar muy distante localizado al S o SO de la costa sur ecuatoriana. Esta meseta fue acrecida al margen occidental continental del Ecuador en el Eoceno por efecto de fallamiento de rumbo dextral. Las turbiditas Azúcar ricas en cuarzo que provinieron del continente, se habrían depositado sobre la unidad Piñón anteriormente a su acreción al margen continental (Kerr et al, 2002; fig 52). Moreno en 1983 también sugirió que los fragmentos de cuarzo de Azúcar provinieron de los cerros Paleozoicos de Amotape ubicados al sur (NO de Perú) y que forman parte del margen continental. Esta propuesta no presenta sustento tectónico-estratigráfico detallado y no explica el origen de los líticos volcánicos y chert en las areniscas de Azúcar.

Otro planteamiento sugiere que las condiciones tectónicas de depositación de la arenisca Azúcar se dieron en el Paleoceno tardío cuando el remanente arco insular Cayo colisiono y se acreció al margen continental Andino. Esta colisión produjo una subsidencia tectónica ubicada entre el levantamiento de la Cordillera Chongón-Colonche, el margen continental Andino y el arco insular Cayo. En esta subsidencia que es la primera cuenca de antearco o de talud en la costa sur del Ecuador, se habría depositado la arenisca turbidítica Azúcar (rica en cuarzo) de edad Paleoceno terminal (Jaillard et al, 1995; Jaillard et al, 2005; fig 53). Esta propuesta presenta detallados datos estratigráficos y tectónicos sobre la procedencia de la arenisca Azúcar y que a su vez coincide con los resultados de procedencia

obtenidos en el presente estudio en base a análisis petrográficos-tectónicos.

### Modelo tectónico del Cretácico al Eoceno Tardío en el suroeste del Ecuador.



Si, San Lorenzo; Na, Naranjal; Lp, La Portada; Rc, Río Cala; Pi, Piñón; Ma, Macuchi; Pa, Pallatanga

**Fig. 52.-** Kerr et al (2002) sugiere que Azúcar fue depositada desde el continente y sobre la meseta oceánica Piñón en algún lugar ubicado al sur y luego acrecidas al continente en el Eoceno Medio-Tardío.

En conclusión, el ambiente deposicional tectónico para las areniscas Azúcar es de orogenia reciclada del tipo de colisión de orogenia. La orogenia se produjo en el Paleoceno Tardío al colisionar el remanente arco insular Cayo con el margen continental Andino. En consecuencia, el cuarzo de las areniscas Azúcar provendría del margen continental Andino, los líticos volcánicos del remanente arco insular Cayo; y los líticos sedimentarios y chert, de la Cordillera Chongón-Colonche.

### Modelo tectónico del Cretácico Tardío al Paleoceno Terminal en el suroeste del Ecuador.

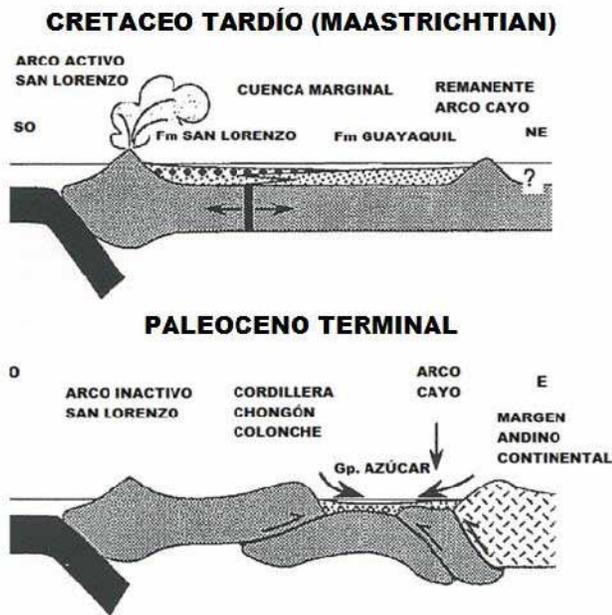


Fig. 53.- El modelo de Jaillard et al (1995) sugiere que Azúcar fue depositada sobre una cuenca de ante arco o talud, posterior a la colisión del remanente arco insular Cayo con el Margen Continental Andino en el Paleoceno Terminal.

#### 4. Conclusiones

1. Los afloramientos del Grupo Azúcar en Playas-cerro Zapotal (sector este del área de estudio) se caracterizan por repeticiones monótonas de areniscas, conglomerados y menores lutitas. Estas rocas son secuencias truncadas de Bouma (Ta, Tb y Te; Ta, Tb y Td; Ta y Tb; Ta).
2. Las areniscas Azúcar de Playas-cerro Zapotal son gris clara a gris amarillenta, de grano medio a fino y localmente muy grueso. En Playas se observo conglomerados arenáceos, de color amarillento a gris amarillento y con clastos de cuarzo, rocas sedimentarias-metasedimentarias, rocas volcánicas básicas y chert. En el subsuelo de los campos Ancón y Santa Paula (sector oeste del área de estudio) Azúcar es de tamaño fino a medio.
3. El afloramiento Playas de Azúcar permitió la identificación de foraminíferos bentónicos aglutinados de edad Paleoceno y de paleoambiente

marino profundo mayor a 3000 metros.

