

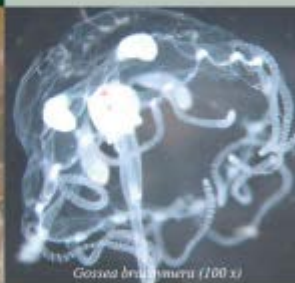
ISSN: 1019-6161  
Área Ciencias de la Vida  
Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad de Guayaquil

No. 4 2010

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

# APRENDIZAJE Y DIFERENCIACION DE FORMAS Y TEXTURAS DE OBJETOS POR PARTE DE MURCIELAGOS NECTARIVOROS (PHYLLOSTOMIDAE: ANOURA)

*Learning and Differentiation Shapes and Textures of Objects by Nectar Bat Party (Phyllostomidae: Anoura)*

Guillermo Gilbert Jaramillo<sup>1</sup>, Roger Macías<sup>2</sup>

Recibido el 15 de julio de 2010; recibido en forma revisada 11 de octubre 2010, aceptado 29 de noviembre 2010

## Resumen

Durante los meses de Julio y Diciembre del 2010 se capturaron siete microquirópteros nectarívoros a ambos lados de la cordillera de los Andes en bosques nublados del Ecuador, cuatro *Anoura caudifer* y tres *Anoura geoffroyi*, los cuales fueron sometidos a tres pruebas distintas, primero para comprobar el aprendizaje de formas geométricas, donde ninguna de las especies demostró estadísticamente un aprendizaje significativo, otra prueba fue una variación de 'Delayed non matching for sample', para observar la curiosidad ante formas nuevas, donde se comprobó que acuden de manera casi igual a la forma antes vista como a las nuevas y también se analizó la preferencia entre texturas o formas de los objetos en la búsqueda del alimento, donde se observó que se guían usando ambas señales.

**Palabras Clave:** Aprendizaje asociativo, ley del efecto, búsqueda de objetos, concepto de formas, curiosidad.

## Abstract

During the months of July and December of 2010 nectar feeding bats were captured on both sides of the Andes in Ecuador's cloud forest, four *Anoura caudifer* and three *Anoura geoffroyi*, were tested, first to check the Learning of geometric shapes, where none of the species showed statistically significant learning, another test was a variation of 'Delayed non matching for sample' to see the curiosity about new forms, which found that nearly the same way come to previously known form as the new ones and also analyzed the preference between textures or shapes of objects in search of food, where it was found that they use both signals.

**Key words:** Associative learning, law of effect, searching for objects, concepts of shapes, curiosity.

---

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

<sup>2</sup> Diplomado en Docencia Superior, Naturalista, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue. Director del Museo, Profesor de Taxidermia.

## 1. Introducción

La vida social de los murciélagos es ciertamente compleja, estos exhiben diversas actividades; se ha registrado que algunas especies de la familia phyllostomidae, como *Sturnira lilium* y *Carollia persipillata*, son gregarios, y viven en grupos de más de 10 individuos, dentro de grandes cavidades en árboles (Ortiz D. et al. 2006) [1]. *Artibeus obscurus* habita tanto en construcciones humanas como en cuevas, junto a otras especies de murciélagos, revelan diferencias de horarios de actividad, siendo atribuido esto al sexo, el clima (estación lluviosa o seca), competencia de espacio, necesidades energéticas, incluso a mecanismo de protección de crías, ya que no permanecen solas en la cueva (Sampedro M., 2009) [2]. Han sido descritas 2 estrategias de atención hacia las crías durante la actividad nocturna, aquellos murciélagos que no pueden cargarlas durante el vuelo las dejan agrupadas dentro de las cuevas para que no pierdan el calor corporal y cuidadas por ‘niñeras’ y las que si pueden llevarlas durante el forrajeo las cuidan ellas mismas. (Hill J. & J. Smith 1984) [3].

Estos y diversos otros estudios nos revelan una gran complejidad social en murciélagos, los cuales nos hace suponer que el desarrollo cerebral y por ende cognitivo de éstos puede ser alto.

### Antecedentes

Los vertebrados nectarívoros del nuevo mundo pertenecen principalmente a las familias Phyllostomidae (murciélagos) 34 especies en total, y Trochilidae (colibríes) casi 330 especies, siendo la diversidad y riqueza regional de ambos grupos más alta en el noreste de Suramérica y sur de Centroamérica. La diversidad de murciélagos nectarívoros va de 1-6 por sitio, mientras que la de colibríes de 3-28 por sitio. Siendo el factor principal de esto la riqueza de flores (Fleming T. et al. 2005) [4].

Estudios realizados en nuestro país, identifican diversas especies de plantas polinizadas por murciélagos, y demuestran la importancia del

mutualismo entre ambos (Planta/murciélago). Muchhala & Jarrin, 2002 [5], reportan 4 especies de *Burmaistera* (campanulácea), *B. truncata*, *B. sodiroana*, *B. succulenta*, *Burmaistera* sp.; *Pitcairnia brongniartiana* (Bromeliaceae); *Markea* sp. (Solanaceae); *Meriania pichichensis* (Melastomataceae); *Marcgravia coriacea* (Marcgraviaceae).

V. Helversen et al. 2002 [6], sugirió que los murciélagos son capaces de reconocer las flores como tales, y probablemente otros objetos también, no solo por una condición espectral característica del eco, sino también mediante la comparación secuencial que se hace del eco, tomando en cuenta la posición exacta en relación con el objeto.

Se han desarrollado diversos tipos de pruebas para el análisis de las habilidades cognitivas. Uno de los más usados es el ‘delayed non- matching to simple (DNMS)’ prueba utilizada ampliamente en ratones según describe el trabajo de Dudchenko (2004) el cual explica que requiere que el organismo recuerde un estímulo, luego de un tiempo en el cual el estímulo ya no está presente, le será presentado ese mismo estímulo que había sido suprimido, y otro alternativo. Gran cantidad de autores como Aggleton (1985) Ennaceur and Delacour (1988), Dix and Aggleton (1999), Rothblat and Hayes (1987), Mumby (2001), etc. han realizado sus propias variables de esta prueba para sus experimentos (Dudchenko P., 2004) [7].

### Hipótesis:

**H0 (1):** Los murciélagos nectarívoros de la familia Phyllostomidae tienen la capacidad de aprender formas de objetos.

**H0 (2):** Los organismos en estudio pueden diferenciar y recordar formas de objetos previamente aprendidas y discriminarlas de otras formas nuevas.

**H0 (3):** Los murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae) se guían más por la forma del objeto y no por la textura de éste, para localizarlos.

## Objetivos

### Objetivo General:

1. Comprobar la capacidad de aprendizaje y diferenciación de formas y texturas de objetos en los murciélagos nectarívoros de la familia *Phyllostomidae*.

### Objetivos Específicos:

1. Analizar la reacción del murciélago ante la variación de la prueba de DNMS planteada en este proyecto.
2. Comprobar la preferencia entre la forma y la textura para encontrar los objetos aprendidos.

## 2. Materiales y Métodos

### **Área de Estudio**

Se realizaron muestreos en cuatro lugares a lo largo de la cordillera de los Andes en Ecuador, tres en la zona Oriental y una en la zona Occidental (imagen en anexos), los lugares de muestreo fueron, el Bosque Protector Río Guajalito (BPRG), Yanayacu biological station & center for creative studies, Domono y Tapichalaca.

### Zona Occidental:

“Los bosques de la zona Occidental de los Andes son considerados como uno de los lugares de mayor biodiversidad y endemismo en el Ecuador. Debido a las condiciones climatológicas y geográficas existe una alta densidad y diversidad de plantas y animales endémicos para esta área. (Robayo J. et al. 2004) [8]”.

#### *Bosque Protector Río Guajalito (BPRG)*

BPRG, se encuentra dentro de la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. De acuerdo al Instituto Geográfico Militar (IGM), esta zona se halla en un lugar denominado Hacienda Las Palmeras. Localizado en la antigua vía Quito – Santo Domingo de los Tsáchilas, kilómetro 59 entre las poblaciones de Chiriboga y Bellavista, en el

Occidente de Quito a las faldas del volcán Atacazo. El rango altitudinal fluctúa entre los 1800 y 2300 m.s.n.m. Pertenece a un ecosistema calificado como Bosque de Neblina Montano. El BPRG, comprende una extensión de 710 ha, las mismas que han sido destinadas a la conservación, investigación, turismo y desarrollo sustentable. La deforestación ocasionada por el impulso de colonización y la búsqueda de fuentes de trabajo durante los años 1940 y 1950 y posteriormente la Reforma Agraria de 1964, han ocasionado una gran presión sobre los recursos naturales de la zona. La pérdida de los bosques es muy notoria, lo cual va acompañado de una disminución de los recursos biológicos y genéticos, por lo que la protección de esta área se hace de importancia eminentes frente a la constante amenaza de desaparición y pérdida de hábitats en buen estado para la sobrevivencia tanto de especies vegetales como animales en estado silvestre. (Robayo J. et al. 2004) [8].

### Zona Oriental:

#### *Yanayacu biological station & center for creative studies, Cosanga-provincia de Napo*

En las laderas del volcán Antisana, Yanayacu es parte de uno de los más grandes gradientes altitudinales intactos en los Andes orientales (250-5000m). La estación se encuentra a una altitud de 2100 m, pero no hay acceso por carretera a elevaciones de 300 a 4.300 m (aproximadamente 1,5 a 2 horas a cualquiera de los extremos). Yanayacu se encuentra en la provincia de Napo, a 5 km al oeste de la pequeña ciudad de Cosanga, y 20 km al sur de Baeza. Las coordenadas son: 00 36 S, 77 53 W.

La tierra alrededor de la estación se compone de un 80% de bosque primario, y se conecta directamente con otras reservas alrededor de los volcanes Antisana y Sumaco. La superficie restante está abandonada pastizales para el ganado, pero abundan las grandes extensiones de bosque continuo. Un sistema de senderos bien establecidos proporciona el acceso a la mayoría de las áreas de la reserva.

### Domono

La cordillera de Domono alto está localizada en la alta Amazonía, estribaciones de la Cordillera Real u Oriental, en el centro oriente del territorio ecuatoriano y al extremo oriental del Parque Nacional Sangay, a 347 Km de Quito. Domono alto pertenece a la Parroquia San Isidro, Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago. Se encuentra a 30 minutos en autobús (12 Km) de la cabecera cantonal Macas por la vía a San Isidro (Mapa 1). El Bosque se caracteriza por la irregularidad topográfica y un inestable nivel de pluviosidad. El relieve presenta pendientes poco profundas, quebradas abiertas y ramales montañosos. (Brito J., 2009) [9].

### Tapichalaca

Esta reserva se estableció para proteger el tipo local y solo la conocida gama de la recién descubierta *Jocotoco Antpitta* (*Grallaria ridgelyi*). La reserva, la cual protege a una inusual área húmeda de bosque de zona templada en la ladera oriental de los Andes, está situada a lo largo del sendero a la Quebrada Honda por debajo de Cerro Tapichalaca. Además de la *Antpitta*, la reserva es también el hogar de otros grupos vulnerables de gama restringida de aves como *Bearded Guan*, *Golden-plumed Parakeet*, *Rufous-capped Thornbill*, y *Masked Saltator*. La reserva es también el hogar del *Spectacled Bear* y el *Woolly Mountain Tapir*.

La reserva, que incluye el Cerro Tapichalaca, abarca aproximadamente 2000 hectáreas y una elevación que va desde 2000m a 3400 m. Es adyacente a la zona sur del Parque Nacional Podocarpus, lo que aumenta su valor para la conservación.

### **Metodología**

Se realizaron 4 salidas de campo, entre los meses de julio y diciembre del 2010, cada salida tuvo una duración de entre 12 a 15 días. Durante este tiempo se trabajó a diario de 6 pm hasta las 12 am. Se colocaron redes de niebla en el bosque, se identificaron las muestras colectadas utilizando la guía de campo “Mamíferos del Ecuador” (Tirira, 2007) [10] y se liberaron todos los organismos,

menos los murciélagos nectarívoros de la familia Phyllostomidae, género *Anoura*.

Estos especímenes atrapados se los colocaron en tiendas por 2 o 3 días (dependiendo del proceso de aprendizaje) y se realizaron los experimentos.

Se trabajó con cada murciélago por 2 – 3 días en las carpas previa su liberación, se los alimentó con azúcar disuelta en agua en un tubo de ensayo según los métodos y procedimientos empleados por Muchhala N. (2007) [11] para el correcto mantenimiento del organismo en estudio.

Se trabajó con un total de 7 murciélagos, a cada organismo se le realizó las siguientes pruebas:

### Fase de aprendizaje

Durante la fase de aprendizaje al murciélago se le presentó 3 objetos de tamaños parecidos pero de forma totalmente diferente, cuadrado, triángulo y círculo, la forma triangular contenía el alimento (azúcar diluida en agua) y fue la forma que el murciélago debía aprender.

Las formas fueron elaboradas con foamy (fomix) liso y corrugado.

Para evitar que el murciélago haga uso de la memoria espacial al encontrar las formas; se cambiaron de posición las formas cada 30 minutos, manteniendo siempre como forma premiada a la triangular. Se realizó esta fase entre tres y cuatro horas seguidas en la misma noche, dependiendo de dos factores, de las condiciones climáticas y de la hora de inicio (relativa a la hora de captura). Posterior a esto se realizan los experimentos.

Durante cada experimento, se dejó descansar al murciélago por unos minutos, dejando alimento en tubos de ensayo con la forma premiada anteriormente, esto se realizó debido a que se ha observado la pérdida de interés del organismo al buscar en tubos vacíos, el momento en el cual se dio alimento al espécimen dependió de el grado de agotamiento de cada uno así como las condiciones climáticas.

Se dividieron los siete individuos colectados en dos grupos de cuatro murciélagos para el grupo 1 y tres para el grupo 2, al primer grupo se le enseñó la forma triangular confeccionada en foamy liso, y

para el grupo dos se le enseñó con foamy rugoso, esto para tener información tanto de aprendizaje de formas con textura lisa y de formas con textura rugosa, y poder demostrar si existe alguna facilidad o dificultad de aprendizaje e identificación dependiendo de la textura.

### Experimentos

#### Experimento #1: Delayed non matching for sample (variación)

Usando el mismo principio de discriminación del DNMS, se comprobará tanto el grado de aprendizaje como la capacidad del murciélago de diferenciar otras formas.

Esta prueba consta de 3 fases, las cuales van a tener ciertas variaciones.

1.- Muestra.- En ésta se le muestra comúnmente 2 objetos iguales al espécimen, pero esta fase va a ser reemplazada por la fase de aprendizaje descrita para el día 1.

2.- Retraso.- Este es un tiempo que se espera, en este experimento se usó el tiempo que transcurre entre el día de enseñanza a el día de pruebas.

3.- Elección.- Se enfrentó la forma enseñada con formas totalmente nuevas para el murciélago (estrella y pentágono).

Se realizaron 40 pruebas por murciélago. Solo se tomó en cuenta la primera visita realizada por el murciélago y de inmediato se cambió aleatoriamente las formas y la posición dentro de la carpa.

Esta prueba se realizó para evaluar la capacidad cognitiva de los murciélagos para diferenciar formas, su curiosidad por formas nuevas y su capacidad de memoria.

#### Experimento #2: Comprobación del aprendizaje

Para comprobar el aprendizaje, se enfrentó dos de las formas utilizadas en la fase de aprendizaje, una fue el triángulo siendo este liso o rugoso (dependiendo a qué grupo pertenece el espécimen) y la otra se alternó aleatoriamente entre el círculo y el cuadrado usados anteriormente, estos

confeccionados también con la misma textura del triángulo (Figura 1). Se realizaron 40 enfrentamientos de formas. Para esta prueba se tomó en cuenta solo la primera visita que realizó el murciélago e inmediatamente se procedió a cambiar aleatoriamente las formas y la posición de éstas dentro de la carpa. Cada cierto tiempo, dependiendo la conducta observada por el animal, se le suministró alimento colocando el tubo de ensayo dentro de la carpa. Esta prueba evalúa la capacidad de aprendizaje del murciélago.

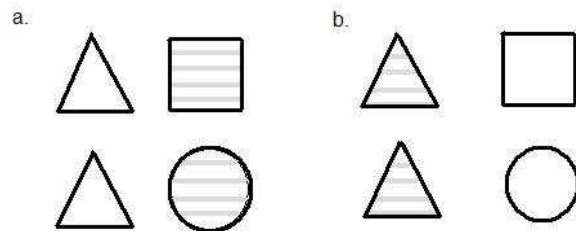


Figura 1. pares de formas enfrentadas en la prueba de aprendizaje por A. geoffroyi y A. caudifer.

#### Experimento #3: Enfrentamiento entre forma y textura

En este experimento se enfrentó el aprendizaje de formas con el de las texturas.

Para el grupo 1 (triángulo liso) se le enfrentó un triángulo hecho con textura rugosa, frente a un cuadrado o círculo de material liso. De igual manera para el grupo 2 (los organismos entrenados con triángulo rugoso) se enfrentó un triángulo hecho con una textura lisa, contra un cuadrado o círculo de material rugoso. La forma cuadrado y círculo en ambos grupos fue cambiada aleatoriamente, igual que las posiciones en la carpa. Se realizaron 40 enfrentamientos por organismo. De igual manera se tomó en cuenta sólo la primera visita realizada e inmediatamente se procedió a realizar otra, hasta completar las necesarias.

Este experimento puso a prueba el aprendizaje de la forma propiamente dicha y de la textura de la misma, demostrando si el murciélago en el proceso de búsqueda a pequeña escala se basa en la forma aprendida o es más fácil para él guiarse por la textura conocida al encontrarla en formas desconocidas.

### 3. Resultados

#### Prueba de aprendizaje

A los especímenes se le permitió acostumbrarse a la presencia de la persona que realizó la prueba; durante los días que se trabajó con los especímenes, e incluso durante las horas que se trabajaba con cada uno, los datos se acercaban ocasionalmente a lo esperado, pero fluctuaban de un momento a otro. En nuestros experimentos observamos que a veces, luego de mover las formas de lugar, el murciélago voló en líneas casi rectas hacia la forma previamente enseñada, y muy a menudo el espécimen voló entre ambas formas presentadas antes de intentar alimentarse de alguna de ellas. Los datos fueron analizados con el programa estadístico STATISTICA 7, hallando el valor p con ANOVA de una vía.

En general, para *A. caudifer*, con 160 visitas registradas de los 4 especímenes con los que se trabajó, el 54.3% de visitas fueron correctas ( $p=0.214$ ) y para *A. geoffroyi*, con las 120 visitas registradas de los 3 especímenes utilizados, el 46.66% de visitas fueron correctas ( $P=0.967$ ).

Como se observa en la figura 2, el experimento se dividió en 2 enfrentamientos de formas, con *A. caudifer*, para el enfrentamiento a. se observó un 62.5% ( $P=0.602$ ) de respuestas correctas y para el enfrentamiento b. un 47.5% ( $P=0.147$ ); en *A. geoffroyi*, el enfrentamiento a. mostró un 51.66% ( $P=0.938$ ) y el enfrentamiento b. 41.66% ( $P=0.936$ ) de respuestas correctas. (Tabla 1, figura 3).

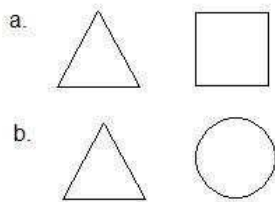


figura 2. pares de formas enfrentadas en la prueba de aprendizaje (sin considerar las texturas usadas) por *Anoura geoffroyi* y *Anoura caudifer*.