4. Las areniscas Azúcar en el suroeste del Ecuador son litarenitas que contienen esencialmente 68% cuarzo (monocristalino y policristalino), 26% fragmentos líticos y 5.88% feldespato; sus líticos policristalinos son 32,6% lítico volcánico, 37.8% lítico sedimentario y 29.6% cuarzo policristalino (chert); y sus componentes monocristalino y policristalino son 60.7% cuarzo monocristalino, 33.6% lítico total y 5.7% feldespato (F).
5. Los líticos volcánicos y fragmentos de cherts de la arenisca Azúcar aumentaron en 10.8% y 3.4% respectivamente en los afloramientos ubicados al norte (Zapotal Oeste y Norte).
6. Los diagramas de componentes esenciales (Q,F,L) y mono y policristalinos total (Qm,F,Lt) de Dickinson (1986) indicaron para la arenisca Azúcar una procedencia deposicional tectónica de orogenia reciclada, específicamente del tipo de colisión de orogenia.
7. En el sistema arco-fosa del cinturón orogénico Circum-pacífico se depositan típicamente areniscas litofeldespáticas o feldespátolíticas derivadas del arco magmático volcánico-plutónico. En consecuencia, la procedencia de orogenia reciclada para las areniscas Azúcar sugiere que otros factores tectónicos influenciaron su depósito en el suroeste del Ecuador.
8. No presenta mayor sustento tectónico y estratigráfico, la sugerencia de que Azúcar se depositó desde el continente y sobre la meseta oceánica Piñón (Cretácico Medio) en un lugar distante ubicado al S o SO; para posteriormente ser acrecidas tectónicamente al margen occidental continental del Ecuador en el Eoceno Medio-superior (Kerr et al, 2002).
9. La procedencia de orogenia reciclada de

las areniscas Azúcar concuerda con el planteamiento (Jaillard et al, 1995) de que Azúcar se depositó en una cuenca de antearco o talud al colisionar el remanente arco insular Cayo con el margen continental andino en el Paleoceno Tardío. Por consiguiente, los clastos de cuarzo de Azúcar procedieron del margen continental andino, los líticos volcánicos del arco remanente insular Cayo; y los líticos sedimentarios y cherts de la Cordillera Chongón-Colonche.

## 5. Recomendaciones

1. Emplear variados métodos micropaleontológicos para la datación de las areniscas Azúcar.

## Referencias

- [1] AGUILAR, R., ALEMAN A., ORDOÑEZ M., MONTENEGRO G., NOYA J., ORTEGA R. 2001. Evolución Tectonoestratigráfica y Sistema Petrolífero de la Cuenca Progreso en Ecuador y Perú. Artículo, 12 pags.
- [2] AZAD, 1968. Geology and petroleum prospects of the Santa Elena Peninsula. Anglo – Ecuadorian Oilfields Ltd., Rep. J.A. 10, Quito.
- [3] BANGS, C. BASU, A. 1994. Provenance Analysis of Muddy Sandstones. BENÍTEZ, S. 1983. Contribución al estudio de las cuencas sedimentarias del Suroeste Ecuatoriano, III Congreso Ecuatoriano de Ingenieros Geólogos de Minas y Petróleo. Tomo I.A, 2- 37.
- [4] BENITEZ, S. 1986. Estratigrafía y paleogeografía de la Cuenca Progreso, reporte de PETROECUADOR, 50 pags.
- [5] BENÍTEZ, S. 1988. Corte Geológico en el Río Bachillero de la Cordillera Chongón Colonche. CEPE. Inédito.
- [6] BENÍTEZ, S. 1991. Las cuencas cretácicas del Ecuador. VI Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas y Petróleo.
- [7] BENÍTEZ, S. 1995. Évolution géodynamique de la province cotiere sud – équatorienne au Cretacé supérieur – Tertiere. Tesis Doctoral. Géologie Alpine, Université Joseph Fourier, 256 pags.
- [8] BOLLI, H. M., BECKMANN, J., SAUNDERS, J. 1988. Benthin foraminiferal biostratigraphy of the south Coribbean region. Pag. 168 – 191.
- [9] BRISTOW, C.R Y HOFFSTETTER, R. 1977. Lexique Stratigraphique International. V.5, Amérique Latine, fasc. 5 a 2, Ecuador (Second Edition). Centre National de la Recherche Scientifique.
- [10] BRISTOW, C.R. 1975. On the age of the Zapotal Sands of Southwest Ecuador. Newsl. Stratigr., 4, 119 – 134.
- [11] BROWN, C.B Y BALDRY, R.A. 1925. On the Clay Pebble – Bend of Ancon (Ecuador). Q. Jnl geol. Soc., 81, 454 – 460.
- [12] CANFIELD, R.W. 1966. Reporte geológico de la costa ecuatoriana. Min. de Ind. Com. Quito.
- [13] CHAMNEY, T. 1977. Foraminiferal morphogroup symbol for paleoenvironmental interpretation of drill cutting samples. Artic America. Ist. Int.
- [14] COLMAN, 1970. Guidebook to the geology of the Santa Elena Peninsula. Ecuadorian geol. and geophys. Soc., Quito.
- [15] CONDIE, K. 1986. Plate Tectonics y Crustal Evolution
- [16] COTRINA, J. 1986. Informe de interpretación sísmica de La Cuenca Progreso. 34 pags.
- [17] GRAHAM, S.A., 1976. Tertiary sedimentary tectonics of the central Salinian block of California: PhD thesis, Stanford Univesidad., 216 pags.
- [18] TUNIK, M. VIETTO, M. SCIUTTO, J. ESTRADA, E. 1995. Precedencia de areniscas del Grupo Chubut en el área central de la Sierra de San Bernardo. Análisis preliminar.
- [19] VERA, R. DUGAS, F. GAVILANES, E. 1984. Consideraciones paleogeografías en base a petrología de las areniscas de las principales formaciones de la Peninsula de Santa Elena y Cuenca Progreso.
- [20] VILEMA, W. 1998. Informe petrográfico de 11 muestras de la compañía C.G.C
- [21] VILEMA, W Y COBOS, L. 2004. Corte Geológico Río Guaraguau, Derecha, El Diablo, y Grande, CIGG. Inédito.
- [22] WILLIAMS, M.D. 1947. Informes geológicos y geofísicos de la Internacional Ecuadorian Petroleum Co. Dir. Min. Petrol., Minist. Econ., Inédito.
- [23] ZUMBA, N. BENITEZ, S. 2005. Interpretación geológica – sísmica 2D en el área San Vicente Morrillo del Bloque Espol.

---

# ESTUDIO TAXONÓMICO DE LOS CRUSTÁCEOS DECÁPODOS EN LA ZONA LITORAL DE CUATRO SITIOS DE LA ISLA SAN CRISTÓBAL

---

*Taxonomic Study of decapod crustaceans in the Coastal Zone Four sites of Isla San Cristobal*

Jonathan Rodríguez Becerra<sup>1</sup>, Matilde Cornejo Gonzales<sup>2</sup>

Recibido el 7 de julio de 2011; recibido en forma revisada 2 de octubre 2011, aceptado 8 de diciembre 2011

## Resumen

Se analizaron 70 muestras colectadas en cuatro estaciones de la zona intermareal de la isla. Las muestras se conservaron en alcohol al 70% y en funda plástica. Fueron identificadas 12 especies. Se utilizaron claves taxonómicas para su identificación. Se realizaron cuadros estadísticos que demostraron la variedad y porcentaje de especies e infraórdenes. Se concluyó que la población en la isla San Cristóbal pone en riesgo la estabilidad del ecosistema y sus especies.

**Palabras claves:** Crustáceos, Zona Intermareal, Decápodos, Claves Taxonómicas.

## Abstract

The samples were preserved in 70% alcohol and plastic sleeve. 12 species were identified. Taxonomic keys were used for identification. Statistical tables were conducted that demonstrated the variety and percentage of species and infraorders. It was concluded that the population in San Cristobal island threatens the stability of the ecosystem and its species.

**Key words:** Crustaceans, Intertidal Zone, Decapoda, Taxonomic Keys.

---

<sup>1</sup> Egresado de la Carrera de Biología, Tesis de grado – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

<sup>2</sup> Magíster en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y el Medio Ambiente – Docente Facultad de Ciencias Naturales – Universidad de Guayaquil. matilde\_cornejo@yahoo.es

## 1. Introducción

El archipiélago de las islas Galápagos se encuentra a unos 1000 kilómetros al oeste de Ecuador en el Océano Pacífico, lo forman 13 islas principales: Darwin, Wolf, Pinta, Marchena, Genovesa, Fernandina, Isabela, Santiago, Baltra, Santa Cruz, San Cristóbal, Floreana, así como innumerables islotes (que aquí no se mencionan). Las islas cubren un área total de 7,882 kilómetros cuadrados, comprendiendo entre ellas, áreas que van desde 14 hasta 4.588 kilómetros cuadrados.

Desde las más remotas antigüedades al hombre le ha llamado la atención de la inmensidad del mar, sin darse cuenta del potencial y diversidad de organismos que viven en este ambiente, organismos que se encuentran interrelacionados directamente entre si de un modo activo y dinámico en las costas del archipiélago.

Hoy en día, estos conocimientos son indispensables para todo biólogo, especialmente los crustáceos que son organismos relacionados a los niveles tróficos intermedios en las cadenas alimenticias y algunos encargados de remover y oxigenar el sedimento.

En los estudios taxonómicos, con frecuencia se describían nuevos taxones a partir de un escaso y muy localizado material y se daba excesiva importancia a caracteres en el estudio de poblaciones. Se asumía, en cierto modo, la aceptación del concepto tipológico de especie, sin tener apenas en cuenta la posible variabilidad intraespecífica y las condiciones ambientales. (Emmerson, 2001).

Esto último sería el caso de diferentes especies litorales para las que no ha existido (al menos que se sepa), cuyas poblaciones van a presentar variaciones anatómicas ocasionadas por las distintas condiciones ambientales (temperatura, salinidad, etc.). Esta variabilidad deberá ser aún más acusada en especímenes de aguas someras, donde las condiciones son más fluctuantes, desgraciadamente han sido realizados muy pocos estudios sobre esta cuestión y se conoce muy poco sobre la biología de la mayoría de las especies, por ello, a veces, resulta muy difícil determinar si dos «formas» algo distintas deben o no ser

consideradas especies diferentes (Emmerson, 2001).

La fauna de Crustáceos se distribuye ampliamente por todo el archipiélago e incluye las islas septentrionales de Darwin y Wolf. Sin embargo, como otros lo han notado (Garth, 1991), las diferencias de microhábitat de sitio en sitio afectando grandemente la abundancia de crustáceos y su diversidad. Los crustáceos decápodos tienen mayor tamaño y gran beneficio para la humanidad, tanto económicamente, como alimenticia; además juegan un papel fundamental en la cadena trófica, debido a que ellos se alimentan de pequeños moluscos, camarones, algas y la vez sirven de alimento para otros animales como son los peces, mamíferos, aves....(www.galapaguide.com).

En el presente trabajo se da a conocer el estado actual faunístico de los decápodos de las costas de la isla San Cristóbal, tomando como base 4 zonas o estaciones conocidas como: La Lobería, Cabo de Horno, Puerto Ochoa y Puerto Chino, estos datos ayudarán a tener una perspectiva general sobre los grupos de especies que presenta la isla.

### Objetivo General:

1. Reconocer en base a características taxonómicas los crustáceos decápodos en la zona litoral de cuatro sitios de la isla San Cristóbal y analizar su hábitat.

### Objetivos Específicos:

1. Caracterizar el hábitat de los crustáceos decápodos en la isla San Cristóbal.
2. Identificar las distintas especies de decápodos en las cuatro estaciones escogidas para su estudio en la zona litoral de la isla San Cristóbal.
3. Formar una colección de especies de crustáceos encontradas y fotografiar.

## 2. Materiales y Métodos

### Área de Estudio

La Reserva Marina de Galápagos (RMG) fue creada en 1998 bajo la categoría de manejo y

administrada por el servicio del Parque Nacional Galápagos. El 2 de diciembre de 2001, el Comité de Patrimonios de la UNESCO anunció que la RMG era oficialmente declarada como Patrimonio Natural de la Humanidad. Con este galardón todos los ecuatorianos, en especial los galapagueños, y el gobierno del Ecuador se comprometen a conservar la riqueza de esta región marina, asegurándose que el uso de los recursos naturales sea sostenible (Tapia, 2003).