Tabla 1. Diferenciación de formas y Aprendizaje por *Anoura caudifer* y *Anoura geoffroyi*.

|                     | Par enfrentado           | Número de visitas | Porcentaje | Valor de P |
|---------------------|--------------------------|-------------------|------------|------------|
| <i>A. caudifer</i>  | Triángulo -suma de ambos | 160               | 54.3       | 0.214      |
|                     | Triángulo - cuadrado     | 80                | 62.5       | 0.602      |
|                     | Triángulo -Círculo       | 80                | 47.5       | 0.147      |
| <i>A. geoffroyi</i> | Triángulo -suma de ambos | 120               | 46.66      | 0.967      |
|                     | Triángulo - cuadrado     | 60                | 51.66      | 0.938      |
|                     | Triángulo - Círculo      | 60                | 41.66      | 0.936      |

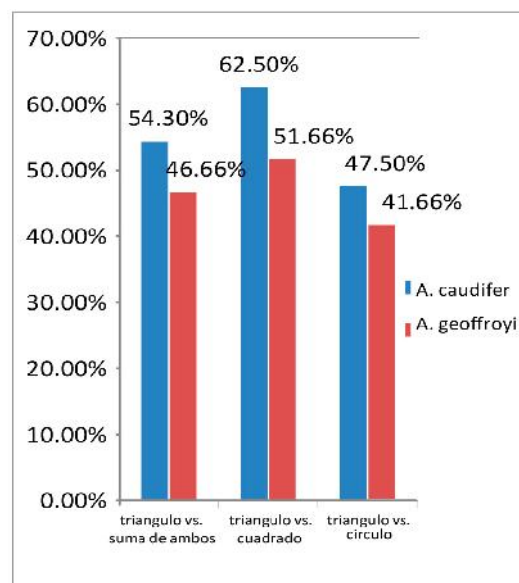


Figura 3. Porcentajes de visitas positivas por *A. caudifer* y *A. geoffroyi*.

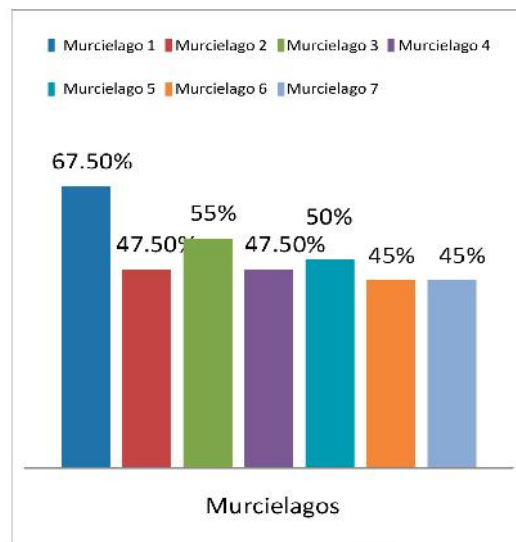


Figura 4. Porcentaje de visitas correctas por murciélago (*A. caudifer* y *A. geoffroyi*) en la prueba de aprendizaje.



### Observaciones de conducta

Se pudo observar, que el comportamiento de cada organismo en las visitas fue variado, en los gráficos de las visitas (ver anexos) se observa como éstas, en general, son alternadas pero que en ciertos momentos los organismos acudieron varias veces seguidas a alimentarse de la forma premiada. Esta conducta de alimentarse consecutivamente del triángulo es más notoria en el murciélago #1 y #3, la cual se ve reflejada en la respuesta a la prueba, siendo el porcentaje de aprendizaje 67.5% y 55% respectivamente (Tabla 2, Figura 4).

**Tabla 2.** Porcentaje de visitas correctas por murciélago (*A. caudifer* y *A. geoffroyi*) en la prueba de aprendizaje.

| Murciélago # | Especie             | Porcentaje de visitas correctas (%) |
|--------------|---------------------|-------------------------------------|
| 1            | <i>A. caudifer</i>  | 67.5                                |
| 2            | <i>A. geoffroyi</i> | 47.5                                |
| 3            | <i>A. caudifer</i>  | 55                                  |
| 4            | <i>A. geoffroyi</i> | 47.5                                |
| 5            | <i>A. caudifer</i>  | 50                                  |
| 6            | <i>A. geoffroyi</i> | 45                                  |
| 7            | <i>A. caudifer</i>  | 45                                  |

### Variación de DNMS

La prueba para observar la curiosidad (variación del DNMS), donde se enfrentó el triángulo, como forma ya conocida, versus un pentágono y una estrella (figura 5), este experimento reflejó que para *A. caudifer* de 160 visitas registradas el 51.8% (P 0.881) (figura 6) fue a las formas nuevas presentadas, y para *A. geoffroyi* de 80 registros el 52.5% (P 0.074) (Figura 7) de visitas fue a las formas nuevas. Lo cual demuestra que los murciélagos del estudio no ignoran las formas nuevas, visitándolas con, aproximadamente, la misma regularidad que las conocidas.

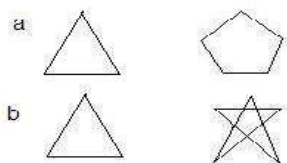
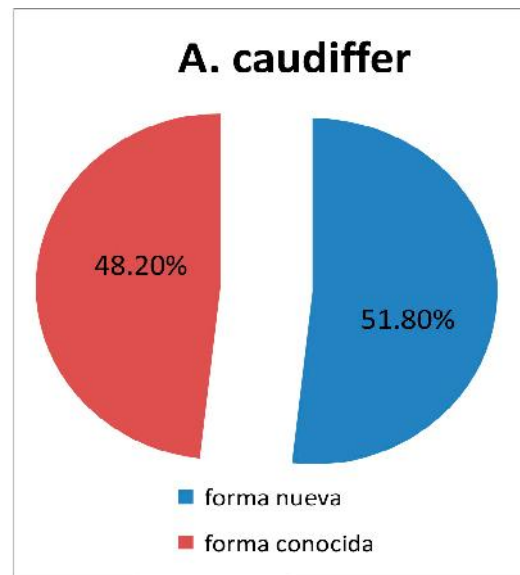
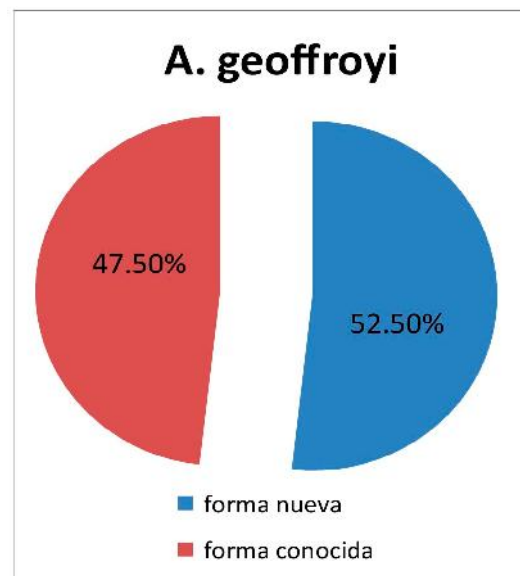


figura 5 pares de formas enfrentadas en la prueba de curiosidad (sin considerar texturas) por *Anoura geoffroyi* y *Anoura caudifer*



**Figura 6.** Porcentaje de visitas a formas nuevas y formas conocidas por *Anoura caudifer*.



**Figura 7.** Porcentaje de visitas a formas nuevas y formas conocidas por *Anoura geoffroyi*.

### Observaciones de conducta

Esta prueba fue realizada para observar la reacción del murciélago ante formas totalmente nuevas como en este caso fueron la estrella y el pentágono, y registrar con esto la curiosidad que poseen los murciélagos en estudio *A. caudifer* y *A. geoffroyi*.

En esta prueba al igual que en las otras se observó una conducta peculiar, en un momento



determinado el murciélago voló directamente del lugar donde se encontraba reposando hacia la forma conocida (relacionada con alimento) lo cual nos puede sugerir algunas cosas, que son analizadas posteriormente en la discusión.

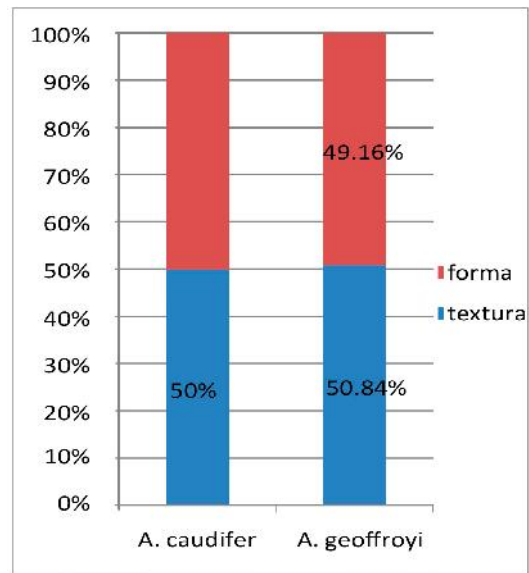
También se observó un número significativo de visitas consecutivas a la forma relacionada con el alimento, en un momento determinado del experimento. Siendo estas visitas relativamente más prolongadas que las visitas a las formas nuevas. Aunque el tiempo no fue cuantificado, hago referencia a lo observado durante los experimentos.

Las conductas de los especímenes estuvieron en parte, influenciadas por el clima. Cuando llovía, la temperatura ambiental bajaba considerablemente y con esto, la actividad del murciélago, por lo que las visitas se desarrollaban con menos frecuencia, por lo cual el organismo debía ser estimulado para que las realice.

Se observó gran curiosidad en los organismos, algunos murciélagos volaban entre ambas formas, dando vueltas por toda la carpa antes de elegir de cual alimentarse o cual visitar. De igual manera se vió como algunos se posaban sobre las formas y daban vueltas alrededor de éstas o permanecían ahí por algún tiempo sin siquiera alimentarse de la parte por la cual fue enseñada, sino lamiendo el tubo o la forma (registro en video).

### Textura versus Forma:

La tercera prueba, textura versus forma reveló para *A. caudifer* de un total de 160 visitas, el 50% a la textura y 50% a la forma (P 0.463) y para *A. geoffroyi* de un total de 120 visitas registradas, el 49.16% a la forma y 50.84 a la textura (p 0.072), donde se observa que los especímenes no siguieron marcadamente ninguna de las dos señales en la búsqueda del alimento. (Figura 8).



**Figura 8.** Porcentaje de visitas a formas nuevas y formas conocidas por *Anoura geoffroyi*.

Al igual que con el experimento de aprendizaje, este también se lo dividió en 2 enfrentamientos de formas, triángulo versus cuadrado (a), y cuadrado versus círculo (b), los cuales podían ser lisos o rugosos, dependiendo del grupo al cual pertenecían, como fue explicado en la metodología. Con *A. caudifer*, para el enfrentamiento a. se observó un

- 53.7 % de visitas a la forma (p: 0.820) y para el enfrentamiento b. un
- 46.3 % (p: 0.552); en *A. geoffroyi*, el enfrentamiento a. mostró un
- 58.3% (p: 0.020) y el enfrentamiento b.
- 40 % (p: 0.764) de respuestas correctas. (Tabla 3, figura 8).

**Tabla 3.** Diferenciación de formas y Aprendizaje por *Anoura caudifer* y *Anoura geoffroyi*.

|                     | Par enfrentado           | Número de visitas | Porcentaje | Valor de P |
|---------------------|--------------------------|-------------------|------------|------------|
| <i>A. caudifer</i>  | Triángulo -suma de ambos | 160               | 50         | 0.463      |
|                     | Triángulo - cuadrado     | 80                | 53.7       | 0.820      |
|                     | Triángulo -Círculo       | 80                | 46.3       | 0.552      |
| <i>A. geoffroyi</i> | Triángulo -suma de ambos | 120               | 49.16      | 0.072      |
|                     | Triángulo - cuadrado     | 60                | 58.3       | 0.020      |
|                     | Triángulo - Círculo      | 60                | 40         | 0.764      |

### Observaciones de conducta:

Se pudo observar, que el comportamiento de cada organismo en las visitas en esta prueba también fue variado, en los gráficos de las visitas realizadas por *A. caudifer* y *A. geoffroyi* en la prueba de formas versus textura (ver anexos) se observa como éstas, en general, son alternadas, pero que en ciertos momentos algunos organismos acudieron varias veces seguidas a alimentarse de una forma o textura en particular. Esta conducta es notoria claramente en el murciélago 1 el cual visita en un momento determinado de manera consecutiva la forma triangular, tomando en cuenta que estas se movían alrededor de la carpa al término de cada visita.

De igual manera en el murciélago 5, se observa el mismo comportamiento que en el murciélago 1, con la diferencia que éste se dirigía a la textura en un momento determinado del experimento. En el murciélago 4 se observaron también un alto número de visitas consecutivas hacia la textura presentada anteriormente. Los murciélagos 3 y 7 presentaron esta conducta, pero alternada, por momentos visitaban consecutivamente la forma y en otros momentos la textura, lo cual nos puede sugerir que usan ambos factores en la búsqueda del alimento.

En los murciélagos 2, y 6 se observó grandes alternancias entre la forma premiada con la textura nueva y la forma no premiada con textura conocida, teniendo leves tendencias hacia uno u otro factor, pero ninguno representando alguna significancia estadística.

## **4. Discusión**

Suthers, et. al, 1969, indicaron que *Anoura geoffroyi* puede no poseer el concepto de forma, sino mas bien percibir la posición relativa de líneas horizontales y con esto identificar los objetos; el único murciélago que ha mostrado respuestas inequívocas a las formas de objetos es *Carollia perspicillata*. Con los resultados

obtenidos, podemos demostrar estadísticamente que *A. geoffroyi* y *A. caudifer*, pueden no identificar las formas, corroborando los resultados de Suthers et al., pero con ésto no se anula la posibilidad de que los murciélagos puedan hacerlo, ya que los estudios sobre la discriminación de patrones han dado resultados muy variables y en general, parece que murciélagos nectarívoros y frugívoros responden a patrones y formas más fácilmente que los insectívoros (Eklöf J., 2003) [12].

También se dice que el comportamiento es predecible, una pequeña fracción de la ley general de la uniformidad natural dice: “que con la vida y la mente, como con la masa y el movimiento, la misma causa producirá el mismo efecto, que la misma situación causará en el mismo animal, la misma respuesta y si la misma situación produce, dos o más respuestas, el animal debe haber cambiado”. Esta ley en teoría es aceptada, pero en práctica no es totalmente usada, ya que diversos factores pueden afectar esta reacción, como es el hambre, la fatiga, el sueño, y ciertas enfermedades, y por otro lado el aprendizaje, la inmunidad, el crecimiento, la senilidad. (Thorndike E., 1911) [13], lo cual puede explicar en parte la observación de los vuelos casi horizontales hacia la forma previamente enseñada, en algún momento del experimento. Por lo cual, las visitas realizadas a comederos con la forma considerada como incorrecta puede deberse a cualquiera de estas opciones, o también a que la búsqueda de alimento no generaba un gasto energético significativo para el murciélago, por lo cual el uso de su curiosidad pudo influenciar en las respuestas obtenidas en los experimentos.

“El aprendizaje y la memoria espacial se relacionan con la capacidad de adquirir y retener asociaciones de las características del ambiente, lo que permite al organismo desenvolverse en el espacio.” (Vinces P. y M. Carrasco, 2003) [14], es reconocida la alta memoria espacial en murciélagos en la búsqueda de su alimento, y de igual manera se pudo ver uso de ésta en las pruebas, donde el murciélago regresaba al lugar donde previamente se había alimentado.

Como se observó en los resultados de la prueba de aprendizaje, las dos especies muestran el mismo patrón en cuanto a las respuestas, cuando se presentaba triángulo versus cuadrado, mostró un leve favoritismo hacia el triángulo, pero cuando se enfrenta al círculo, se observó lo contrario, una predisposición de los organismos por acudir al círculo, esto puede acreditarse a varios factores, el primero, la simetría del objeto circular. En insectos, aunque su sistema nervioso es simple, se demostró que la simetría es una señal específica con un valor percibido por los insectos polinizadores (Giurfa M. et al, 1999) [15] y que los insectos polinizadores visitan preferentemente flores con un particular tipo de simetría (Rodríguez I. 2004) [16], esto mismo puede suceder con otros polinizadores, como en este caso los murciélagos, aunque los parámetros utilizados en los experimentos no permiten comprobar esta hipótesis.

Otro factor puede ser un aprendizaje previo, Marquez M., 2009 [17] en su trabajo señaló que “Los polinizadores altamente especializados en su dieta, no hacen escogencias florales, sino que visitan un recurso específico siguiendo lo dictado en la información almacenada en sus genes”. Este aprendizaje previo se lo sugiere en este caso por la observación de murciélagos nectarívoros alimentándose durante la noche en los bebederos de colibríes, los cuales presentan discos circulares intentando simular formas de flores, (registro fotográfico tomado por Javier Robayo, Bosque Protector Rio Guajalito, ver anexos). Existen estudios y muchos debates sobre cómo la presencia de alimentadores puede afectar, o no, a la polinización de las plantas por colibríes, McCaffrey R. y S. Wethington 2008 [18], hablan sobre cómo la presencia de alimentadores incrementa localmente las poblaciones de colibríes pero disminuye el uso de plantas nativas, especificando que el uso de éstos puede tener implicaciones sobre las relaciones entre polinizadores y plantas, lo cual reduce el éxito reproductivo de éstas. Siendo así, se debería también estudiar este factor en murciélagos.

## 4. Conclusiones

1. Los murciélagos nectarívoros de la familia Phyllostomidae género Anoura (Anoura geoffroyi y Anoura caudifer) no demostraron estadísticamente un aprendizaje significativo, en el tiempo estudiado.
2. Anoura geoffroyi y Anoura caudifer no demostraron la capacidad de diferenciar las formas y texturas presentadas, en el tiempo de observación.
3. Los especímenes estudiados presentaron un alto nivel de curiosidad, por lo que no discriminaron las formas nuevas.
4. Los organismos demostraron que a pequeña escala, se basan tanto de la forma como de la textura para la búsqueda del objeto que contiene alimento.

## 5. Recomendaciones

1. Son varios los factores que pueden influenciar las respuestas cognitivas y conductuales en los murciélagos, los parámetros utilizados en el trabajo no permiten analizar a fondo los cambios generados por los mismos, por lo cual se recomienda para futuros trabajos relacionados:
2. Investigar la simetría de las flores (objetos) y la influencia de éstas en la preferencia del murciélago para alimentarse, de igual manera se recomienda en futuros experimentos, realizar el entrenamiento por más tiempo, ya que por la supervivencia del organismo, en experimentos realizados en el campo, no se mantiene por muchos días en las carpas a los especímenes, por lo cual, el tiempo de experimentación es relativamente bajo, en comparación a los trabajos en laboratorios, y si aceptamos el principio de la ley del efecto, la cual fue citada en la introducción, con mayor tiempo de

entrenamiento, se podrá generar un mayor aprendizaje.

3. De igual manera como se ha observado y estudiado el efecto que causan los bebederos sobre los colibríes, se recomienda analizar esto en murciélagos polinizadores, en éstos puede afectar mayormente ya que la diversidad de ellos y la diversidad de plantas es menor que la de los colibríes.