Ubicación de los sitios de muestreo.- Para la selección de los puntos de muestreo en la ecorregión, se tuvo en cuenta como referencia la Tabla de Mareas, que determinó la hora del muestreo.

Se determinaron cuatro sitios de muestreo A B C D, en cada punto se realizaron 4 colectas separadas cada 2m, para lo cual se utilizó un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> con sus respectivos subcuadrantes de 10 cm<sup>2</sup>(Fig1). Debido a la distribución de la cobertura del sustrato rocoso, la ubicación del cuadrante se realizó de manera preferencial aleatorio y se utilizó el método del Cuadrante en Diagonal tanto horizontal como verticalmente, es decir sobre sectores homogéneos arenoso- rocoso.

Identificación del material biológico.- Todas las muestras se depositaron en frascos con alcohol al 70% debidamente sellados y rotulados, luego separamos los decápodos.

### 3. Resultados

Se analizaron un total de 119 individuos de crustáceos decápodos, donde se identificó una especie de camarón del Infraorden Caridea, tres del Infraorden Anomura y ocho del Infraorden-Brachyura, ubicada taxonómicamente a continuación:

**SUPERCLASE CRUSTACEA** Pennant, 1777

**CLASE MALACOSTRACA** Latreille, 1802

**ORDEN DECAPODA** Latreille, 1803

**SUBORDEN PLEOCYEMATA** Burkenroad, 1963

**INFRAORDEN CARIDEA** Dana, 1852

**FAMILIA PALAEMONIDAE** Rafinesque, 1815

**GÉNERO Palaemon** Weber, 1795

*Palaemon ritteri* Holmes, 1895

**INFRAORDEN ANOMURA** MacLeay, 1838

**FAMILIA COENOBITIDAE** Dana, 1851

**GÉNERO Coenobita** Latreille, 1826

*Coenobita compressus*, Guerin, 1831

**FAMILIA DIOGENIDAE** Ortmann, 1892

**GÉNERO Calcinus** Dana, 1852

*Calcinus explorator* Boone, 1932

**SUPERFAMILIA HIPPOIDEA** Latreille, 1825

**FAMILIA HIPPIDAE** Latreille, 1825

**GÉNERO Hippa** Fabricius, 1787

*Hippa pacifica* (Dana, 1852)

**INFRAORDEN BRACHYURA** Latreille, 1803

**SUPERFAMILIA MAJOIDEA** Samouelle, 1819

**FAMILIA MITHRACIDAE** MacLeay, 1835

**GÉNERO Mithrax** Desmarest, 1823

*Mithrax nodosus* Bell, 1835

**SUPERFAMILIA XANTHOIDEA** MacLeay, 1838

**FAMILIA XANTHIDAE** MacLeay, 1838

**GÉNERO Ozius** (Milne Edwards, 1834) *Ozius*

*verreauxii* (Saussure, 1853) **GÉNERO Eriphides**

Rathbun, 1897

*Eriphides hispida* (Stimpson, 1860)

**GÉNERO Leptodius** (Milne Edwards, 1834)

*Cataleptodius snodgrassi* ó

*Leptodius snodgrassi* (Rathbun, 1902)

*Leptodius cooksoni* (Miers, 1877)

**FAMILIA GRAPSIDAE** Macleay, 1838

**GÉNERO Grapsus** (Lamarck, 1801) *Grapsus*

*grapsus* (Linnaeus, 1758) **GÉNERO Geograpsus**

Stimpson, 1858

*Geograpsus lividus* (H. Milne Edwards, 1837)

SUPERFAMILIA OCYPODOIDEA Rafinesque, 1815.

FAMILIA OCYPODIDAE Rafinesque, 1815  
SUBFAMILIA OCYPODINAE Dana, 1851  
GÉNERO Ocypode (Fabricius ,1798)  
Ocypode gauchaudii (Milne Edwards and Lucas, 1843)

**LAMINA I**

*Palaemon ritteri* (Holmes, 1895)



Foto 1. Vista desde un microscopio



Foto 2. Hembra ovada

Foto 3. Color en vida

**LAMINA II**

*Coenobita compressus* (Guerin, 1831)



Foto 1. Vista frontal



Foto 2. Vista dentro de su concha

**LAMINA III**

*Calcinus explorator* (Boone, 1932)



Foto 1. Vista longitudinal



Foto 2. Vista frontal de un macho

Foto 3. Vista dentro de su concha

**LAMINA IV**

*Hippa pacifica* (Dana, 1852)



Foto 1. Vista longitudinal



Foto 2. Hippa enterrándose en la arena



Foto 2. Vista ventral de una hembra

**LAMINA V**  
***Mithrax nodosus* (Bell, 1835)**



Foto 1. Vista dorsal

**LAMINA VII**  
***Eriphides hispida* (Stimpson, 1860)**



Foto 1. Vista dorsal



Foto 2. Vista ventral de un macho Foto 3. Vista ventral de una hembra

**LAMINA VI**  
***Ozius verreauxii* (Saussure, 1853)**



Foto 1. Vista dorsal



Foto 2. Vista ventral de un macho

**LAMINA VIII**

*Cataleptodius snodgrassi* (Rathbun, 1902)  
Sinónimo: *Leptodius snodgrassi*

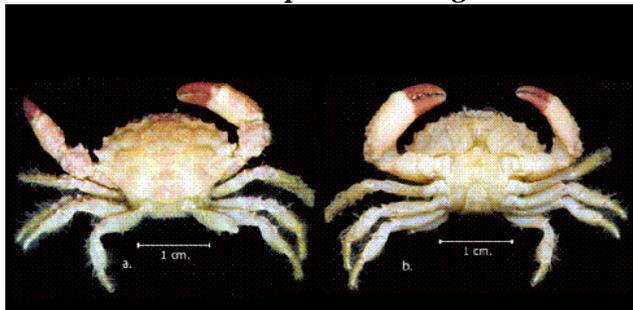


Foto 1. Vista dorsal y ventral (tomada de www.charlesdarwin.org)



Foto 2. Vista dorsal macho Foto 3. Vista ventral macho

**LAMINA X**  
*Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758)



Foto 1. Vista dorsal



Foto 2. Vista ventral macho Foto 3. Vista ventral hembra

**LAMINA IX**

*Leptodius cooksoni* (Miers, 1877) Sinónimo:  
*Xanthodius cooksoni*



Foto 1. Vista dorsal



Foto 2. Vista ventral de un macho

**LAMINA XI**

*Geograpsus lividus* (H. Milne- Edwards, 1837)



Foto 1 Vista Dorsal



Foto 2. Vista ventral macho Foto 3. Vista ventral hembra

**LAMINA XII**  
***Ocypode gaudichaudii* (Milne Edwards and Lucas, 1843)**



Foto 1. Vista dorsal



Foto 2. Vista ventral macho Foto 3. Vista ventral hembra

**Porcentaje de Especies Encontradas en las Cuatro Estaciones**

Estación A PLAYA LOBERIA comprendida entre 0°55'36.45" S y 89°36'41.92" O con una elevación de 3m, con una temperatura de 18°C – 20°C en los meses de Agosto a Noviembre con una salinidad de 5.4, el sustrato estaba intercalado de arena-piedra, encontrando las siguientes especies:

En la Tabla N.º 1 podemos observamos que *Coenobita compressus* es una especie cosmopolita que posee individuos (31.48), seguido por *Hippa pacifica* pero este solo se encontró en esa estación mientras que la especie que presenta bajo porcentaje es *Calcinus explorator* y *Grapsus grapsus*(Fig. 6).

**4. Discusión**

La comunidad intermareal de San Cristóbal no demostró cambio en la composición carcinológica respecto a la riqueza de especies y

diversidad. Las zonas estudiadas demuestran un parche de sustrato duro en un ambiente donde predomina el sustrato arenoso que en algunos sitios son gruesos y finos. Las cuatro zonas se caracterizan por tener rocas volcánicas que poseen alta heterogeneidad espacial donde se establecen macro algas, corales, esponjas, que favorecen la creación de microhábitats que albergan otros invertebrados como moluscos equinodermos y crustáceos.

Tabla 1. Porcentaje de las especies

Especies	# de especie	%
<i>Calcinus explorator</i>	1	1.85
<i>Coenobita compressus</i>	17	31.48
<i>Geograpsus lividus</i>	2	3.70
<i>Grapsus grapsus</i>	1	1.85
<i>Hippa pacifica Mithrax nodosas Ocypode gaudichaudii Ozius verreauxii Palaemon ritteri</i>	12	22.20
	4	7.40
	4	7.40
	5	9.25
	8	14.81

La fauna de crustáceos se distribuye ampliamente por todo el archipiélago e incluyen las islas Darwin y Wolf. Garth J. (1946a y 1946b) en su estudio menciona la mayoría de especies antes descritas en este trabajo, demostrando que la diversidad y riqueza de la fauna de Galápagos no ha cambiado mucho en todo este tiempo. Según Garth (1991), las diferencias de microhábitat de sitio en sitio afectan grandemente la abundancia de crustáceos y su diversidad. Los cambios climáticos, especialmente aquellos asociados con eventos de El Niño afectan también la composición fáunica: muchas especies de cangrejos braquiuros que eran comunes antes del evento de 1997-98, se volvieron escasas o se ausentaron de las recolecciones realizadas en 1998 por Hickman; a la inversa varias especies de cangrejos que no se habían registrado antes aparecieron en la otra recolección. En los últimos trabajos de Hickman, (2000) se presenta una guía de crustáceos donde se da a conocer la mega diversidad de crustáceos de Galápagos.

Entre las especies de amplio rango de distribución se puede mencionar a: *Coenobita compressus*

*Grapsus grapsus*, *Ozius verreauxii* que se puede encontrar en todo el Pacífico oriental.

Los cangrejos ermitaños corresponden al menos a 12 especies (Hickman y Zimmerman, 2000; Hendrickx y Harvey, 1999), solamente las dos especies más comunes y abundantes han sido recolectadas, uno terrestre (*Coenobita compressus*) y en la zona intermareal (*Calcinus explorator*).

#### 4. Conclusiones

1. De las 12 especies encontradas el 10% corresponde a camarones Carideos. Los cangrejos Anomuros tuvieron un 30% en relación a los cangrejos Brachyuros que tuvieron un 60% de la fauna total en el muestreo.
2. En este estudio se demuestra que la Familia Mithracidae se encontró solo en el mes de Agosto – Noviembre, donde en la isla se registró temperaturas entre 18°C y 25°C, demostrando que esta familia es de ambientes fríos- templados.
3. El 42% de la Familia Coenobitidae del Infraorden Anomura estuvo registrado en las 4 estaciones de estudio, indicando su alto rango de distribución en la zona litoral de San Cristóbal, es decir es una especie cosmopolita.
4. El 10% de la Familia Hippidae del Infraorden Anomura, se encuentra distribuido solo en ambiente arenoso grueso; localizado en la zona A playa lobería (0°55'36.45" S y 89°36'41.92" O) y en la zona B playa Punta Carola (0°55'27.31" S y 89°36'43.26" O), no así en las dos zonas restantes que poseen arena muy fina.
5. El 60% de Brachyuros poseen un alto rango de distribución a nivel de la zona intermareal en los cuatro sitios estudiados demostrando su dominio de especies.