## Referencias

- [1] Berger- Sweeney, J., Arnold, A., Gabeau, D. y Mills, J. (1995). Sex differences in learning and memory in mice: effects of sequence of testing and cholinergic blockade. *Behavioral Neuroscience*, 5, 859-873.
- [2] Brito Jorge & Jaime Palacios, 2009. Caracterización de la comunidad de mamíferos de la cordillera de Domono alto, Morona Santiago.
- [3] Dudchenko P. 2004, An overview of the tasks used to test working memory in rodents *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 28 699–709.
- [4] Eklöf, J. 2003, Vision in echolocating bats, Doctoral thesis Zoology Department, Göteborg University.
- [5] Fleming Theodore H., Muchhala Nathan, and Ornelas, J. Francisco. NEW WORLD NECTAR-FEEDING VERTEBRATES: COMMUNITY PATTERNS AND PROCESSES, CAP. 15: 163-186. En: SÁNCHEZ-CORDERO V. y MEDELLÍN R.A. (Eds.) *CONTRIBUCIONES MASTOZOOLÓGICAS EN HOMENAJE A BERNARDO VILLA*, 706 p. Instituto de Biología, UNAM; Instituto de Ecología, UNAM; CONABIO. México, 2005. ISBN 970-32-2603-5.
- [6] Fundación de conservación Jocotoco disponible en <http://www.fjocotoco.org/espanol/tapichala.htm> consultado 5.01.2011
- [7] Giurfa M., A. Dafni and P. Neal, 1999. Floral Symmetry and its role in plant-pollinator systems.
- [8] Herrera M. 2008, Aprendizaje en distintos estados de conciencia, Tesis de licenciatura en ciencias físicas, Facultad de ciencias naturales y exactas, Universidad de buenos Aires.
- [9] HILL, J. & J. SMITH. 1984. *Bats: A Natural History*. Austin: University of Texas Press
- [10] Lopera F. 2003-2004 Evolución y cognición, *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, Vol. 6, p. 27-34
- [11] Marín-Padilla 2001. Evolución de la estructura de la neocorteza del mamífero: nueva teoría citoarquitectónica, *revista de neurología*
- [12] Marquez M. 2009, Memoria y aprendizaje en la escogencia floral de las abejas. *Acta biol. Colomb.*, Vol. 14 N° 2, 125 – 136
- [13] McCaffrey Rachel and Susan Wethington 2008. How the presence of feeders affects the use of local floral resources by hummingbirds: a case study from southern Arizona. *The condor* 110(4): 786-791.
- [14] Mondragón R. Ceballos. 2002 La inteligencia maquiavélica de los primates y la evolución del cerebro social.
- [15] Mora J. de la 1979, *Psicología del Aprendizaje*, Editorial el Progreso, 3ra edición, Mexico D.F., 49-57
- [16] Muchhala N. & P. Jarrin 2002. Flower visitation by bats in cloud forest of western Ecuador. *BIOTROPICA* 34(3): 387-395.
- [17] Muchhala N. 2006. The pollination biology of *Burmaistera* (Campanulaceae): specialization and syndromes. *American Journal of Botany* 93(8): 1081-1089.
- [18] Muchhala N. 2007. Adaptive tradeoff in floral morphology mediates specialization for flowers pollinated by bats and hummingbirds. *American Naturalist* 169:494-504.
- [19] Muchhala N. & J. Thomson, 2009. Fur versus feathers: Pollen delivery by bats and hummingbirds and consequence for pollen production. *The American Naturalist*, vol. 175, No 6.
- [20] Ortiz D., Lorenzo C., Naranjo E., Leon L., 2003 Selección de refugios por tres especies de murciélagos frugívoros (Chiroptera: Phyllostomidae) en la Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 77: 261-270
- [21] Robayo J., G. Robayo, V. Zak, 2004 Plan de manejo Bosque Protector Rio Guajalito.
- [22] Rodriguez I., A. Gumbert, 2004. Symmetry is in the eye of the beekeeper innate preference for bilateral symmetry in flower-naive bumblebees, *Naturwissenschaften* (2004) 91:374–377.
- [23] Sampedro A., Mendoza K., 2009 Comparacion de la actividad nocturna de poblaciones de *artibeus obscurus* (Chiroptera: Phyllostomidae) que habitan en construcciones humanas y cuevas, en el departamento de sucre, colombia, *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 1(2) 202-215.
- [24] Santín, L.J., Aguirre, J.A., Rubio, S., Begega, A., Miranda, R. y Arias, J.L. (2001). Spatial memory and c-fos expression in supramammillary nucleus, anterior cingulate gyrus, and entorhinal cortex. *Psicothema*, 13, 214-221.
- [25] Sundberg M. 1996, toward granting linguistic competence to apes: a review of savage-rumbaugh et al. *Language comprehension in ape and child journal of the experimental analysis of behavior* 65, 477-492.
- [26] Suthers, R. A., Chase, J. & Bradford, B. 1969. Visual form discrimination by echolocating bats. *Biol. Bull.* 137, 535-546.

- [27] Thorndike E. 1911, Animal Intelligence, An internet resource developed by Christopher D. Green, York University, Toronto, Ontario, disponible en <http://psychclassics.yorku.ca/Thorndike/Animal/> Consultado 17.01.2011
- [28] Titira, D. 2007. Mamíferos del Ecuador: Guía de Campo. Ediciones Murciélago blanco. Quito, Ecuador. Pp. 260-263.
- [29] v. Helversen D., v. Helversen O., Holderied M., 2002, Echoes of bat- pollinated bell-shaped flowers: conspicuous for nectar-feeding bats? The Journal of Experimental Biology 206, 1025-1034
- [30] Vicens P., Rosa Redolat\* y M<sup>a</sup> del Carmen Carrasco 2003
- [31] Aprendizaje espacial y laberinto de agua: Metodología y aplicaciones Psicothema Vol. 15, n° 4, pp. 539-544
- [32] Yanayacu Biological Station & center for creative studies Cosanga, Napo province, North-Eastern Ecuador, South America, disponible en [http://www.yanayacu.org/location\\_2007.htm](http://www.yanayacu.org/location_2007.htm) Consultado 5.01.2011.

# ANÁLISIS DEL CONTROL ESTRUCTURAL Y PARAGÉNESIS DEL SISTEMA DE VETILLAS DEL PÓRFIDO DE COBRE DE MIRADOR

*Learning and Differentiation Shapes and Textures of Objects by Nectar Bat Party  
(Phyllostomidae: Anoura)*

Rojas Rodríguez Allan <sup>1</sup>, Víctor Narváez <sup>2</sup>

Recibido el 15 de agosto de 2010; recibido en forma revisada 23 de octubre 2010, aceptado 13 de noviembre 2010

## Resumen

El proyecto Mirador es un depósito porfídico de cobre, de baja a intermedia sulfuración, que se ubica en el flanco occidental de la Cordillera del Cóndor, parroquia Tundayme, cantón El Pangui, en la provincia de Zamora Chinchipe, aproximadamente a 8km en línea recta de la frontera con el Perú, en el sureste del país.

Se hizo uso también de técnicas de toma de datos estructurales como fallas, fracturas y otras discontinuidades, con las que se obtuvieron las medidas angulares de las vetillas, con instrumentos de fácil manejo, de igual manera se usaron programas específicos para el manejo y procesamiento de la información y para la generación de gráficos estructurales.

Las vetillas muestran rumbos e inclinaciones dispuestas de manera muy variada, sin embargo las distintas paragénesis poseen preferencias de rumbo entre eventos, asociados a controles tectónicos regionales que influenciaron a las estructuras durante su emplazamiento; luego de un análisis y una síntesis se obtuvieron (5) cinco tendencias preferenciales, donde, tres (3) de estas, han sido asociadas a controles estructurales regionales que atraviesan la zona de Zamora, éstas se dan en sentidos N - S, E -W y NE - SW; y tendencias en sentido WNW - ESE y NNW - SSE.

**Palabras Clave:** Aprendizaje asociativo, ley del efecto, búsqueda de objetos, concepto de formas, curiosidad.

## Abstract

The Mirador project is a porphyry copper deposit, low to intermediate sulphidation, located on the western flank of the Cordillera del Condor, parish Tundayme, The Pangui canton in the province of Zamora Chinchipe, approximately 8km in a straight line the border with Peru, in the southeast of the country.

It also made use of data collection techniques as structural faults and other discontinuities fracturas with those obtained angular measurements of the veinlets, with user-friendly tools, just as specific programs were used for handling and processing for information and structural graphics generation.

The show directions and inclinations veinlets arranged so varied, yet have different preferences paragenesis course between events associated with regional tectonic controls influenced during their emplacement structures, after an analysis and synthesis were obtained (5) preferential five trends where three (3) of these have been associated with regional structural controls that cross the Zamora, these senses are given in N - S, E - W and NE - SW, and trends in NW direction - ESE and NNW - SSE.

**Key words:** Associative learning, Law of effect, hidden object, Concept forms curiosity.

<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> Máster en Geología Aplicada y en Impactos Ambientales, Ingeniero Geólogo, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue. Director del Museo, cátedras de Geología General, Yacimientos Minerales, Geología de Minas, Microscopía de menas, Formulación de Proyectos, Minería y Ambiente.

## 1. Introducción

El presente estudio concreta la determinación de la asociación mineralógica, secuencia de cristalización y las tendencias preferenciales del sistema de vetillas del depósito de Mirador, que surgió por la realización de perforaciones de pozos orientados, como parte de un programa de exploración avanzada en el mencionado proyecto, lo que permitió caracterizar las fases evolutivas y conocer las direcciones preferenciales en que se extendió su mineralización. Este tema de investigación es un aporte al conocimiento geológico-genético de los depósitos de pórfido cupríferos de la faja andina, y en nuestro país constituye el primer estudio de vetillas en este tipo de ambiente y contribuye a mejorar la información sobre aspectos tectónicos del sector.

### Ubicación y acceso

El área de estudio del pórfido cuprífero Mirador, se ubica en el flanco occidental de la Cordillera del Cóndor, al suroriente del país, en la parroquia Tundayme, cantón el Pangui, provincia de Zamora Chinchipe, cercano a la provincia de Morona Santiago y a 8 km en línea recta hacia la frontera con Perú. El proyecto Mirador se encuentra aproximadamente a 380 km al sureste de la capital Quito, 70 km este-sureste de Cuenca y a 170 km de Machala, puerto marítimo del Pacífico; todas las distancias en línea recta.

### Hidrología

Los drenajes del área de estudio son los ríos Wawayme y Tundayme, afluentes del río Quimi, éste a su vez es tributario del río Zamora. Regionalmente los drenajes principales son el río Zamora y el Nangaritzza, que se extienden en dirección S-N.

### Orografía, clima y vegetación

El área de estudio se localiza en las estribaciones occidentales de la Cordillera del Cóndor, con un rango de elevación entre los 900 y 1800 metros sobre el nivel del mar.

De acuerdo al sistema de zonas de vida, esta área se encuentran entre las zonas de vida Bosque muy

Húmedo Tropical (BHT) y Bosque Húmedo Pre-Montano (BHP) (Cañadas, 1983). El clima se caracteriza por su elevada humedad y en las partes altas predomina el clima pluvial y semicálido, con precipitaciones anuales entre 2.000 a 3.000 mm. y con temperaturas que oscilan entre 15 y 20° C.

La riqueza vegetal en la zona de la mina se la clasificó como bosque secundario en regeneración, se catalogaron 67 especies, las más abundantes y más importantes son; *Chrysophyllum sanguinolentum* 7,5%, *Dacryodes urutus-kunchae* 6,3%, *Graffenrieda emarginata* 6,3%, *Weinmannia aff. balbisiana* 4%, *Dystovomita sp.* 2,8%, las demás especies presentan un porcentaje menor a 2,8%. (SIMBIOE, 2009)

### Objetivo general

1. Establecer las paragénesis de los varios tipos de vetillas encontrados en el depósito de cobre de Mirador, e interpretar sus controles estructurales, basado en observaciones, mediciones y análisis de núcleos de perforaciones orientadas.

### Objetivos específicos

1. Identificar e interpretar los diferentes tipos de vetillas en el depósito cuprífero de Mirador.
2. Elaborar y analizar laminas delgadas y secciones pulidas, de las vetillas representativas del depósito cuprífero mirador.
3. Definir y clasificar los diferentes tipos de vetillas encontradas en los testigos orientados y la secuencia de los eventos en base al estudio microscópico.
4. Obtener datos de orientación de las vetillas existentes en el depósito cuprífero Mirador a partir de núcleos de perforación orientados.
5. Elaborar gráficos estructurales, en base a la información adquirida de los núcleos orientados del depósito.
6. Procesar la información y obtener las tendencias del sistema de vetillas.



## 2. Materiales y Métodos

Para el desarrollo del estudio se realizaron actividades de observación y análisis de núcleos de perforación almacenados en el galpón de logeo del campamento Mirador, así como en los laboratorios de la Universidad de Guayaquil y trabajos de oficina adicionalmente. La metodología utilizada para el estudio fue dividida en tres fases, a saber:

### **Metodología de las observaciones macroscópicas**

Se obtuvieron datos de 13 pozos de perforación orientados (respecto al norte geográfico), ubicados en zonas periféricas del sistema, donde aflora principalmente roca de caja, estos pozos equivalen a 4692m, de los que:

Se realizaron observaciones mineralógicas, con lupa, de las vetillas, lo que nos permitió conocer sus asociaciones mineralógicas y sus relaciones de corte, mediante sus planos intersecados y que fueron respectivamente registrados, con un total de 823 vetillas estudiadas.

Para el análisis de las estructuras, previamente se realizaron toma de datos angulares de las estructuras mineralizadas, con un total de 614 vetillas estudiadas.

Para éste estudio se hizo uso de la técnica aplicada para análisis de estructuras como fallas o fracturas también se utilizó instrumentación para orientar los núcleos y tomar datos estructurales, siendo éstas un REFLEX ACT, cuya función es detectar el norte geográfico, mediante la medición del campo gravitacional de la tierra, tomando lecturas cada minuto, luego de ser introducido, junto al tubo interior (enroscado encima de éste), en el pozo. Luego de obtener el testigo y una línea de orientación en los testigos, las medidas de los ángulos de las estructuras pueden ser tomadas, con la ayuda de una cinta, que su longitud va de acuerdo al diámetro del testigo, expresada en grados (0 a 360), para obtener dirección de inclinación, y con un goniómetro, expresada en grados (0 a 90), para obtener buzamiento. Estos ángulos, fueron ingresados en una hoja de Microsoft Excel, donde fueron combinados con

fórmulas Trigonométricas para determinar las orientaciones reales; con ellas y el Stereonet 2.46, se obtuvieron gráficos estructurales (Diagrama de Rosa, Diagrama de coordenadas polares), para su mejor representación.

Se realizaron también descripciones de las estructuras mediante observaciones con lupa de 14x, identificándolas y clasificándolas por tipos, y estableciendo la secuencia de los eventos, por medio de sus planos intersecados.

### Método de Orientación de Estructuras

Tres métodos han sido desarrollados para determinación de la verdadera orientación de las fracturas, a partir de orientaciones aparentes observadas de fracturas en núcleos de roca de perforación con diamantina, estos métodos son basados en: Proyección estereográfica, Trigonometría esférica, Análisis geométrico. También se seleccionaron 15 muestras de los núcleos estudiados.

Para elaboración de láminas delgadas, 5 de éstas, se utilizaron para elaborar secciones pulidas, y corroborar con la información obtenida durante el mapeo de los testigos.

### **Metodología de las observaciones microscópicas**

Se realizó el análisis de láminas delgadas y de secciones pulidas de muestras con estructuras mineralizadas bajo microscopio, de luz transmitida y luz reflejada, con un total de 10 láminas delgadas y 4 secciones pulidas, de las que se obtuvieron sus respaldos fotográficos, que fueron tomadas en nícoles cruzados  $Ns(x)$ , nícoles paralelos  $Ns(II)$  y luz reflejada, en los laboratorios de la Universidad de Guayaquil.

Para cada muestra se detalló información como: ubicación del pozo, profundidad a la que pertenece, tipo de roca, alteración de la roca, tipos de vetillas, minerales de ganga, minerales de alteración y minerales metálicos, únicamente de lo que es observable en la foto respectiva; como última parte, una descripción de la imagen (bajo microscopio), que facilita la interpretación de éstas. Adicionalmente la foto de la muestra de

mano, para un mejor reconocimiento de lo observado bajo microscopio.

### Metodología del trabajo de oficina

Se obtuvieron las orientaciones reales, acimutales y de inclinación, con los datos obtenidos de las estructuras, con la utilización de programas específicos.

También se obtuvieron gráficos estructurales, de las tendencias preferenciales del sistema de vetillas con el soporte de los softwares Stereonet y Autocad.

### Análisis Estructural Local del sistema de vetillas de Mirador

El análisis estructural realizado, ha sido enfocado al sistema de vetillas del depósito, el que nos permite postular cuales fueron las influencias geotectónicas locales que lo dominaron durante su evolución.

Cabe mencionar que en los pozos del área de estudio, hubieron zonas muy fracturadas y zonas de diques, donde no fue posible obtener información.

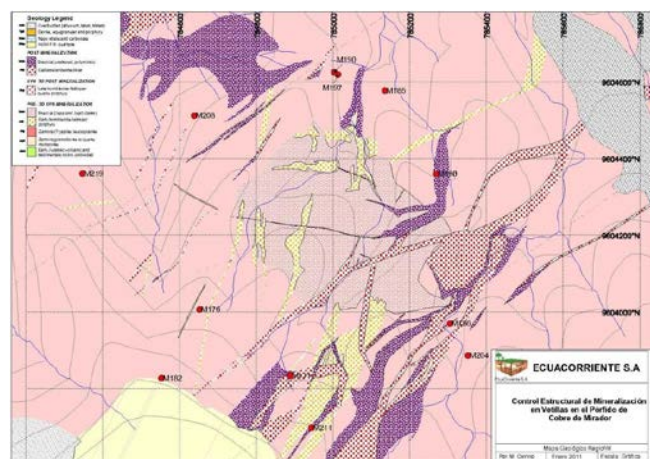


Figura 1. Mapa de ubicación de pozos Geotécnicos, en el área de estudio.

### Tendencias preferenciales por paragénesis

#### Vetillas cuarzo – molibdeno (A2).

Este tipo de vetillas presentan dos direcciones de rumbo preferenciales, una de ellas, en los sectores N, E, SE, S, con  $126^\circ \pm 9^\circ / 23^\circ, 55^\circ, 70^\circ \text{NE}$ . En los sectores S y SW con  $336^\circ$

$\pm 4^\circ / 32^\circ, 61^\circ \text{NE}; 47^\circ \text{SW}$ . Tendencias poco distribuidas, en los sectores E y W, con  $178^\circ \pm 1^\circ / 49^\circ \text{E}; 37^\circ \text{W}$ . En los sectores E y SE con  $203^\circ \pm 4^\circ / 85^\circ \text{NW}; 31^\circ, 82^\circ \text{SE}$ . En los sectores E y W, con  $225^\circ \pm 1^\circ / 46^\circ, 63^\circ \text{SE}$ . En los sectores E y NW, con  $258^\circ / 49^\circ \text{SE}; 47^\circ \text{SW}$ , que pertenecen a los sectores W y NW respectivamente.

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M182(SW), M193(E), M197(N), M204(SE), M208(NW), M211(S), M219(W).

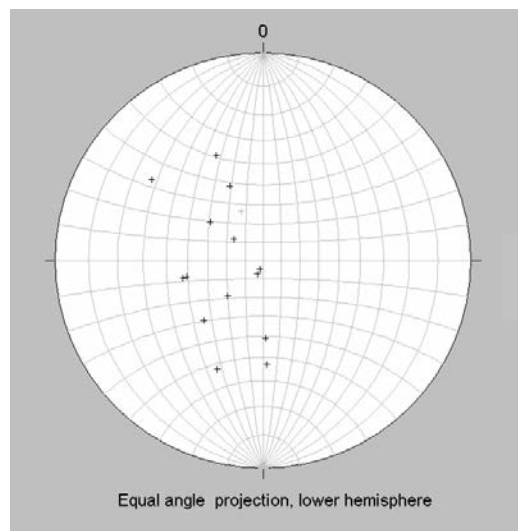


Figura 2. Número total = 15.