#### 5. Recomendaciones

1. Incentivar al estudio de este grupo por motivo que los crustáceos son de gran importancia en la cadena alimentaria. Gran cantidad de ellos se alimentan de plantas y animales pequeños. Otros muchos filtran partículas de comida del agua. Los de mayor tamaño, como el camarón y los cangrejos, son a menudo omnívoros, carroñeros o depredadores. También existen algunas especies parásitas. Son ricos en proteínas y forman parte de la alimentación del hombre y de muchos otros animales.
2. En cuanto a lo económico, hacer un plan de manejo por lo que no existe una pesquería regulada para las especies encontradas en mi trabajo; a pesar de su aparición incidental en trampas langostera o redes de enmalle; se usan localmente como alimento a nivel de subsistencia. Algunas especies son explotadas para consumo humano, cuya explotación provee de ingresos económicos como la langosta roja (*Panulirus penicillatus*) y el langostino o cigarra de Galápagos (*Scyllarides astori*).
3. Es importante realizar un estudio del zooplancton para dar a conocer el aporte de gran cantidad de huevos y larvas al zooplancton, manteniendo así en parte el soporte de la biomasa que sostiene la producción secundaria de energía en la cadena alimentaria. Muchas especies de crustáceos sirven como alimento a especies de peces comerciales, como el atún. Otro aspecto importante para el hombre en la ecología de algunos crustáceos, es que se alimentan de desechos orgánicos que llegan o son llevados a las costas, manteniéndolas así limpias.
4. Identificar y dar a conocer las distintas especies de decápodos en las cuatro estaciones escogidas para su estudio en la zona litoral de la isla San Cristóbal y ampliar sus zonas de estudios.

5. Continuar con este tipo de estudio para dar a conocer las diferentes especies que se encuentran en la zona intermareal de la isla SanCristóbal.

## Referencias

- [1] Arzola, J.F. y Flores, L.M., 2010. Crustáceos Decápodos intermareal de la isla de la costa de Sinaloa México. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Autónoma- México.
- [2] Banks, S., 2002. Ambiente Físico. En: reserve Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad Marina (Danulat. E. & G.J. Edgar. eds). pp 22 – 35. Fundación Charles Darwin/Servicio Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz. Galápagos, Ecuador.
- [3] Barragán, J., 1993. Biología del cangrejo de manglar *Ucides occidentalis* (ORTMAN). (Crustacea-Decápoda: Gecarcinidae). Revista de Ciencias del mar y Limnología Vol. 3 N. -1. Marzo 1993 pag.135-149.
- [4] Bell, T., 1836. Some account of the Crustacea of the coast of South America, with descriptions of new genera and species; founded principally on the collections obtained by Mr. Cuming and Mr. Miller. Proc. Zool. Soc. London. 2. 39-66. Pl. 8-13
- [5] Bustamante. R.H., Vinuesa. L.R., Smith, F., Bancos, S., Calvopiña, M., Francisco, V., Chiriboga, A., y Harris, J. 2002. Comunidades submareales rocosas I: Organismos sésiles y Móviles mesoinvertebrados. En: Danulat, E. y G.J. (eds.) (2002): Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad. Fundación Charles Darwin / Servicio Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador, p. 38-67.
- [6] Cornejo, M., 2010. Los Crustáceos Decápodos de aguas profundas del Mar Ecuatoriano. Facultad de Ciencias Naturales. U. de Guayaquil.
- [7] Crane, J., 1947. Research Zoologist, Department of Tropical Research, New York Zoological Society. Eastern Pacific Expeditions of the New York Zoological Society. XXXVIII. Intertidal Brachygnathous Crabs from the West Coast of Tropical America with Special Reference to Ecology. Reprinted from ZOOLOGICA, Scientific Contribution of the New York Zoological Society, Vol. 32, Part 2, July 31, 1947. Chávez, F.P. y Brusca, R.C., 1991. Las Islas Galápagos y su relación con los procesos oceanográficos en el Pacífico tropical. En: Marina de Galápagos Invertebrados, MJ James (ed) Plenum Press, pp 9-33 NY
- [8] Chiriboga, A. y Ruiz, D., 2011. CDF Checklist of Galapagos Marine Crustaceans. Fundación Charles Darwin. 238 ( 216 Accepted, 20 Unidentified Taxon, 2 Doubtful. 13 de Abril 2011.
- [9] Eglis, S., Wilkinson, C. y Baker, V., 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources .2nd Edition. Australian Institute of Marine Science. Townsville. 390 pp. Emmerson, G., 2001 Convención sobre el comercio internacionales de especies amenazadas de fauna y flora silvestre. Septiembre 2001.
- [10] Fernández, R. y García, J., 1987. Estudio de una comunidad de Crustáceo Decápodos de fondos del sur de España. 51( Supl. 1) pags. 301-322. Noviembre 1987.
- [11] Hendrickx, M. E., 2003. Geographic and Bathymetric distribution of species of Munidopsis (Crustacea: Decapoda: Galatheididae) in the SE Gulf of California,
- [12] Species richness and distribution of hermit crabs of the Family Diogenidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) in the eastern Pacific. Universidad Nacional Autónoma de México, Sinaloa, Nauplius 18(1): 1-12, 2010.
- [13] Hernández, C. y Alvares, F., 2010. Crustáceos Asociados a sustrato duro en la zona de Montepío, Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 81-S41- S151.
- [14] Hickman, C. P. Jr., 2000. Guía de campo de los Crustáceos de Galápagos. Los Angeles County Museum of Natural History . (www.galapagosmarine.com)
- [15] Mora, J.M. y Campos, N., 2009. Taxonomía de larvas Zoea de Crustáceos Decápodos del Área Nororiental del Mar Caribe Colombia. Bol. Invest. Mar. Cost. 38(2): 55-73. ISSN 0122-9761. Santa Marta, Colombia, 2009.
- [16] Quirós, J. y Campos, N., 2010. Dinámica espacial de los Crustáceos Decápodos asociados a céspedes algales en el departamento de Córdoba, Caribe Colombiano. Presento 5 de mayo 2010, aceptado 20 de septiembre de 2010. Rathbun, M.J., 1898. Papers from the Hopking Stanford Galapagos expedition,
- [17] 1898-1899. VIII. Brachyura and Macrura. Proc. Wash. Acad. Sci. 4: 275-292. Rathbun, M.J., 1904. Decapoda crustaceans of the northwest coast of North America. Harriman Alaska Exped. Wash. 10: 1-190.
- [18] Rathbun, M.J., 1924. Brachyura crabs of America. Bull. U. S. Nat. Mus. 129: 1-613. Rodríguez, G., 1980. Crustáceos decápodos de Venezuela Instituto Venezolano de Investigación Científica.
- [19] Rodríguez, V., 1984. Macro-Micro crustáceos “crustáceos del mogote y alrededores” México.