#### Vetillas cuarzo – sulfuros (A2).

Estas vetillas presentan cinco direcciones de rumbo preferenciales, una notable tendencia principal en los sectores N, E, S, SW con  $340^\circ \pm 5^\circ / 38^\circ, 52^\circ, 82^\circ \text{NE}; 31^\circ, 48^\circ, 73^\circ \text{SW}$ . En los sectores N, E, S, NW con  $204^\circ \pm 6^\circ / 42^\circ, 61^\circ, 75^\circ, 86^\circ \text{SE}; 45^\circ, 77^\circ \text{NW}$ . En los sectores E, SE, S, NW, con  $184^\circ \pm 5^\circ / 20^\circ, 42^\circ, 65^\circ, 88^\circ \text{E}; 26^\circ, 73^\circ \text{W}$ . En los sectores E, S, SW, con  $229^\circ \pm 5^\circ / 25^\circ, 44^\circ, 78^\circ \text{SE}; 36^\circ, 63^\circ, 81^\circ \text{NW}$ . En los sectores N, S, NW con  $243^\circ \pm 3^\circ / 41^\circ, 71^\circ \text{NW}; 22^\circ, 41^\circ, 78^\circ \text{SE}$ . En los sectores E y SW, con  $270^\circ \pm 7^\circ / 36^\circ, 47^\circ, 77^\circ \text{N}; 19^\circ, 42^\circ, 65^\circ \text{S}$ . Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M185(NE), M190(N), M193(E), M197(N), M204(SE), M208(NW).

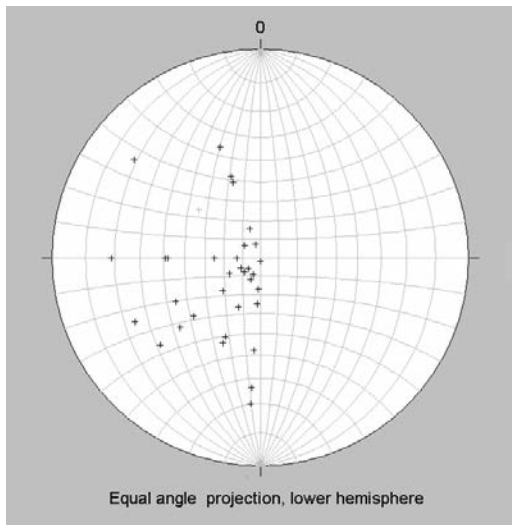


Figura 3. Número total = 15.

**Vetillas anhidrita (Anh).**

Este tipo de vetillas presenta cuatro direcciones de rumbo preferenciales poco distribuidas; una de éstas, en los sectores E, S y SW con  $192^{\circ} \pm 5^{\circ} / 15^{\circ}, 53^{\circ}, 81^{\circ} \text{SE}$ ;  $50^{\circ}, 71^{\circ} \text{NW}$ . En los sectores N, E y NW con  $260^{\circ} \pm 5^{\circ} / 30^{\circ} \text{SE}$ ;  $73^{\circ} \text{N}$ . En los sectores N y E, con  $216^{\circ} \pm 1^{\circ} / 51^{\circ}, 71^{\circ} \text{NW}$ ;  $86^{\circ} \text{SE}$ . En los sectores N y S con  $324^{\circ} \pm 9^{\circ} / 46^{\circ} \text{NE}$ ;  $40^{\circ}, 52^{\circ}, 78^{\circ} \text{SW}$ .

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M193(E), M197(N), M208(NW).

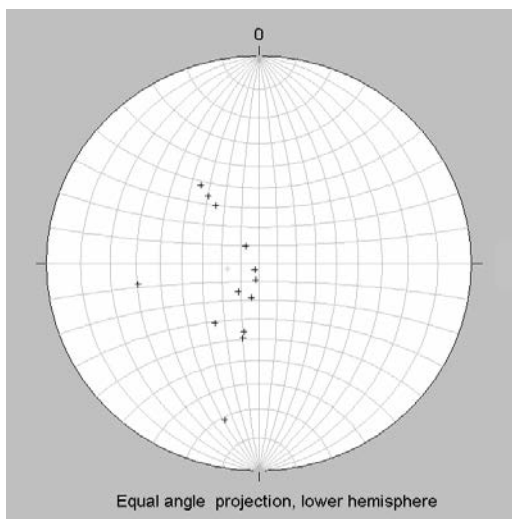


Figura 4. Número total = 14.

**Vetillas de sulfuros tempranos**

Este tipo de vetillas presenta cinco direcciones de rumbo preferenciales, una de éstas en los sectores NE, E, S, SW, NW con una tendencia  $225^{\circ} \pm 7^{\circ} / 45^{\circ}, 72^{\circ} \text{SE}$ ;  $66^{\circ}, 77^{\circ} \text{NW}$ . En los sectores N, SE, S, SW, con una tendencia  $267^{\circ} \pm 2^{\circ} / 37^{\circ} \text{N}$ ;  $50^{\circ}, 84^{\circ} \text{S}$ . En los sectores N, E, SE, S, con una tendencia  $291^{\circ} \pm 6^{\circ} / 9^{\circ}, 46^{\circ}, 63^{\circ}, 86^{\circ} \text{SW}$ ;  $27^{\circ}, 44^{\circ}, 66^{\circ} \text{NE}$ . En los sectores E, SE, SW, con una tendencia  $182^{\circ} \pm 8^{\circ} / 13^{\circ}, 70^{\circ}, 84^{\circ} \text{W}$ ;  $41^{\circ}, 85^{\circ} \text{E}$ . En los sectores SE y NW con una tendencia  $330^{\circ} \pm 4^{\circ} / 9^{\circ}, 31^{\circ}, 72^{\circ} \text{NE}$ ;  $86^{\circ} \text{SW}$ .

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M182(SW), M185(NE), M197(N), M204(SE), M208(NW).

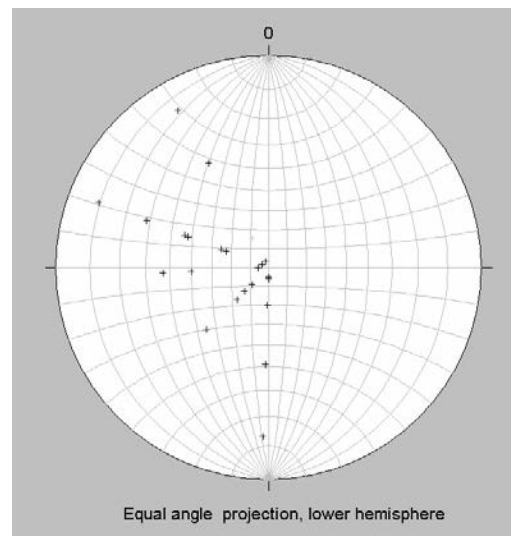


Figura 5. Número total = 23.

**Vetillas de magnetita (M).**

Este tipo de vetillas presenta cuatro tendencias de rumbo preferenciales, presentándose como tendencia preferencial en los sectores E y SE, con  $324^{\circ} \pm 7^{\circ} / 22^{\circ}, 67^{\circ} \text{SW}$ ;  $37^{\circ}, 59^{\circ} \text{NE}$ ; también con una tendencia  $178^{\circ} \pm 4^{\circ} / 31^{\circ} \text{E}$ ;  $42^{\circ}, 64^{\circ}, 89^{\circ} \text{W}$ . En los sectores E y SW, con una tendencia  $208^{\circ} \pm 4^{\circ} / 41^{\circ}, 66^{\circ} \text{SE}$ ;  $51^{\circ}, 71^{\circ} \text{NW}$  y únicamente en el sector E una tendencia  $260^{\circ} \pm 4^{\circ} / 51^{\circ} \text{NW}$ ;  $18^{\circ}, 39^{\circ}, 66^{\circ} \text{SE}$ .

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con

información de los pozos: M176(SW), M180(E), M193(E), M204(SE).

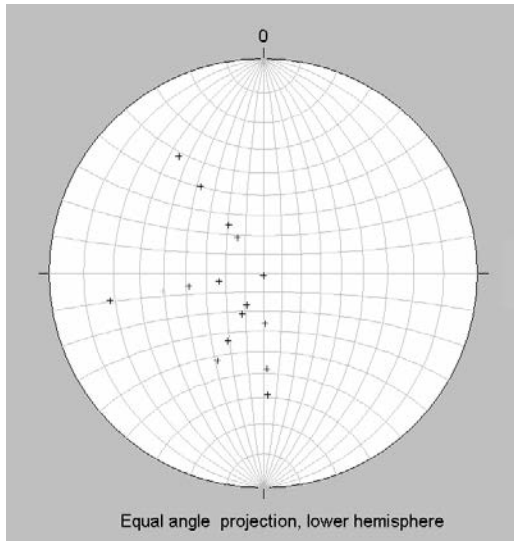


Figura 6. Número total = 16.

Vetillas cuarzo - sulfuros (con sutura).

Este tipo de vetillas presenta seis direcciones de rumbo preferenciales, como tendencia predominante de éste tipo de vetillas, en los sectores N, E, SE, S, SW, con  $341^{\circ} \pm 7^{\circ} / 16^{\circ}, 31^{\circ}, 64^{\circ}, 85^{\circ} \text{NE}; 54^{\circ} \text{SW}$ . En los sectores E, SE, S, una tendencia con  $229^{\circ} \pm 7^{\circ} / 29^{\circ}, 45^{\circ}, 61^{\circ} \text{SE}; 24^{\circ}, 60^{\circ} \text{NW}$ . En los sectores E, SE, SW, con una tendencia  $326^{\circ} \pm 3^{\circ} / 34^{\circ}, 75^{\circ} \text{NE}; 34^{\circ} \text{SW}$ . En los sectores E, SW, NW, con una tendencia  $355^{\circ} \pm 4^{\circ} / 26^{\circ} \text{E}; 15^{\circ}, 70^{\circ} \text{W}$ . Dos tendencias menores, una en los sectores E y S, con  $198^{\circ} / 34^{\circ}, 86^{\circ} \text{SE}$  y otra en los sectores S y SW, con  $259^{\circ} \pm 5^{\circ} / 64^{\circ} \text{NW}; 68^{\circ}, 80^{\circ} \text{SE}$ .

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M193(E), M197(N), M204(SE), M208(NW), M211(S).

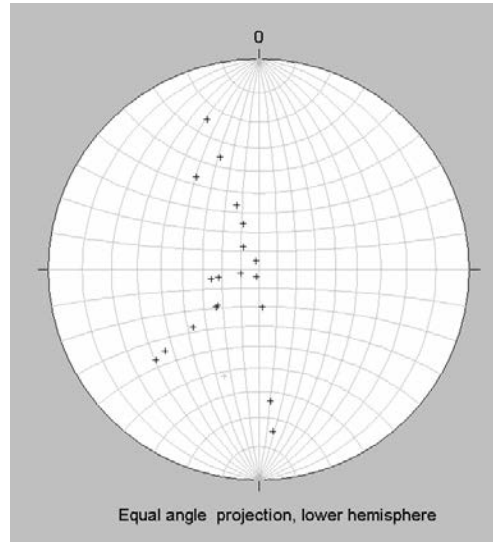


Figura 7. Número total = 21.

Vetillas de sulfuros con halo clorita.

Este tipo de vetillas presenta tres direcciones de rumbo preferenciales, una de estas en los sectores N y SW, con  $198^{\circ} \pm 5^{\circ} / 23^{\circ}, 52^{\circ} \text{SE}$ . En los sectores N y SE con  $229^{\circ} \pm 2^{\circ} / 40^{\circ} \text{SE}; 53^{\circ}, 80^{\circ} \text{NW}$ . Adicionalmente se han tomado en cuenta aquellas direcciones no repetidas puesto que se encontraron muy pocas vetillas de este tipo, éstas pertenecen al sector SE, con  $265^{\circ} / 36^{\circ} \text{SW}$  y con  $+128^{\circ} / 44^{\circ} \text{NE}$  y  $348^{\circ}, 323^{\circ} / 36^{\circ} \text{SW}$ , en el sector SW.

Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M197(N), M204(SE).

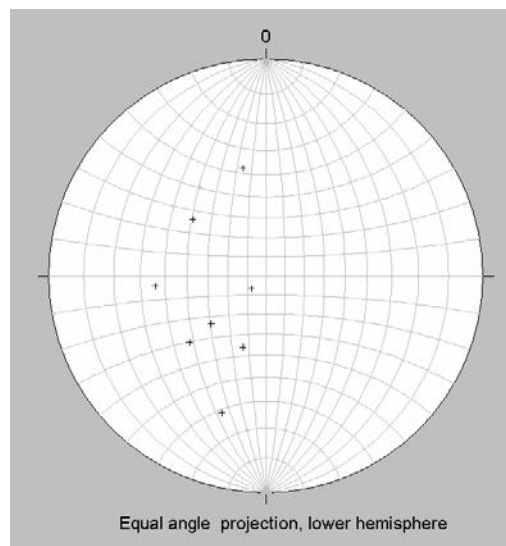


Figura 8. Número total = 9.

**Vetillas de sulfuros (D1)**

Este tipo de vetillas presenta ocho direcciones de rumbo preferenciales, una de éstas en los sectores N, E, SE, S, SW, con  $144^\circ \pm 7^\circ / 47^\circ\text{SW}$ ;  $51^\circ, 66^\circ, 82^\circ\text{NE}$ . En los sectores E, S, SW, W, con una tendencia  $227^\circ \pm 6^\circ / 55^\circ\text{SE}$ ;  $43^\circ, 65^\circ\text{NW}$ . En los sectores N, E, S, SW, W, con una tendencia  $256^\circ \pm 3^\circ / 17^\circ, 45^\circ, 83^\circ\text{SE}$ ;  $71^\circ\text{NW}$ . En los sectores N, E, SE, SW, con una tendencia  $182^\circ \pm 5^\circ / 28^\circ, 40^\circ, 59^\circ, 84^\circ\text{E}$ ;  $10^\circ, 27^\circ, 44^\circ, 67^\circ\text{W}$ . En los sectores N, E, SE, SW, con una tendencia  $215^\circ \pm 4^\circ / 30^\circ, 47^\circ, 58^\circ, 75^\circ, 86^\circ\text{NW}$ ;  $44^\circ\text{SE}$ . En los sectores N, E, SE, SW, con una tendencia  $304^\circ \pm 7^\circ / 30^\circ, 49^\circ, 67^\circ\text{NE}$ ;  $11^\circ, 44^\circ, 63^\circ\text{SW}$ . En los sectores E, SE, SW, con una tendencia  $342^\circ \pm 4^\circ / 48^\circ\text{NE}$ ;  $31^\circ, 51^\circ, 72^\circ\text{SW}$ . En los sectores E y SW, con una tendencia  $276^\circ \pm 6^\circ / 16^\circ, 55^\circ, 84^\circ\text{S}$ ;  $27^\circ, 71^\circ\text{N}$ . Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M182(SW), M190(N), M193(E), M197(N), M204(SE), M211(S),

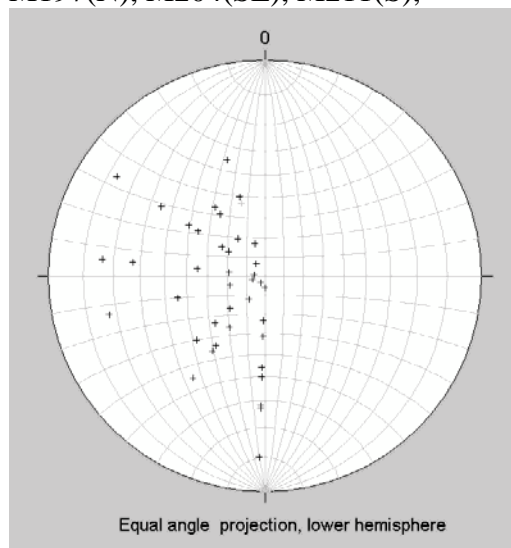


Figura 9. Número total = 40.

**Vetillas de sulfuros (D2).**

Este tipo de vetillas presenta cinco direcciones de rumbo preferenciales, una de éstas en los sectores N, E, S, SW, con  $103^\circ \pm 5^\circ / 35^\circ, 76^\circ, 82^\circ\text{SW}$ ;  $17^\circ, 31^\circ, 50^\circ, 63^\circ, 86^\circ\text{NE}$ . En los sectores N, E, S, SW, con una tendencia  $113^\circ \pm 5^\circ / 65^\circ, 82^\circ\text{NE}$ ;  $45^\circ\text{SW}$ . En los sectores E, S, SW, con una tendencia  $182^\circ \pm 5^\circ / 46^\circ\text{E}$ ;  $57^\circ\text{W}$ . En los sectores

N, E, S, SW, con una tendencia  $337^\circ \pm 4^\circ / 52^\circ\text{NE}$ ;  $28^\circ, 54^\circ, 77^\circ\text{SW}$ . En los sectores N, E, S, con una tendencia  $217^\circ \pm 3^\circ / 49^\circ, 65^\circ\text{NW}$ ;  $14^\circ, 56^\circ, 82^\circ\text{SE}$ . Las direcciones preferenciales de éste tipo de vetillas fueron obtenidas contando con información de los pozos: M171(S), M176(SW), M180(E), M182(SW), M193(E), M197(N).

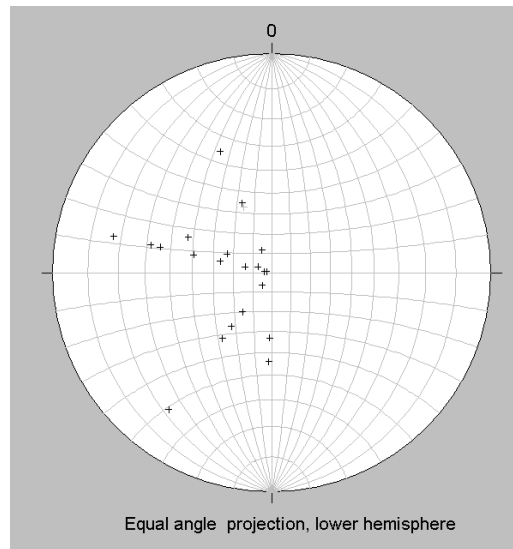


Figura 10. Número total = 22.

Tabla 1. Diferenciación de formas y Aprendizaje por Anoura caudifer y Anoura geoffroyi.

| RUMBOS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE VETILLAS |               |      |             |      |      |      |      |      |                |                       |           |
|--|---------------|------|-------------|------|------|------|------|------|----------------|-----------------------|-----------|
| A2 (qz-mo)                                 | A2 (qz-sulf.) | Anh. | Sulf. temp. | M    | B    | C1   | D1   | D2   | TOTAL DE POZOS | PREFERENCIA PRINCIPAL | JERARQUIA |
| 178°                                       |               |      |             | 178° | 175° |      |      |      |                |                       |           |
|  | 184°          |      | 182°        |      |      |      | 182° | 182° | 30             | 185° ±13°             | 3         |
|  |               | 192° |             |      | 198° | 198° |      |      |                |                       |           |
| 203°                                       | 204°          |      |             | 208° |      |      |      |      | 42             | 216° ±13°             | 1         |
| 225°                                       | 229°          | 216° | 225°        |      | 229° | 229° | 215° | 212° |                |                       |           |
|  | 243°          |      |             |      |      |      |      |      |                |                       |           |
| 258°                                       |               | 260° | 267°        | 260° | 259° |      | 256° |      |                |                       |           |
|  | 270°          |      |             |      |      | 265° |      | 276° | 25             | 266° ±10°             | 5         |
|  |               |      |             |      |      |      |      |      |                |                       |           |
|  |               | 291° |             |      |      |      | 308° | 304° | 28             | 296° ±13°             | 4         |
| 306°                                       | 308°          |      |             |      |      |      |      |      |                |                       |           |
|  |               | 324° | 330°        | 324° | 326° | 323° | 324° |      | 39             | 336° ±12°             | 2         |
| 336°                                       |               |      |             |      |      |      |      | 332° |                |                       |           |
|  | 340°          |      |             |      |      | 341° | 348° | 342° |                |                       |           |

TABLA 3 La tabla muestra cinco trenes estructurales principales del Depósito de Mirador, y su orden de incidencia en el mismo, determinado por medio del conteo total de pozos en que se encuentran presentes.