## NORMAS PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales es una revista científica-académica de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Su objetivo es contribuir a la socialización y debate de la producción científica ámbito de la Ciencias Naturales y Ambientales. La revista se publica anualmente en el mes de diciembre.

Los autores pueden someter sus trabajos en la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales, ya sea en español o inglés. Con el propósito de acelerar el proceso de edición, deben asumir los siguientes lineamientos, puesto que los artículos que no lo sigan serán rechazados o devueltos para que se realicen las correcciones pertinentes.

### Tipos de artículos

1. Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales publicará artículos sobre los diversos aspectos de las Ciencias de la Vida, Biología Vegetal (Botánica), Biología Marina; Ciencias de la Tierra y del Espacio, Geología, Geología Aplicada a la Ingeniería, Geología Ambiental; Oceanografía, fundamentalmente de tres tipos:
  - De investigación, que reportan investigación empírica original relacionada con la educación, usando enfoques cualitativos, cuantitativos o mixtos.
  - De revisión, que contribuyan al progreso de la producción de conocimiento en alguno de los ámbitos de la educación. Se trata de manuscritos orientados a sintetizar investigación científica previa, a discutir problemas metodológicos, conceptuales o implicaciones de política educativa.
  - De discusión, que contribuyan a la discusión de política educacional latinoamericana.
  - No se publicarán artículos que expresen exclusivamente opiniones, anécdotas o interpretaciones no fundamentadas.

### Originalidad

2. Los trabajos deben ser originales y no deben estar siendo evaluados simultáneamente en otra publicación.

### Componentes de los escritos

3. La estructura de los documentos presentados contendrán al menos los siguientes apartados:
  - Título (Español e Inglés)
  - Resumen y Abstract (Español e Inglés)
  - Palabras clave (Español e Inglés)
  - Introducción
  - Materiales y Métodos
  - Resultados y Discusión
  - Conclusiones y Recomendaciones
  - Bibliografía referencial

1. La página "Título" debe incluir la siguiente información:
  - a. Título del artículo;
  - b. Nombre completo del autor o de los autores;
  - c. Grado profesional;
  - d. Nombre y dirección completa del centro de estudio o trabajo actual, incluyendo números y correo electrónico si lo tienen.

Los datos personales facilitados por los autores a esta revista se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito.

5. El Resumen y el Abstract deben ser escritos en español e inglés; y no deben superar las 200 palabras respectivamente. Deben resumir la información sobre el propósito/objetivos/hipótesis del trabajo, una breve descripción de los participantes, instrumentación, procedimiento y resultados.
6. Después del Resumen y Abstract se indicarán 4 palabras clave en español e inglés, que no sean repetitivas del título del artículo. Con este fin se utilizará el Vocabulario Controlado, 4<sup>o</sup> edición del IRESIE (disponible en: [http://www.iisue.unam.mx/seccion/bd\\_iresie/vocabulario.pdf](http://www.iisue.unam.mx/seccion/bd_iresie/vocabulario.pdf)), o el Tesoro de la UNESCO (Consulte en: <http://databases.unesco.org/thesp/>).
7. La Bibliografía referencial debe incluir todas y únicamente las publicaciones referidas en el texto.

### Normas de estilo

8. Los trabajos deben ser compatibles con Microsoft Word. La extensión no debe superar las 7000 palabras, incluyendo el título, el resumen, las referencias bibliográficas, tablas y figuras.
9. Deben estar configurados en formato A4, con letra Times New Roman de 12 puntos con interlineado de 1,5.
10. Los cuadros, gráficos, tablas, mapas, figuras, fotografías, etc. deberán incluirse en el cuerpo del documento con una resolución de 300 dpi. Los pies de tabla se colocan en la parte superior de las mismas centradas y los pies de gráficos/figuras en la parte inferior.
11. Para la redacción de los trabajos los autores deberán apearse a las pautas del Manual de Estilo de la American Psychology Association (APA –6<sup>o</sup> edición). Consulte: <http://www.apastyle.org/>. de acuerdo con los siguientes ejemplos:

Cuando se haga referencia de manera general a una obra, se escribirá el apellido del autor, el año de edición y el número de página, dentro de un paréntesis: (Alberti, 2002: 39) o en el caso de dos autores (Rodríguez y García: 1998: 56); si son más de dos autores se anotará (Sánchez et al., 2003). Ejemplo:

“Escuchar es la manera como se compone todo aquello que nosotros logramos construir y establecer como verdade-

ro. He ahí el punto ciego” (Jaques Poulain, 2004: 16-17), porque lo tomamos como valor absoluto, lo establecemos en nuestras mentes a través de los que vemos y oímos, lo convertimos en verdades que apoyan a nuestros valores de interrelación con los otros para sentirnos aceptados, armonizando con nuestras ideas para compartirlo con nuestros compañeros sociales.

En el caso de utilizarse obras del mismo autor publicadas en el mismo año, se ordenarán alfabéticamente y se les distinguirá con una letra minúscula des pués del año: “La poesía no puede sacar partido del arrepentimiento, pues no bien se plantea este último, el escenario es interno” (Kierkegaard, 1992a: 79). “Un momento así exige tranquilidad, no debe ser perturbado por la reflexión” (Kierkegaard, 1992b: 100).

La bibliografía debe estar escrita en el mismo sistema, ordenada alfabética y cronológicamente según corresponda. No usar mayúsculas continuas. Los apellidos y nombres de los autores deben estar completos, es decir, no deben anotarse solo abreviaturas. Como norma general, los títulos de libros se reseñarán en cursiva; y los títulos de artículos, entre comillas y tipografía normal; ejemplo, véanse los siguientes ejemplos:

#### **Para libros**

Grize, Jean (1990), *Logique et langage*, Paris: Ophrys.