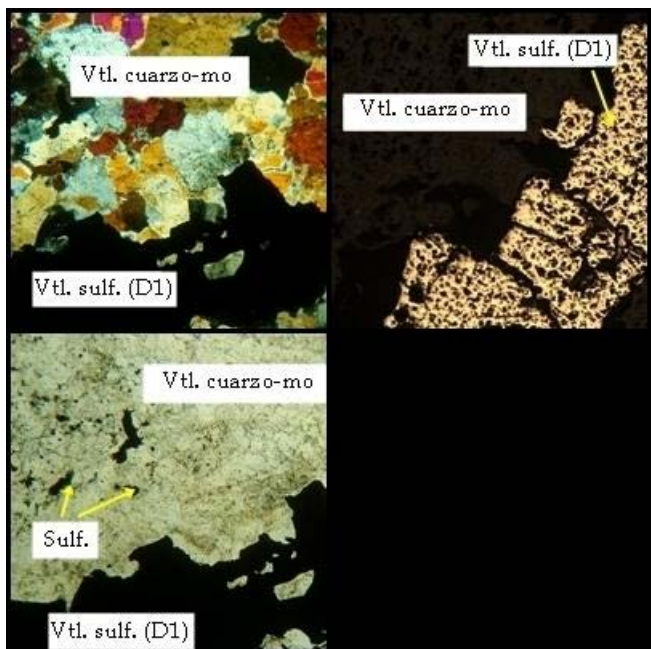




## Observaciones microscópicas de estructuras mineralizadas

**Ubicación:** M176 (SW) / 499.00m  
**Roca:** Porfido(Jefp)  
**Alteracion de la roca:** Fílica(secundaria)  
**Tipos de vetillas:** Qz-sulf (A1)  
**Minerales de Ganga:** Cuarzo, plagioclasas  
**Minerales de alteración:** Sericita  
**Minerales Metálicos:** Pirita trazas

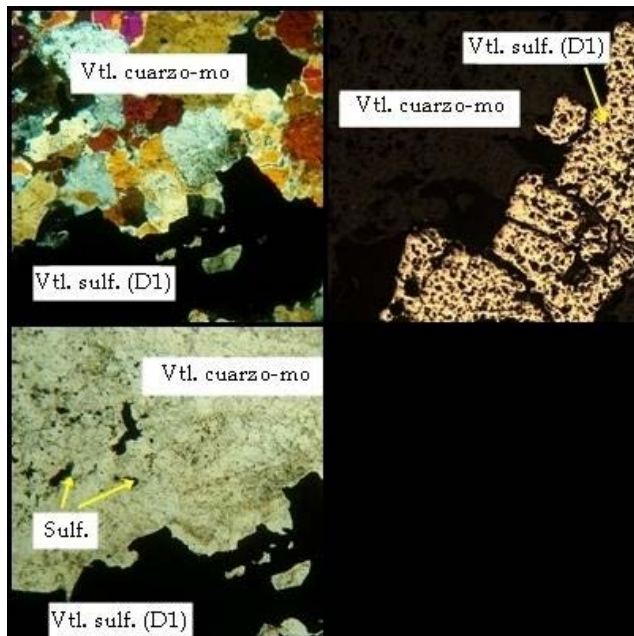
**Ubicación:** M176 (SW) / 499.00m  
**Roca:** Porfido(Jefp)  
**Alteracion de la roca:** Fílica(secundaria)  
**Tipos de vetillas:** Qz-sulf (A1)  
**Minerales de Ganga:** Cuarzo, plagioclasas  
**Minerales de alteración:** Sericita  
**Minerales Metálicos:** Pirita trazas



**Figura 11.** (Sup. Der.), Ns (x) 4x/0.10POL, Vetillas cuarzo – sulfuros (A1), la mineralización primaria de la roca (Fdpt K) ha sido reemplazada por sericita, se presume por ingreso de aguas meteóricas, por medio de fracturas. La sericita se presenta con una textura criptocristalina, también un mix de Plg. + Ser. entre ellos. (Inf. Der). Ns (ll) 4x/0.10POL, vetillas cuarzo - sulfuros (A1). (Izq.), Ns(x), 40x/0.65POL, cristales de sericita, pueden observarse fenocristales a 45°, mostrando su máxima birrefringencia.



**Figura 12.** Muestra de mano, con vetillas agudas (A1), en pórfido temprano (Jefp)



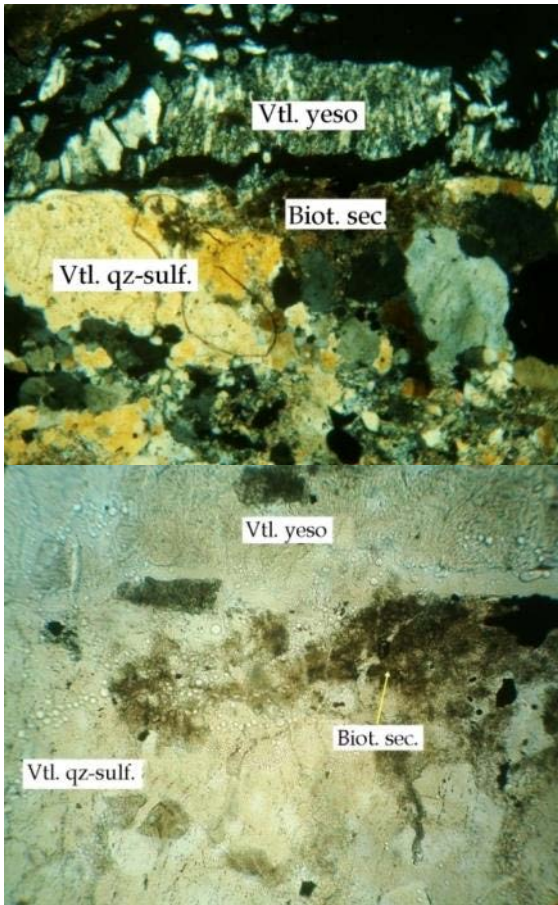
**Figura 13.** (Sup. Izq.), Ns (x), 4x/0.10POL, Vetilla de sulfuros (D1), cortando vetilla qz-mo (A2). (Inf. Izq.), Ns (ll), 4x/0.10POL, se pueden observar en la parte izquierda, los sulfuros diseminados en la vetilla qz - mo, posibles molibdenitas. (Sup. Der), Zoom (50x), Luz reflejada, vetilla de sulfuros (D1), cortando vetilla qz - mo (A2).



**Figura 14.** Muestra de mano, con vetilla qz - mo (A2), en pórfido temprano (Jefp), cortada por vetilla de sulfuros (D1), y ambas cortadas por vetilla de yeso

**Ubicación:** M171 (S) / 290.03m  
**Roca:** Granodiorita (Jzgd)  
**Alteracion de la roca:** Potásica  
**Tipos de vetillas:** Qz - sulf, yeso  
**Minerales de Ganga:** Cuarzo, yeso, plagioclasas  
**Minerales de alteración:** Biotita Sec  
**Minerales Metálicos:** Pirita trazas

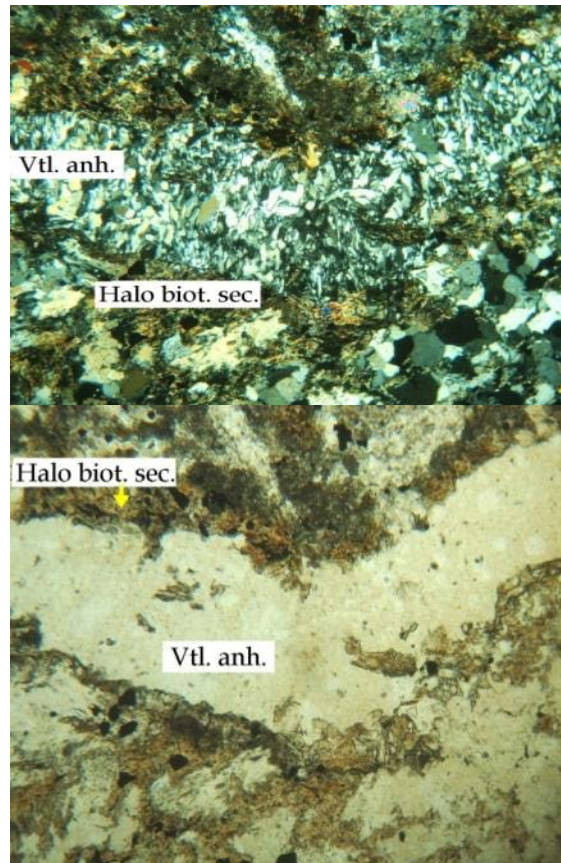
**Ubicación:** M171(S) / 310.80m  
**Roca:** Granodiorita (Jzgd)  
**Alteracion de la roca:** Potásica  
**Tipos de vetillas:** Anhidrita (Anh)  
**Minerales de Ganga:** Anhidrita  
**Minerales de alteración:** Biot. Secundaria  
**Minerales Metálicos:** Pirita



**Figura 15.** (Sup.), Ns (x) 4x/0.10POL; Vetilla de yeso, cortando vetilla de qz - sulf. (A2) (Inf.), Ns (ll) 4x/ 0.10POL; puede observarse la Biot. Sec, que es parte del ensamblaje de la alteración Potásica.



**Figura 16.** Muestra de mano, con vetilla qz-sulf. (A2), en granodiorita (Jzgd), cortada por vetilla de yeso



**Figura 17.** Ns(x) 4x/0.10POL; vetilla de anhidrita. presenta un halo de Biot. Sec. En alteración potásica. Foto inferior, en Ns(II) 4x/0.10POL

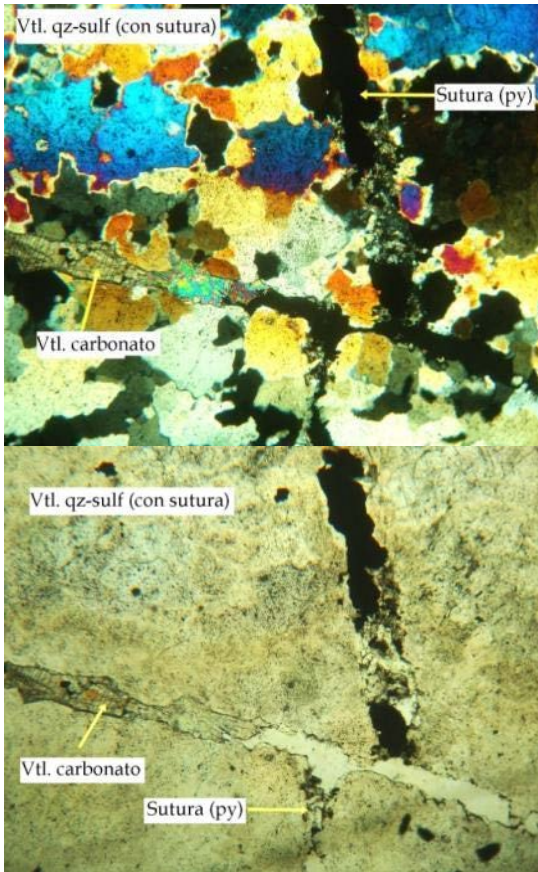


**Figura 18.** Muestra de mano, con vetilla de anhidrita (Anh), con halo de biotita secundaria, es cortada por vetilla de sulfuro (D2), en granodiorita (Jzgd)



**Ubicación:** M208(NE) /400m  
**Roca:** Granodiorita (Jzgd)  
**Alteración de la roca:** Propilítica  
**Tipos de vetillas:** Qz-sulf (con sutura) (B), carbonato  
**Minerales de Ganga:** Cuarzo, carbonato  
**Minerales de alteración:** No  
**Minerales Metálicos:** Pirita, molibdenita

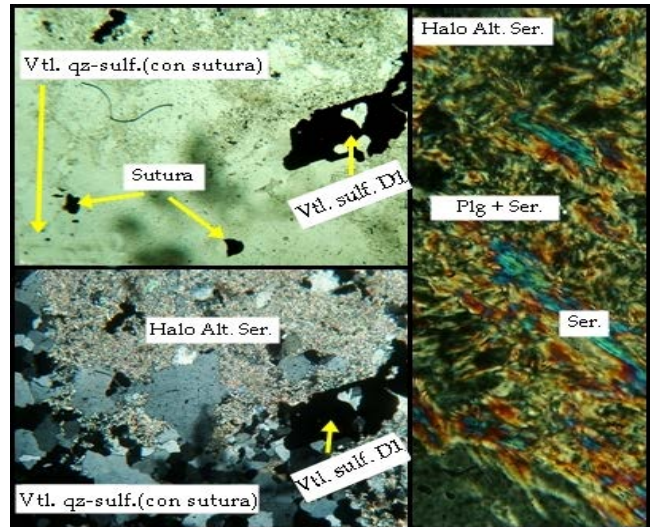
**Ubicación:** M171(S) / 311.10m  
**Roca:** Granodiorita (Jzgd)  
**Alteración de la roca:** Potásica  
**Tipos de vetillas:** Qz-sulf (con sutura) (B), sulf (D1)  
**Minerales de Ganga:** Cuarzo, plagioclasas  
**Minerales de alteración:** Sericita  
**Minerales Metálicos:** Pirita



**Figura 19.** (Sup.), Ns (x), 4x/ 0.10 POL; vetilla de qz - sulfuro (con sutura de Sulfuros), es desplazada por vetilla de Carbonato. (Inf.) Ns(II), 4x/ 0.10POL.



**Figura 20.** Muestra de mano, con vetilla qz – sulfuros (con sutura), en granodiorita (Jzgd).



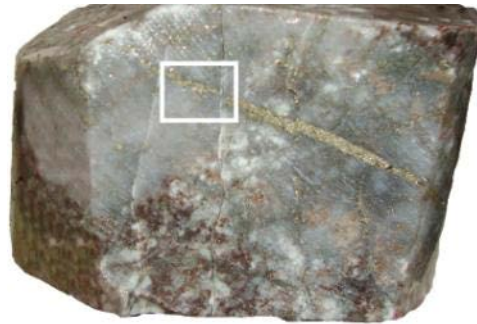
**Figura 21.** (Inf. Izq.), Ns (x) 4x/0.10POL; Vetilla de sulfuro (D1) con halo de alteración sericítico con textura criptocristalina, cortando a vetilla. qz – sulfuro ( con sutura ). (Sup. Izq.), Ns(II) 4x/0.10POL, puede observarse en la vetilla de qz – sulfuro (con sutura), el desplazamiento de la sutura, producido por la inyección de vetilla de sulfuro (D1). (Der.), Ns(x) 40x/0.65POL; el halo de alteración de la vetilla de sulfuro (D1), con fenocristales de sericita a 45°, mostrando su máxima birrefringencia, y una matriz criptocristalina de un mix entre Plagioclasas y Sericitas.



**Figura 22.** Zoom (50x), Luz reflejada, se puede observar en la parte superior derecha, Py en halo de alteración sericítico de vetilla de sulfuro (D1), y también Py en sutura de Vetilla de qz – sulfuro (con sutura), (esquina inferior izquierda).



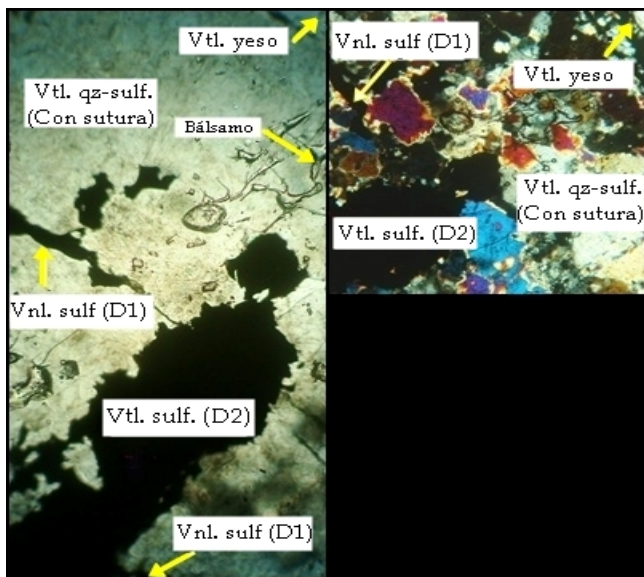
**Figura 23.** Zoom (50x), Luz reflejada, se puede observar en la parte superior derecha, Py en halo de alteración sericítico de vetilla de sulfuro (D1), y también Py en sutura de Vetilla de qz –sulfuro (con sutura), (esquina inferior izquierda).



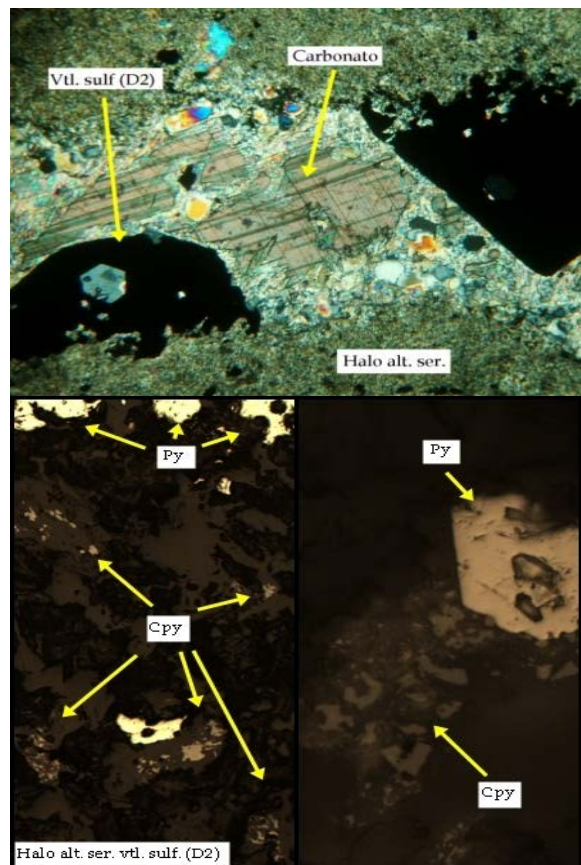
**Figura 25.** Muestra de mano, con vetilla de qz – sulfuros (con sutura), cortada por vetilla de sulfuro (D2), en granodiorita (Jzgd).

**Ubicación:** M171(S) /311.00m  
**Roca:** Granodiorita (Jzgd)  
**Alteracion de la roca:** Potásica  
**Tipos de vetillas:** Qz-sulf (con sutura), sulf (D2), yeso (Y)  
**Minerales de Ganga:** Cuarzo, yeso  
**Minerales de alteración:** No  
**Minerales Metálicos:** Pirita

**Ubicación:** M171(S) /483.84m  
**Roca:** Granodiorita (Jzgd)  
**Alteracion de la roca:** Potásica  
**Tipos de vetillas:** Sulf (D2)  
**Minerales de Ganga:** Cuarzo, plagioclasas, carbonatos  
**Minerales de alteración:** Sericita  
**Minerales Metálicos:** Pirita, calcopirita



**Figura 24.** (Sup. Der), Ns (x), 4x/0.10POL; vetilla qz – sulfuro (con sutura, la sutura no es visible en la imagen) (centro), es cortada por venilla de sulfuro (D1) (inf. cent.), posteriormente estas dos son cortadas por vetilla de sulfuro (D2) (der), es notable el desplazamiento de la venilla, y finalmente la vetilla qz – sulfuros (con sutura) es cortada por una vetilla de yeso (sup. izq.). (Izq.), Ns(II), 4x/0.10POL.



**Figura 26.** Ns (x), 4x/0.10POL; Vetilla de sulfuros (D2), con halo de alteración sericítico.

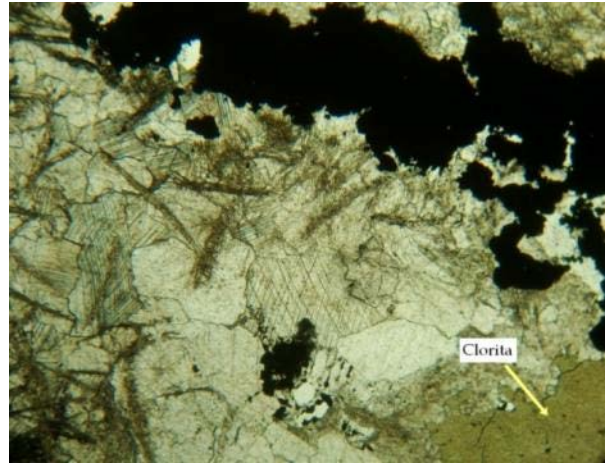


Luz reflejada (Izq.), Zoom (100x), Luz reflejada, halo de alteración sericítico de vetilla de sulfuros (D2), con calcopirita a diferencia de vetillas de sulfuros (D1). (Der.), Zoom (400x), Luz reflejada, halo de alteración sericítico de vetilla de sulfuros (D2), calcopirita con una textura fina, medianamente dispersa, y en menor proporción que pirita en el halo..

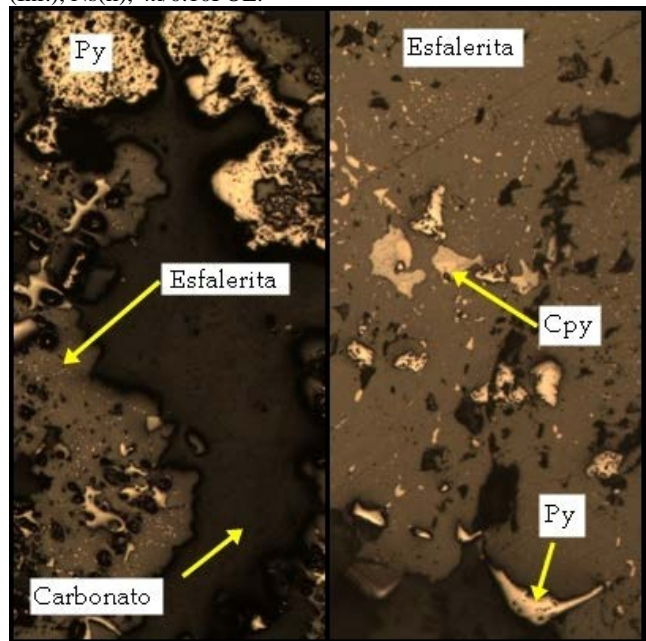


**Figura 27.** Muestra de mano, con 3 vetillas de sulfuros (D2), en misma dirección, en granodiorita (Jzgd),

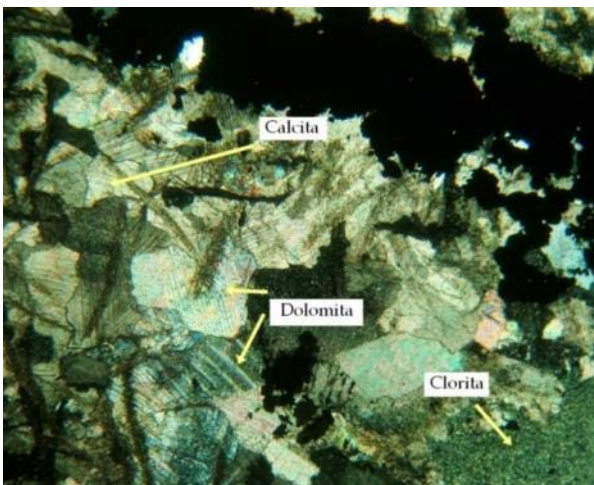
**Ubicación:** M185(NE) /45.30m  
**Roca:** Granodiorita (Jzgd)  
**Alteración de la roca:** Propilítica  
**Tipos de vetillas:** Polimetálica (Pol.)  
**Minerales de Ganga:** Cuarzo, calcita, dolomita  
**Minerales de alteración:** Clorita  
**Minerales Metálicos:** Esfalerita pirita, calcopirita



**Figura 28.** (Sup.), Ns(x), 4x/0.10POL; vetilla polimetálica (Pol.) con esfalerita, carbonatos (dolomita y calcita), y un cristal de clorita en la esquina inferior, que es parte de la alteración de la roca.  
 (Inf.), Ns(II), 4x/0.10POL.



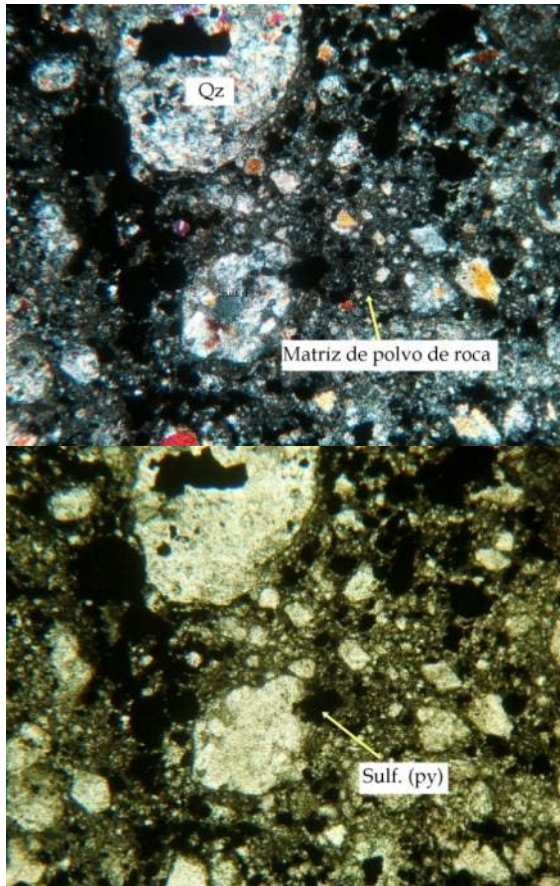
**Figura 29.** (Izq.) Zoom 50x, en la vetilla polimetálica, los carbonatos no tienen reflectancia (color negro), (Der.) Zoom 200x, Pirita y Calcopirita sobre esfalerita.



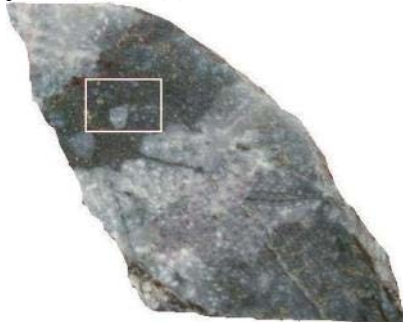
**Figura 30.** Muestra de mano, con vetilla polimetálica, en granodiorita (Jzgd).



**Ubicación:** M193(E) /354.00m  
**Roca:** Pórfido temprano (Jefp)  
**Alteración de la roca:** Potásica  
**Tipos de vetillas:** Flujo brecha post-mineral  
**Minerales de Ganga:** Cuarzo, arcilla  
**Minerales de alteración:** No  
**Minerales Metálicos:** Pirita



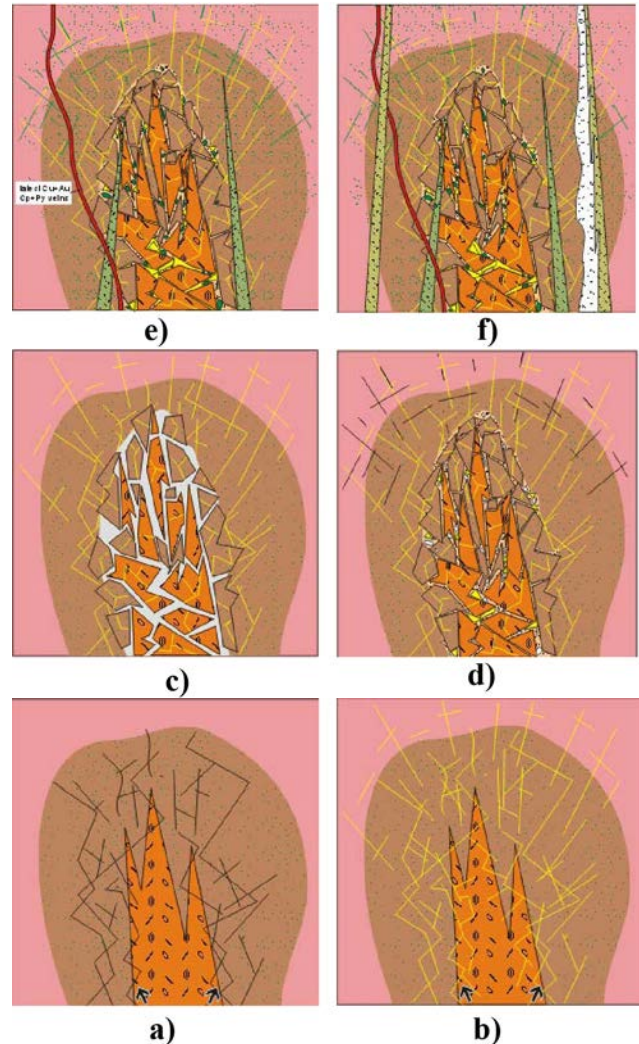
**Figura 31.** (Sup.), Ns(x), 4x/ 0.10POL; Flujo brecha post-mineral, con clastos de cuarzo y matriz de polvo de roca, con pirita. (Inf), Ns(II), 4x/ 0.10POL



**Figura 32.** Muestra de mano, con flujo de brecha post-mineral, en pórfido temprano (Jefp), emplazado posteriormente a vetilla de sulfuro (D1), debido al halo de sericita a sus lados.

### 3. Resultados y Discusión

#### Paragénesis y estructuras mineralizadas



**Figura 33.** La figura muestra las fases evolutivas de intrusión y mineralización del pórfido cuprífero de Mirador.

a) Con el inicio el proceso tardimagmático o potásico, encontrándose como unidad pre-existente en la zona, el Batolito de Zamora (granodiorita), contando con zonas de debilidad o permeables, el magma diorítico hornblendo-feldespático, intruyó la roca de caja, generando en ésta un halo de alteración potásica; según estudios de los depósitos pórfidos cupríferos Chile y el sur de Perú, éste halo se desarrolla a temperaturas superiores a 300°C, a partir de fluidos altamente salinos (>35% - 40%) en peso de NaCl, con altas razones de K<sup>+</sup>/H<sup>+</sup>, y un régimen de alta fugacidad

de Oxígeno y actividad de Azufre (Beane y Titley, 1981), también resultando zonas de fracturamiento mecánico por cristalización y aumento de volumen del intrusivo, y transportando mineralización temprana de calcopirita diseminada, llevando oro en sus cristales (según análisis de laboratorio), parte de éste evento es la formación de vetillas de cuarzo – sulfuros (A1) en el pórfido temprano su forma agusanada, indican la ductibilidad del ambiente.

b) La actividad continuó con una etapa temprana de mineralización de molibdeno a través de fracturas y planos de fallas posteriormente un pulso de vetillas de cuarzo-sulfuros fué inyectado, fusionándose con el molibdeno en los sectores donde éste se había emplazado previamente e inyectándose solamente en aquellos sectores donde no existía molibdeno previo, formando las denominadas tipo “A2” características de la zona de alteración potásica del pórfido temprano y de la roca de caja.

Contemporáneamente se dieron otro tipo de vetillas características del evento, en la zona de la roca de caja, son las vetillas de anhídrita (Anh.) y las vetillas de sulfuros tempranos (sulf. temp.), que se cree fueron el primer evento principal de aporte de cobre al sistema. Una fase de alteración posterior a la potásica y casi contemporánea, es la alteración propilítica, donde se desarrollaron vetillas de magnetita (M).

c) Debido a que el agua se evapora a 100°C, a 1 Ba de presión (atmosférica) y el magma tiene temperaturas que superan 600°C a profundidades de 1 a 3 Km, con presiones de 500 Ba a una profundidad de 2Km (Burnham y Ohmoto, 1980; y Fournier, 1990), los excesos de agua (debido a la separación, en la cristalización de minerales), son expulsados en forma gaseosa, cuando se libera esta fase volátil del magma, elementos como el azufre, cobre, oro y molibdeno pueden concentrarse en solución en ella. Cuando la parte acuosa del magma es expulsada por ebullición, el exceso de presión de los vapores produjo fuerte fracturamiento y brechación del pórfido temprano y roca de caja, inflando al

sistema, lo que provee vías permeables para que las soluciones hidrotermales de derivación magmática fluyan a través de éstas y depositen su carga mineralizada, lo que indica que el proceso de expansión de la alteración hidrotermal continuó.

d) Despresurización y colapso del sistema, dejando espacios abiertos, susceptibles a ser rellenos en la siguiente fase de mineralización, también fracturamiento de la roca de caja periférica de la brecha, debido a efectos mecánicos producidos durante la despresurización, éste evento es asociado a la formación de las vetillas de cuarzo-sulfuros (con sutura) (B), debido al descenso de la temperatura, producido por el ingreso de aguas meteóricas al sistema, luego del colapso (Gustafson & Hunt 1975).

e) Siendo la segunda fase de mineralización importante de cobre y oro, calcopirita y pirita diseminada en el halo, alcanzando mayores distancias, relleno de cavidades en forma de bolsas producidas luego del colapso de la brecha y en vetillas finas, se asocia esta fase, a la formación de vetillas de sulfuros con halo sericítico-clorítico. Posteriormente la formación de la alteración sericítica y la generación de las vetillas de sulfuros, las que son características por presentar halos de alteración sericítico alrededor de ellas, fueron clasificadas dos fases de este tipo de vetillas, puesto que la primera (sulfuros D1) pertenece a un evento de hierro (pirita) y la segunda fase (sulfuros D2) que fue encontrada cortando a las primeras, representan un evento de hierro y cobre se cree, ésta última, representa una removilización de mineralizaciones previas. También se dio la intrusión del pórfido tardío (Jhbp)

f) Como últimos eventos de intrusión y mineralización, la intrusión de un dique tardío a post-mineral; intrusión de vetillas polimetálicas seguido no muy posteriormente de la intrusión de diques de brechas freato-magmáticas con clastos de diferentes litologías,(Jzgd, Jefp, Jhbp).

### Control estructural del sistema de vetillas.

Las vetillas del depósito de Mirador, muestran cinco trenes estructurales o familias de tendencias principales (tablas 1), tres de ellas, posiblemente hayan sido influenciadas por esfuerzos tectónicos de estructuras regionales de la zona de Zamora, debido a las relaciones angulares que sostienen, son visibles a 62 km hacia el S y a 35 km hacia el W del depósito, en el mapa geológico de Zamora, Hoja 77, relaciones geocronológicas de éstas estructuras, no pudieron ser determinadas debido a las limitaciones del estudio. Una de éstas tendencias, con  $185^{\circ} \pm 13^{\circ}$ , presentando fuertes inclinaciones hacia el W-NW, medias y fuertes inclinaciones hacia el E-SE, es relacionada a la Falla de cabalgamiento de la Cordillera Real, que se presenta como un eje positivo desde el Mesozoico Inferior. Otra con  $216^{\circ} \pm 13^{\circ}$ , con inclinaciones medias y fuertes hacia el NW e inclinaciones medias hacia el SE, se la relaciona a una fractura paralela a la cordillera de Tzunantza, La Quebrada de El Oro. Una tendencia con  $266^{\circ} \pm 10^{\circ}$ , con inclinaciones fuertes hacia el N- NW e inclinaciones suaves, medias y fuertes hacia el S-SE, se la relaciona a la falla inferida de rumbo E-W que atraviesa la zona. Dos tendencias restantes, con rumbos  $296^{\circ} \pm 13^{\circ}$ , con inclinaciones medias y medias – fuertes hacia el NE e inclinaciones medias hacia el SW;  $336^{\circ} \pm 12^{\circ}$ , con inclinaciones medias – suaves hacia el NE e inclinaciones medias – suaves, medias y fuertes hacia el SW, se piensa pertenecen a esfuerzos locales del sistema.

## 4. Conclusiones

Se identificaron once (11) tipos de vetillas, producidas durante los procesos hidrotermales, a partir de la intrusión de un pórfido cuprífero, en Mirador, que fueron denominadas en base a sus constituyentes mayoritarios éstas corresponden a las etapas tardimagmática (potásica- propilítica), transicional e hidrotermal principal, que existen en el depósito.

Se determinaron las distintas paragénesis del

sistema de vetillas (véase tablas 1), que con la ayuda de diez (10) láminas delgadas y cuatro (4) secciones pulidas (véase capítulo V.I.), pudo ser sustentada para los casos necesarios, en cuanto a intersección de sus planos, los que aportaron a la determinación de las edades relativas y a la identificación de mineralizaciones metálicas y no metálicas. Con ésta información, se pudo también determinar los eventos con mayor contenido de cobre (calcopirita), éstos pertenecen al evento de las vetillas con sulfuros tempranos que fue el primer aporte; las vetillas de sulfuros con halo de clorita, que fue el segundo aporte y una deposición de cobre, son las vetillas de sulfuros con halo de sericita (D2). La mayor incidencia de estos tres tipos de vetillas y obviamente leyes de cobre también, son presentes en los sectores N (M197), S (M171) y SW (M176).

Se obtuvieron datos estructurales, de dirección de manto e inclinación de las estructuras mineralizadas de los núcleos de perforación orientados, de los que se realizó un análisis, puesto que presentan una amplia variedad de tendencias, sin necesidad que éstas dependan del evento de mineralización, ni el sector donde se emplazaron, durante toda la evolución del sistema; sin embargo se pudieron observar tendencias marcadas de cada paragénesis, de las que se piensa podrían obedecer a esfuerzos de controles estructurales de carácter regional que influenciaron el fracturamiento de la roca, previo al emplazamiento de las vetillas; se generaron gráficos estructurales con los que se logró simplificar la información y en base a éstos, obtener las orientaciones relacionadas a los fracturamientos locales principales del sistema, estas direcciones preferenciales, se presentan en sentidos N-S, que es relacionada a la falla de cabalgamiento de la Cordillera Real; NE-SW, relacionada a una fractura paralela a la Cordillera de Tzunanza, La Quebrada de El Oro; E-W, relacionada a una falla inferida que atraviesa la zona de Zamora [(W - NW) – (E- SE)] y [(NW – N) – (SE - S)]. (tabla 1)



## 5. Recomendaciones

En base a las vetillas, de los sectores determinados con mayores contenidos del mineral de mena y sus tendencias, como aquellas detectadas en los sectores N (M197), vetillas de sulfuros con halo de ser-cl, con pendientes entre 65° y 70° hacia el SE; en el sector NW (M208), vetilla de sulfuros tempranos, con una pendiente de 77° hacia el NW; éstas vetillas presentan rumbos desde 210° a 231°, perteneciendo a la tendencia principal determinada de 216°; se recomienda realizar exploraciones en el sector N-NW.

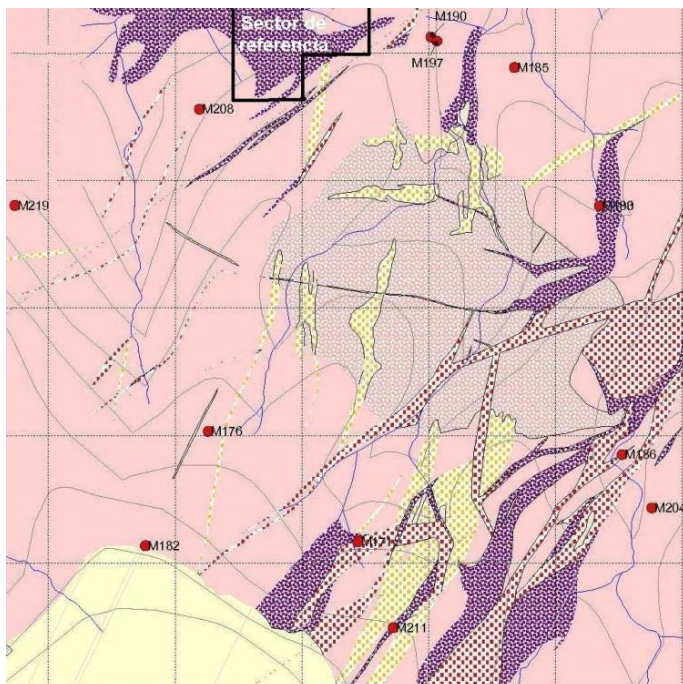


Figura . Número total = 22.