Dogan, Matei y Robert Pahre (1993), *Las nuevas ciencias sociales: la marginalidad creadora*, México: Grijalbo.

Poulain, Jaques citado en Álvarez González, Freddy Javier, Módulo 2, *Educación Ciencia y Sociedad*, Universidad Politécnica Salesiana, Unidad de estudios de posgrados, Quito, abril 2005.

Quijano, Anibal: “Colonialidad del Poder, Eurocentrismo y América Latina”. En Edgardo Lander, comp. *Colonialidad del Saber, Eurocentrismo y Ciencias Sociales*. CLACSO-UNESCO, 2000.

#### **Para revistas o capítulos de libros**

Giménez, Gilberto (2003), “El debate sobre la prospectiva de las ciencias sociales en los umbrales del nuevo milenio”, en *Revista Mexicana de Sociología*, año 65, núm. 2, México: UNAM.

Morley, David (1998), “Debate mediático: interpretando las interpretaciones de las interpretaciones”, en Curran, James et al. [comps.] *Estudios culturales y comunicación*, España: Paidós Comunicación.

#### **Para referencias a sitios web**

Se indicará la ruta completa del trabajo señalando la fecha de consulta: Romero, Ernesto (2005), “Estudios sociológicos contemporáneos”, en *Sociología general*, núm. 35, México: unam. <<http://www.iis.unam.mx/biblioteca/principal.html>> [22 de enero de 2006]

### **Proceso editorial**

12. El documento recibido por el editor responsable pasa por

dos procesos de selección:

- a. El primero se lleva a cabo en el Consejo Editorial Interno, quien determinará la pertinencia y solvencia científica del manuscrito.
  - b. El segundo proceso lo realiza el Consejo Editorial Externo, según el sistema de revisión por pares (doble ciego). En el caso de resultados discrepantes se remitirán a un tercer dictamen, el cual será definitivo.
13. Desde la Secretaría del Consejo Editorial se notificará a los autores la decisión de los evaluadores en cuanto a la aceptación, solicitud de revisión o rechazo del artículo.
  14. Si el artículo es aceptado para la publicación, los editores combinarán los comentarios de los revisores con sus propias observaciones editoriales y regresarán el manuscrito al autor principal para su revisión final. El autor debe entonces realizar las correcciones y cambios necesarios. Usualmente el tiempo dado para los cambios no será mayor a dos semanas.
  15. La coordinación editorial de la revista se reserva el derecho de hacer corrección de estilo y cambios editoriales que considere necesarios para mejorar el trabajo.
  16. Una vez diagramado el texto, se enviará una prueba de composición del artículo para corregir errores y su aprobación. En este punto no será posible hacer cambios en el manuscrito, sino solamente corregir errores. El autor debe retornar la prueba de impresión a los editores máximo una semana después de haberla recibido.
  17. Si un artículo es publicado en *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, el primer autor recibirá por correo postal tres ejemplares de la revista en la que ha sido publicado su trabajo.

### **Declaración de responsabilidad**

18. Como parte del proceso de envío, se requiere que los autores indiquen si sus envíos cumplen con las siguientes indicaciones:
  - a. El envío no ha sido publicado previamente ni se ha enviado previamente a otra revista (o se ha proporcionado una explicación al Editor responsable).
  - b. El fichero enviado está en formato Microsoft Word o compatible, y no tiene una extensión superior a 7000 palabras.
  - c. El texto tiene interlineado 1.5; el tamaño de fuente es 12 puntos y el tipo es Times New Roman; y todas las ilustraciones, figuras y tablas están dentro del texto en el sitio que les corresponde y no al final.
  - d. El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo de la American Psychology Association (APA).
  - e. La página “Título” incluye todos los datos identificativos de los autores.

## **Derechos de autor**

19. Las obras que se publican en esta revista están sujetas a los siguientes términos:
  - a. El Servicio de Publicaciones de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil (la editorial) conserva los derechos patrimoniales (copyright - © 2010, Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, Ecuador) de las obras publicadas, y favorece y permite la reutilización de las mismas bajo la licencia de uso indicada en el literal b.
  - b. Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales se publica en versión escrita bajo una licencia

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ec/>. Se pueden copiar, usar, difundir, transmitir y exponer públicamente, siempre que: i) se cite la autoría y la fuente original de su publicación (revista e editorial); ii) no se usen para fines comerciales; iii) se mencione la existencia y especificaciones de esta licencia de uso.

## **Presentación**

20. Los artículos deben ser enviados mediante archivos adjuntos al e-mail: [info@fcennugye.com](mailto:info@fcennugye.com), con copia al Editor responsable: [carmenbonifaz@hotmail.com](mailto:carmenbonifaz@hotmail.com)

## CONTENIDO

Plan de Contingencia para Derrames de Hidrocarburos en las Líneas de Flujo en el Campo Cuyabeno de Petroproducción .....	<i>Carla Torres &amp; Kléber Tapia</i>	3
Diversidad de Condrichthyes y Osteichthyes en tres Ecosistemas Marinos: Manglar, Arrecife Coralino y Rocoso de la Zona Submareal de la Isla San Cristóbal .....	<i>Ernesto Vaca &amp; Luis Muñiz</i>	13
Concentración de Metales Pesados (Cr total, Pb, Cd) en Agua Superficial y Sedimentos en el Estero Salado (Guayaquil).....	<i>Mariana Alcívar, Jessica Mosquera &amp; Rubén Castro</i>	28
IPetrotectónica y Bioestratigrafía de las Areniscas del Grupo Azúcar al Suroeste del Ecuador .....	<i>Clelia Naranjo &amp; Marco Tinoco</i>	41
Estudio Taxonómico de los Crustáceos Decápodos en la Zona Litoral de Cuatro Sitios de la Isla San Cristóbal .....	<i>Jonathan Rodríguez &amp; Matilde cornejo</i>	50



UNIVERSIDAD  
DE GUAYAQUIL



Facultad  
de **Ciencias Naturales**