## Referencias

[1] Barra de la Guarda, (2006), Geología, alteración y mineralización del prospecto de cobre Atutema, IV región, Chile; Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, departamento de geología.

[2] Boyle, R.W., (1979). Chapter IV. Oxidation and secondary enrichment of gold deposits. Geological Survey of Canada, Bulletin 280, pp. 431-435.

[3] Cannell J., Walshe J., Stein H., (2005), Geology, Mineralization, Alteration, and Structural Evolution of

the El Teniente Porphyry Cu-Mo Deposit. Economic Geology, v. 100, pp. 979–1003.

[4] Castro, (2008), Zonas de interacción magmática; Universidad de Huelga, Trabajo de Campo II, 3° Geología.

[5] Chávez, (2007), Geología de la zona de alteración hidrotermal de Domeyko y del yacimiento de cobre Dos Amigos, Región de Atacama, Chile. Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, departamento de geología.

[6] Garza González, (2007), Metalogenia del pórfido de cobre de Tiámara, Estado de Michoacán. Universidad Nacional Autónoma de México.

[7] Gustafson y Hunt, (1975), El Salvador, Economic Geology, V. 70, N° 5, pp. 857-912.

[8] Maksaev, 2001, Reseña metalogénica de Chile y de los procesos que determinan la metalogénesis andina Maksaev, (2003), Evolucion del conocimiento de los procesos involucrados en la génesis de los pórfidos cupríferos; basado en Jeffrey W. Hedenquist y Jeremy P. Richards (1998), The influence of Geochemical Techniques on the Development of Genetic Models for Porphyry Copper Deposit, Vol. 10 Economic Geology.

[9] Orlando Alvarez, Román Flores, Codelco Chile, División Chuquicamata, (1985); Alteración y mineralización hipógena en el yacimiento de Chuquicamata, Chile.

[10] Reflex instrumentos, (2007), Guia para usuario Reflex ACT/QPQ; <http://www.reflexinstruments.com/reflex-act.html>

[11] Valencia-Moreno, Ochoa-Landín, Noguez-Alcántara, Ruiz, Pérez-Segura, (2006), Características metalogénicas de los depósitos de tipo pórfido cuprífero en México y su situación en el contexto mundial Boletín de la Sociedad Geológica mexicana, volumen conmemorativo del Centenario, revisión de algunas tipologías de depósitos minerales en México, tomo LVIII, núm. 1, 2006, P. 1-26

[12] Vergara, (2002), Segunda Ebullición y su relación con la formación de stockwork y brechas hidrotermales; Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, departamento de geología.

[13] Gómez-Gutiérrez, D.F. & Molano-Mendoza, J.C. (2009): Evaluación de zonas de alteración hidrotermal y fases intrusivas, para el prospecto “Stock orfirítico de Piedra Sentada” (Vereda Santa Lucía) Cauca, Colombia.- geología colombiana, 34, pp. 75-94, 29 Figs., Bogotá.



# SISTEMÁTICA Y ECOLOGÍA DE LAS MEDUSAS (*Cnidarias: Hydrozoa*) EN LA ZONA COSTERA SUR DE LA BAHÍA DE SANTA ELENA DURANTE EL PERIODO (OCTUBRE 2004 – OCTUBRE 2005)

*Systematics and Ecology of jellyfish (cnidarians: Hydrozoa) in the South Coast area of Santa Elena Bay During the Period (October 2004 - October 2005)*

Carlos Andrade Ruiz <sup>1</sup>, Johnny Chavarria Viteri <sup>2</sup>

Recibido el 5 de agosto de 2010; recibido en forma revisada 15 de noviembre 2010, aceptado 5 de diciembre 2010

## Resumen

La presente investigación se desarrolló en el sector Sur de la Bahía de Santa Elena durante Octubre 2004 a Octubre 2005, se identificó 24 especies, clasificados en 6 órdenes: 5 de la clase Hydrozoa, con 16 familias; 22 géneros y 22 especies, y 2 clases: la clase Scyphozoa con 1 especie y la clase Cubozoa con 1 especie.

En el análisis estadístico se obtuvo un intervalo de confianza del 95% en la estación lluviosa y una correlación positiva promedio en la temperatura con 0.75. Para la estación seca se registró una correlación negativa significativa de -0.77 en varias especies. En el índice de Shannon se reportó una máxima diversidad en época seca durante octubre con 2.58 bits en la mañana y por las tardes la máxima densidad se registró en septiembre con 2.71 bits. En la estación lluviosa en la mañana se reportó un máximo índice en enero con 2.74 bits, mientras por la tarde la máxima diversidad se evidenció en febrero con 2.72 bits.

El índice de uniformidad durante la mañana en la estación seca reportó su máximo índice en agosto con 0.92 bits y mientras en la tarde se observó dos índices máximos en junio y septiembre con un promedio de 0.90 bits. Para la estación lluviosa en la mañana el índice presentó valores altos de 0.89 bits y por la tarde un índice mínimo de 0.87 bits en toda el área.

**Palabras Clave:** Hydromedusae, Índices de diversidad, Variación, poblacional, Abundancia.

## Abstract

This study was conducted in the South area of St. Elena Bay from October 2004 to October 2005, Twenty four species were identified, classified into six orders: five of the class Hydrozoa, with 16 families, 22 genera and 22 species, and 2 classes: Class Scyphozoa with a kind and class Cubozoa with 1 species.

With a confidence interval of 95% there were few changes at the jelly fish distribution. At the rainy season, there was a positive correlation between the distribution of Jelly fish species (*Euphysa aurata*, *Eucheilota nemoni* y *Solmundella bitentaculata*, etc.) and temperature. While to the dry season temperature was negatively correlated (-0.77) with the general distribution of Jellyfish species (*Eucheilota nemoni*, *Clytia hemisphaerica* y *Provoscidactyla ornata*). A high diversity was reported to the dry season in October and September with 2.58 bits in the morning and, 2.71 bits at evening respectively. To the rainy season a maximum value was reported to January with 2.74 bits (morning), while in February with 2.72 bits.

In August there was a value of uniformity of 0.92 bits (highest value at the afternoon) while June and September the average value was 0.90 bits. At the rainy season the highest values of uniformity were 0.89 bits and 0.87 bits to the morning and to the afternoon respectively.

**Key words:** Hydromedusae, diversity indices, population change, Abundance.

<sup>1</sup> Biólogo, Tesis de Grado para la obtención del Título de Magíster en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y el Medio Ambiente – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

<sup>2</sup> Magíster en Ingeniería Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, 2002, Ingeniero en Oceanografía y Ciencias Ambientales. Investigador asociado a Acuicultura y Clima, Fundación CENAIME – ESPOL, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Profesor Agregado. Tutor de Tesis, – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue, 2010. johnny\_chavarria@consultant.com

## 1. Introducción

Las hidromedusas son consideradas, dentro de un plano general, como metazoarios diblásticos, caracterizados por presentar tentáculos revestidos de células urticantes denominados nematocistos y por la presencia de dos fases en su desarrollo, alternante entre fase hidroide sesil que es bentónico y se reproduce asexualmente para formar medusas, fase medusoide libre nadadora que se reproduce sexualmente para formar larvas, las cuales se fijan al substrato y se desarrollan en hidroides (Berril, 1950, citado en Segura-Puertas, 1984).

Las especies pueden ser divididas en tres grupos ecológicos; especies neríticas, especies de talud y especie oceánica, este último grupo puede subdividirse en especies epipelágicas y batipelágicas. En las especies neríticas y de talud están representados por especies de los órdenes Anthomedusae, Leptomedusae, Limnomedusae, Semaesostomeae y Rhizostomeae, mientras que las especies oceánicas están representadas por los órdenes Trachymedusae y Narcomedusae (traquilina) y las coronatae.

Considerando que la mayoría de las medusas son organismos eiplanctónicos, es preciso señalar la diferencia entre las especies de Leptolinae y Trachylinae, evidenciando a las primeras como marcadamente superficiales, aunque existen excepciones de especies con desplazamiento verticales hasta 2000 metros De acuerdo a los resultados de la "Meteor Expedition" Thiel (1938a) señala que por debajo de los 100 metros ha y una brusca disminución de especies de Leptolinae; en el "Discover y Expedition" en aguas antárticas las medusas evidencian rangos batimétricos muy profundos para algunas especies. En el Mar Weddel alcanzan 1400 metros de profundidad.

Las especies de Trachylinae evidencian un desplazamiento batipelágico. La "Challenger Expedition" registró la presencia medusas en Kerguelen a 1260 brazas de profundidad (Haeckel, 1882), mientras que el "Discover y Expedition" la halló en aguas Antárticas a 1080 y 830 m (Kramp, 1957a y b). De acuerdo a los

resultados de la "Meteor Expedition" Thiel (1938a) establece para las Trachilinas tres categorías: las especies que predominan numéricamente en los niveles de superficie entre 0 y 100 m la segunda categoría que corresponde a niveles medios, aproximadamente entre 400 y

200 m y una tercera categoría correspondiente a aquellas especies que aunque ocupan niveles profundos, viven en niveles superficiales durante sus etapas de huevo y juvenil, pasando a niveles inferiores hasta alcanzar un mayor tamaño.

Möller, (1979) estableció una correlación existente entre la abundancia de celenterados y el ictioplancton, por ejemplo una correlación positiva entre el incremento de medusas y la disminución de larvas de góbidos fue observada en dos ocasiones. Tanto la depredación de medusas como ctenóforos sobre huevos y larvas de peces indicada por Lebour (1923), Thill (1937) y Fraser (1969).

En general la abundancia en sus nichos ecológicos, depende de algunos factores hidrológicos como: temperatura, salinidad, nutrientes, tipos de fondos, corrientes y formas de reproducción (Ramírez y Zamponi, 1981), luz, presión, disponibilidad de alimento, interacciones biológicas (Graham. et al., 2001) y ciclos de evolución vital (Mills, 2001). Sin embargo, las características hidrológicas de muchas áreas costeras no permiten una elevada riqueza específica, dominando estacional o anualmente especies selectas eurihalinas o euritermas. Los incrementos en la riqueza de especies pueden producirse por la influencia periódica o irregular de aguas oceánicas en estas áreas (Zamponi et al., 1990).

La presente investigación da a conocer los resultados de las muestras analizadas de plancton obtenidas a través del proyecto Perspectiva Ambiental para el Desarrollo Sustentable de la Bahía de Santa Elena, ejecutado de octubre de 2004 a octubre 2005 por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), con muestras obtenidas en la mañana y tarde a nivel superficial.

El propósito fundamental de este trabajo es identificar las especies de medusas en el sector sur de la Bahía de Santa Elena. Esta investigación será un aporte científico para el país, cuyos resultados demostrarán la presencia o ausencia de los organismos gelatinosos en las masas de aguas y su variación estacional.

Debido a la intensa actividad depredadora de las medusas y su rol preponderante en la estructura y dinámica del zooplancton (Mackie, 1976), se ha considerado necesario determinar su abundancia y correlacionar estos datos con las variables abióticas para conocer su tendencia, distribución geográfica y la diversidad planctónica en esta área.

En nuestras costas muchos son los problemas que se presentan debido al efecto nocivo que ocasionan los organismos gelatinosos (medusas), llamados aguas malas, desconociéndose las especies existentes y su relación como posibles indicadores biológicos de masas de aguas.

### **Objetivo general:**

1. Determinar la sistemática y ecología de las medusas (Cnidarios: Hidrozoa) en la zona costera sur de la Bahía de Santa Elena, durante el periodo de octubre 2004 a octubre 2005.

### **Objetivos específicos:**

1. Sistematizar las especies de la clase Cnidaria observadas en el sector Sur de la Bahía de Santa Elena y elaborar un catálogo de especies existentes durante octubre 2004 a octubre 2005.
2. Analizar la variabilidad superficial y abundancia de las medusas durante las dos épocas estacionales.
3. Determinar la ecología y diversidad de medusas considerando las variables ambientales.
4. Establecer las distribuciones estacionales de las especies identificadas de medusas durante el periodo de estudio.

## **2. Materiales y Métodos**

### **Área de Estudio**

La Bahía de Santa Elena (La Libertad) está ubicada en la franja costera oeste de la provincia del mismo nombre, dicha área de estudio está dividida en 6 estaciones de monitoreo localizadas de la siguiente manera: Puerto Lucía (Estación # 1), hacia el Oeste E2 (Boya Bellsouht), E3 (Boyas Internacionales), E4 Bajo ballenita, E5 Punta Chullupe y E6 Boya la Tortuga, todas limitada por los paralelos 2°11'53,2" y 2°13'12,06" Latitud Sur y los meridianos 80°53'6,9" y 80°54'48,9" long. W.

Las estaciones 1, 6 y 5 están ubicadas en promedio a 317 m de la zona de playa; las estaciones 2, 3 y 4 a una distancia promedio de 2503 m.

### **De campo**

Para el posicionamiento geográfico de las 6 estaciones de monitoreo en la Bahía de Santa Elena se realizó mediante la aplicación de un DGPS (Sistema de Posicionamiento Geodésico Diferencial), marca Trimble modelo 5700 de alta precisión y dicha información es recopilada y guardada en sistema UTM (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator), posteriormente se realizó el levantamiento geográfico del área de estudio realizando el respectivo plano georeferenciado.

Se realizaron muestreos superficiales una vez por mes de Octubre 2004 a Octubre 2005, en la mañana y tarde, los muestreos duraron 5 minutos y se realizaron en forma circular con un diámetro de 100m, con una velocidad de 2 nudos, en una embarcación de fibra con motor fuera de borda (75 HP), el zooplancton colectado fue colocado en frascos de plástico de 500ml de capacidad, rotulados y trasladados al laboratorio para el respectivo análisis y separación de las medusas.

Todas las muestras biológicas fueron obtenidas con una red Standard cónica simple WP-2 de 335µ, con boca de red 0,30m de diámetro y 1m de longitud.

La salinidad superficial del mar (SSM) obtenida en los muestreos, fue medida con un refractómetro BIO-MARINE, modelo ABMTC con rango de 0 a

100‰, calibrado con agua destilada, para la lectura de datos, la temperatura superficial del mar se tomó con un termómetro de mercurio graduado entre un rango de 10 a 60° C durante todos los muestreos realizados en la mañana y tarde, el disco Secchi se utilizó para obtener la turbidez y registrar la visibilidad del agua en cada estación.

## De laboratorio

### Fijación de las muestras

Las muestras de zooplancton fueron narcotizadas con Cloruro de magnesio al 7,5% (Smaldo & Lee 1979) y fijadas con formalina al 4% neutralizado con Tetraborato de sodio hasta obtener un Ph de 7.5 a 8.0 (Boltovskoy, 1981).

En el laboratorio se procedió a subdividir las muestras zooplanctónicas cuando estas son abundantes, utilizando el submuestreador de Folson (Mc Ewen et al., 1954).

Para realizar el conteo cuali-cuantitativo del zooplancton se procedió a realizarlo en la cámara de Bogorov (Boltovskoy, 1981). Posteriormente se realizó la separación de las medusas de las muestras de zooplancton.

Las muestras obtenidas fueron identificadas con un microscopio Boeco-Germany modelo 21922, con objetivos acromáticos de 4, 10 y 40 x y ocular de 10 x, la identificación de las muestras de medusas se efectuó colocando un organismo en una placa excavada o en una caja petri según su tamaño, observando sus estructuras más importantes haciendo énfasis en sus tentáculos, manubrio, gónadas y umbrela.

Para la identificación taxonómica de las hidromedusas y zooplancton acompañante se siguió la metodología de Boltovskoy, op.cit. Tregouboff, G. & M. Rose (1957); Pages F., et al. (1992); Bouillon, 1999; Kramp, 1968; Young, 2002; De Boyd, 1977.

La densidad promedio de los organismos fue expresada en número de ind. (100 m<sup>-3</sup>)-1. Posteriormente se procedió a tabular los datos obtenidos para el análisis de distribución de especies.

Para determinar el volumen de agua filtrada se utilizó la siguiente fórmula

a) El área de la superficie de la red, se utilizó la fórmula del círculo.

$$(r^2)$$

r: radio boca red cónica simple  
: 3.1416.

a) El volumen de agua filtrada.

Superficie de boca de red x Distancia del arrastre (m) x Eficiencia de filtración

b) Eficiencia de filtración: Se utilizó el un coeficiente de filtración de 0.9 para calcular el error de volumen de agua filtrada (Sampling, 1968).

Para calcular la biomasa en el arrastre superficial se utilizó la siguiente fórmula

$$N = \frac{n(100)}{vf}$$

Donde

N = Número de Organismos en 100 m<sup>3</sup>

N = Número de Organismos en la muestras.

Vf = Volumen de agua filtrada en el arrastre (22 m<sup>3</sup>).

## Estadísticas

### Índice estadístico y ecológicos empleados para la interpretación de datos

Con los datos obtenidos se procedió a relacionar con los parámetros abióticos como: temperatura, salinidad, para efecto se utilizó la prueba estadística inferencial estableciéndose un nivel de confianza del 95%, para lo cual se empleo el programa estadístico de Excel.

La abundancia de las especies se correlacionó con la temperatura y salinidad del área de estudio mediante el coeficiente de correlación de (Pearson, 1948) (Tabla 1). Para variables cuantitativas ya que se considera un índice que mide el grado de covariación y las desviaciones típicas de las dos variables (en su forma insesgada), relacionadas linealmente, es decir, cuya relación es potencialmente significativa. El resultado numérico fluctúa entre los rangos de +1 a -1, quedando definido mediante la siguiente fórmula:

$$r = \frac{C(x,y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Tabla 1. Rangos comparativos del coeficiente de correlación de Pearson

| Rangos |      | Interpretación |
|--------|------|----------------|
| 0,000  | 0,09 | Nula           |
| 0,10   | 0,19 | Muy débil      |
| 0,20   | 0,49 | Débil          |
| 0,50   | 0,69 | Moderado       |
| 0,70   | 0,84 | Significativo  |
| 0,85   | 0,95 | Fuerte         |
| 0,96   | 1    | Perfecta       |

Se evaluó la riqueza específica de estacionalidad basándose en el número de especies. La diversidad fue obtenida mediante el Índice de Shannon-Weaver, (1949).

La dominancia en la comunidad se valoró mediante el índice de Simpson, (Simpson, 1949). Este índice evalúa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, toma en cuenta la representatividad con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de especie (Moreno, 2001).

La equidad o grado de uniformidad en la repartición de los individuos entre las especies fue valorada, con el índice de equidad (Pielou, 1975).

### Sistemática

La clasificación taxonómica presentada en los siguientes párrafos y las características descritas de las especies de hydromedusas encontradas en el presente trabajo de investigación fueron identificadas mediante las claves taxonómicas de Kramp, 1968; Segura, 1984; Bouillon & Barnett, 1999; Pagés & Bouillon, 1992.

## 3. Resultados

### Sistemática de las especies de medusas en la Bahía de Santa Elena durante octubre 2004 a octubre 2005

#### Lista de especies

Las especies identificadas y examinadas incluyen 22 hydrozoa, 1 scyphozoa, 1 cubozoa incluido 1 siphonophoro.

**Phylum:** Cnidaria (Verrill, 1886)

**Clase:** Hydrozoa (Owen, 1843)

**Subclase:** Hydromedusae (Bouillon, Boero, Cicogna, Gili and Hughes, 1992)

**Orden:** Anthomedusae (Haeckel, 1879)

**Familia:** Corynidae (Johnston, 1836)

**Género:** Dipurena (Mc Crady, 1857)

**Especie:** *Dipurena ophiogaster* (Haeckel, 1879)

**Género:** Sarsia (Lesson, 1843)

**Especie:** *Sarsia coccometra* (Bigelow, 1909)

**Familia:** Tubularidae (Haeckel, 1879)

**Género:** Euphysa (Forbes, 1846)

**Especie:** *Euphysa aurata* (Forbes, 1846)

**Familia:** Bougainvillidae (Lütken, 1850)

**Género:** Bougainvillia (Lesson, 1836)

**Especie:** *Bougainvillia muscus* (Van Beneden, 1844)

**Familia:** Pandeidae (Haeckel, 1879)

**Género:** Leuckartiara (Hartlaub, 1913)

**Especie:** *Leuckartiara octona* (Flemig, 1823)

**Familia:** Pandeidae (Haeckel, 1879)

**Género:** Pandeia (Lesson, 1843)

**Especie:** *Pandeia cónica* (Quoy and Gaimard, 1827)

**Género:** Amphynema (Peron & Lesueur, 1810)

**Especie:** *Amphynema physopharum* (Quoy & Gaimard, 1827)

**Orden:** Leptomedusae (Haeckel, 1886)

**Suborden:** Campanulariida (Bouillon, 1984)

**Familia:** Aequoreidae (Eschscholtz, 1829)

**Género:** Aequorea (Péron and Lesueur, 1810)

**Especie:** *Aequorea aequorea* (Forsk. 1775)

**Género:** Clytia (Leuckart, 1856)  
**Especie:** *Clytia hemispherica* (Linnaeus, 1767)

**Género:** Obelia (Perón and Lesueur, 1810)  
**Especie:** *Obelia sp.*

**Familia:** Eirenidae (Haeckel, 1879)  
**Género:** Eirene  
**Especie:** *Eirene tenuis* (Browne, 1905, After Kramp, 1968)

**Familia:** Lovenellidae (Hings, 1868)  
**Género:** Lovenella  
**Especie:** *Eucheilota menoni* (Kramp, 1959c, 1968)

**Familia :** Eutimidae (Eschsholtz, 1820)  
**Género:** Eutima (Eschsholtz, 1820)  
**Especie:** *Eutima orientalis* (Browne, 1905, Alter Kramp, 1968)

**Orden:** Limnomedusae (Kramp, 1948)

**Familia:** Proboscidactylidae (Hand and Hendrickson, 1950)  
**Género:** Proboscidactyla (Brandt, 1835)  
**Especie:** *Provoscidactyla ornata* (Mc Crady, 1857)

**Familia:** Olindiadidae (F.Möller, 1861)  
**Género:** Gossea (L. Agassiz, 1862)  
**Especie:** *Gossea brachymera* (Bigelow, 1909)

**Orden:** Narcomedusae (Haeckel, 1879)

**Familia:** Aeginidae (Gegenbaur, 1856)  
**Género:** Solmundella (Haeckel, 1879)  
**Especie:** *Solmundella bitentaculata* (Quoy and Gaimard, 1833)

**Familia:** Cuninidae (Bigelow, 1913)  
**Género:** Cunina (Eschscholtz, 1829)  
**Especie:** *Cunina octonaria* (Mc Grady, 1857)  
**Orden:** Trachymedusae (Haeckel, 1866)

**Familia:** Geryoniidae (Eschscholtz, 1829)  
**Género:** Liriope (Lesson, 1843)

**Especie:** *Liriope tetraphylla* (Chamisso & Eysenhardt, 1821)

**Familia:** Rhopalonematidae (Russell, 1953, Johnston, 1836)

**Género:** Aglantha (Haeckel, 1879)  
**Especie:** *Aglantha sp* (Bigelow, 1909)

**Género:** Rhopalonema (Gegenbaur, 1856)  
**Especie:** *Rhopalonema velatum* (Gegenbaur, 1856)

**Género:** Aglaura (Perón and Lesueur, 1810)  
**Especie:** *Aglaura hemistoma* (Péron and Lesueur, 1953)

**Clase:** Hydrozoa (Owen, 1843)  
**Subclase:** Siphonophora (Eschscholtz, 1829)  
**Orden:** Cystonectae (Haeckel, 1887)  
**Familia:** Physaliidae (Brandt, 1835)  
**Género:** Physalia (Lamarck, 1801)  
**Especie:** *Physalia physalis* (Linné, 1758)

**Clase:** Scyphozoa (Goette, 1887)  
**Orden:** Rhizostomeae (Cuvier, 1789)

**Familia:** Stomolophidae (Cuvier, 1789)  
**Género:** Stomolophus (Agassiz, 1862)  
**Especie:** *Stomolophus meleagris* (Agassiz, 1862)

**Clase:** Cubozoa (Werner, 1975)

**Familia:** Carybdeidae (Gegenbaur, 1856)  
**Género:** Carybdea (Perón and Lesueur, 1810)  
**Especie:** *Carybdea alata* (Reynaud, 1830)

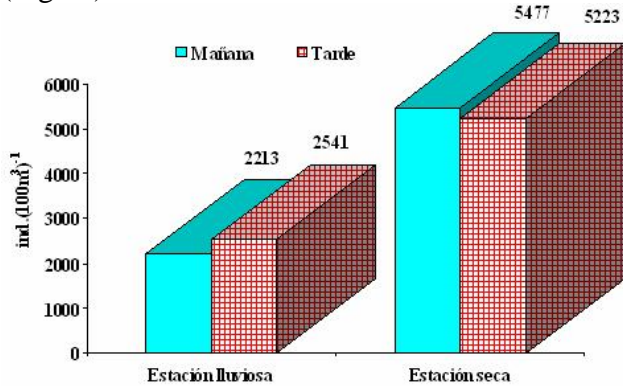
## **Ecología de las medusas en el sector sur de la Bahía de Santa Elena**

### Variabilidad superficial y abundancia de medusas (Cnidaria: Hydrozoa) en la Bahía de Santa Elena durante las dos épocas estacionales

En el presente estudio en la Bahía de Santa Elena (La Libertad) se evidenció la variabilidad cuali-cuantitativa de los Cnidarios. Observándose la mayor abundancia durante la estación seca en la mañana con  $5477 \text{ ind.} \cdot (100\text{m}^3)^{-1}$ , mientras por la

tarde fue ligeramente menor reportando 5223 ind.  $(100m^3)^{-1}$  (Tabla 1).

Cabe mencionar que en la estación lluviosa se observó la menor densidad de cnidarios en la mañana con 2213 ind.  $(100m^3)^{-1}$ , sin embargo por la tarde se reportó un ligero incremento poblacional con un valor de 2541 ind.  $(100m^3)^{-1}$  (Fig.27).

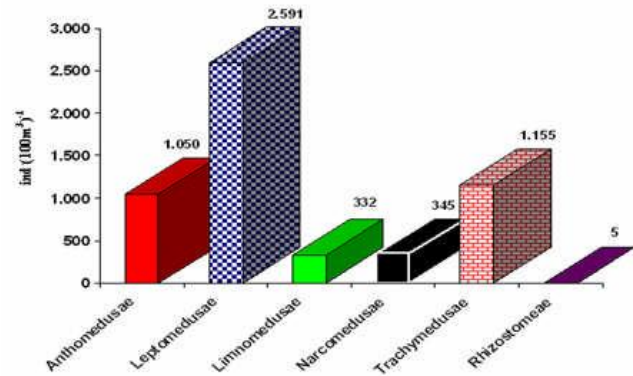


**Figura 1.** Variación estacional de las medusas durante octubre 2004 a octubre 2005.

Variabilidad superficial de las medusas (Cnidarios: Hydrozoa) durante la estación seca (octubre-noviembre 2004, mayo a octubre 2005)

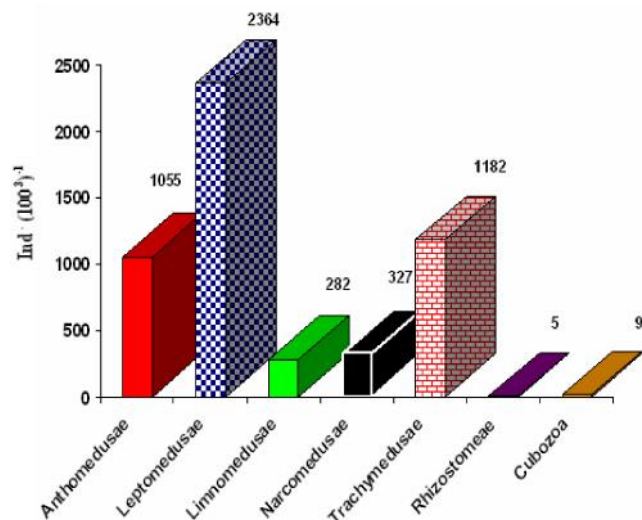
Durante la estación seca la mayor abundancia de organismos se reportó durante la mañana (08h00 am) con 5477 ind.  $(100m^3)^{-1}$ , donde las Leptomedusae evidenciaron la mayor densidad poblacional con 2591 ind.  $(100m^3)^{-1}$  correspondiente al 47%, seguido del orden Trachymedusae con 1155 ind.  $(100m^3)^{-1}$ (21%), Anthomedusae con 1050 ind.  $(100m^3)^{-1}$  (19%) y en menores densidades se observaron a las órdenes Limnomedusae y Narcomedusae con el 6 % respectivamente (Fig. 28).

Durante la tarde (17h00) en la estación seca se reportó una biomasa total 5223 ind.  $(100m^3)^{-1}$  (Fig.26), evidenciando al orden Leptomedusae con una densidad poblacional de 2364 ind.  $(100m^3)^{-1}$ , equivalente al 45% de abundancia relativa, seguido del orden trachymedusae con 1182 ind.  $(100m^3)^{-1}$ (23%), Anthomedusae con 1055 ind.  $(100m^3)^{-1}$ (20%), Limnomedusae con el 5.4%, Narcomedusae con 6.3%, Rhizostomeae con 01% y Cubomedusae con el 02% de abundancia relativa.



**Figura 2.** Distribución de la clase hydrozoa, scyphozoa durante la estación seca en la mañana (08h00am) entre octubre 2004-2005, en la Bahía de Santa Elena.

Las densidades poblacionales mínimas se reportaron para junio 2005 con 473 ind.  $(100m^3)^{-1}$  además se evidenció una temperatura media de 21.0° C, salinidad de 36.0 ups y turbidez de 5 m (Fig.29). Cabe mencionar que para este mes durante la mañana las especies con carácter de dominantes fueron Obelia sp con 146 ind.  $(100m^3)^{-1}$  (31%), Solmundella bitentaculata con 50 ind.  $(100m^3)^{-1}$  (11%), Rhopalonema velatum y Cunina octonaria con 36 ind.  $(100m^3)^{-1}$  (8%), Liriope tetraphylla con 32 ind.  $(100m^3)^{-1}$  (7%), Clytia hemisphaerica y Dipurena ophiogaster con 27 ind.  $(100m^3)^{-1}$  (6%) respectivamente.



**Figura 3.** Distribución de la clase hydrozoa, scyphozoa y cubozoa durante la estación seca en la tarde (17h00pm) entre octubre 2004-2005, en la Bahía de Santa Elena.

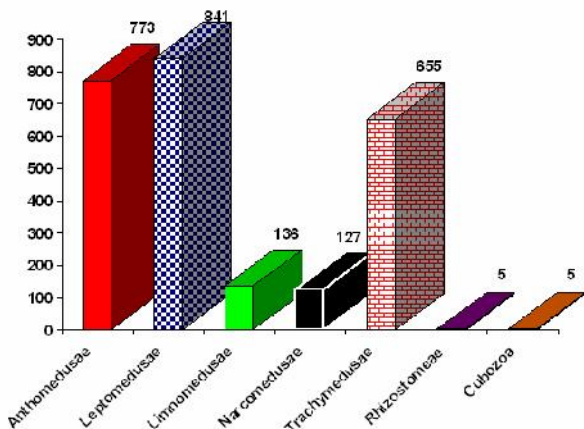


Variabilidad superficial de las medusas (Cnidarios: Hydrozoa) en la Bahía de Santa Elena durante la estación lluviosa (diciembre 2004 a abril 2005)

Las hydromedusas se presentaron a lo largo de toda la estación lluviosa en la Bahía de Santa Elena, determinándose la mayor abundancia a finales de la misma para el mes de abril.

Durante la estación lluviosa se recolectaron un total de 2213 ind . (100m3)<sup>-1</sup> de las cuales se identificó el 100%, abarcando 6 Órdenes, 17 familias, 20 géneros y 22 especies de hidromedusas incluido una especie de Cubozoa.

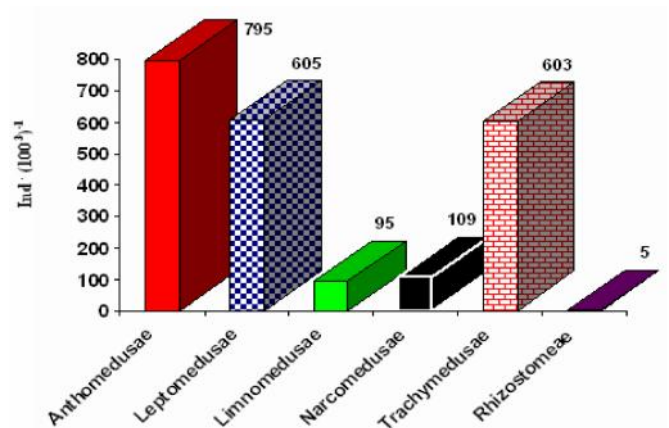
Durante esta época, la mayor abundancia de organismos se reportó durante la tarde (17h00pm) con 2541 ind . (100m3)<sup>-1</sup> donde el orden Leptomedusae reportó la mayor densidad poblacional con 841 ind . (100m3)<sup>-1</sup> correspondiente al 33%, durante toda la estación lluviosa, seguido del orden Anthomedusae con 773 ind . (100m3)<sup>-1</sup> (30%), Trachymedusae con 655 ind . (100m3)<sup>-1</sup> (26%), mientras que en menores densidades poblacionales se observaron las ordenes Limnomedusae y Narcomedusae con el 5 %, seguido de Rhizostomeae y un Cubozoa, ambos con el 02% de abundancia relativa (Fig.30).



**Figura 4.** Distribución de las clases hydrozoa, scyphozoa y cubozoa durante la estación lluviosa en la tarde (17h00pm) entre diciembre - abril 2005 en la Bahía de Santa Elena.

En la mañana (08h00am), esta comunidad de medusas reportó una biomasa total de 2213 ind . (100m3)<sup>-1</sup>, con carácter dominante se observó al

orden Anthomedusae con 795 ind . (100m3)<sup>-1</sup> (36%), seguido de los ordenes Leptomedusae y Trachymedusae con un promedio de 604 ind . (100m3)<sup>-1</sup> (27%), Narcomedusae con 109 ind . (100m3)<sup>-1</sup> (5%), Limnomedusae con 95 ind . (100m3)<sup>-1</sup> (4%) y Rhizostomeae con 5 ind . (100m3)<sup>-1</sup> correspondiente al 0.2% de abundancia relativa (Fig. 31).



**Figura 5.** Distribución de las clases hydrozoa y scyphozoa durante la estación lluviosa en la mañana (08h00am) entre diciembre - abril 2005 en la Bahía de Santa Elena.

Cabe mencionar que se observó un incremento poblacional para el mes de abril reportando una temperatura máxima de 27.8° C, salinidad de 35.0 ups y turbidez de 6 m, evidenciando una densidad poblacional de 709 ind . (100m3)<sup>-1</sup> en la mañana, donde Obelia sp representa la mayor abundancia relativa con 168.2 ind . (100m3)<sup>-1</sup> representando el 23.7%, Liriope tetraphylla con ind . (100m3)<sup>-1</sup> (14.7%), Aglaura hemistoma con 72.7 ind . (100m3)<sup>-1</sup> (10.3%) y Euphysa aurata con 68.2 ind . (100m3)<sup>-1</sup> (9.6%).

## 4. Discusión

### **Análisis estadístico y estructura de la comunidad de las especies de medusas durante las estaciones seca y lluviosa (octubre 2004 a octubre 2005)**

Coefficiente de correlación (r) de las especies de medusas con los parámetros abióticos

(temperatura y salinidad), durante las estaciones lluviosa y seca (Tabla 2 y 3)

### Estación Lluviosa:

Durante la mañana la especie *Obelia sp* presentó el 16 % de abundancia relativa dándole el carácter de dominante y una fuerte correlación positiva de 0.85 con respecto a la temperatura del mar, sin embargo dio una significativa correlación negativa de -0.73 para la salinidad.

*Leuckartearea octona* representó el 5 % de abundancia relativa, evidenciando una moderada correlación positiva de 0.62. Mientras para la salinidad se reportó una moderada correlación negativa de -0.69.

*Euphysa aurata* evidenció una abundancia relativa del 5 % con respecto a la población total y una significativa correlación positiva de 0.75. Sin embargo para la salinidad se reportó una débil correlación negativa de -0.37.

*Solmundella bitentaculata* representó el 3 % de abundancia relativa y con un significativo coeficiente de correlación positiva de 0.73 y una moderada correlación negativa de -0.54.

*Eucheilota nemoni* con el 2 % de abundancia relativa, evidenció un significativo coeficiente de correlación positivo con la temperatura superficial del mar, mientras para la salinidad se observó una débil correlación con la salinidad de -0.30.

*Sarsia cocometra* fue la especie menos abundante con el 1 % de abundancia relativa y con un moderado coeficiente de correlación negativo de -0.58 para la temperatura superficial del mar y significativo coeficiente de correlación de 0.81 para la salinidad.

Por la tarde *Obelia sp* representó el 19 % de abundancia relativa y una significativa correlación positiva de 0.76 para la temperatura superficial del mar y una débil correlación negativa de -0.22 para la salinidad.

*Dipurema ophiogaster* reportó el 5 % de abundancia relativa y una perfecta correlación positiva de 0.98. Mientras para la salinidad se reportó un significativo coeficiente de correlación de -0.70.

*Leuckartearea octona* evidenció el 4 % de abundancia relativa y un significativo coeficiente de correlación positiva de 0.77 para la temperatura superficial del mar. Mientras para la salinidad se observó una fuerte correlación negativa de -0.93.

*Eucheilota nemoni*, esta especie reportó una baja abundancia relativa del 3% y un significativo coeficiente de correlación positiva de 0.95 y una correlación moderada positiva de 0.58 para la salinidad.

*Provoscidactyla ornata* evidenció una baja abundancia relativa representada por el 2 % y un moderado coeficiente de correlación positiva de 0.63. Mientras para la salinidad se observó una nula correlación negativa de -0.05.

*Amphynema physopharum*, especies con el 2 % de abundancia relativa reportó una significativa correlación negativa de -0.73. Mientras para la salinidad se observó una fuerte correlación positiva de 0.87.

**Tabla 2.** Coeficiente de correlación (r) entre abundancia de las especies de hydromedusas y los parámetros abióticos (Temperatura y Salinidad) a nivel superficial durante la mañana y tarde en la estación lluviosa.

|                                  | Mañana |       | Tarde |       |
|----------------------------------|--------|-------|-------|-------|
|                                  | %      | °C    | %     | °C    |
| <b>ANTHOMEDUSAE</b>              |        |       |       |       |
| <i>Amphynema physopharum</i>     | 2.67   | -0.56 | 0.82  | 1.97  |
| <i>Bougainvillia muscus</i>      | 10.47  | -0.49 | 0.81  | 10.02 |
| <i>Dipurena ophiogaster</i>      | 6.78   | -0.36 | 0.31  | 4.83  |
| <i>Euphysa aurata</i>            | 4.72   | 0.75  | -0.37 | 2.50  |
| <i>Leuckartearea octona</i>      | 4.72   | 0.62  | -0.69 | 4.47  |
| <i>Pandea cónica</i>             | 5.34   | 0.33  | 0.36  | 6.44  |
| <i>Sarsia cocometra</i>          | 1.23   | -0.58 | 0.81  | 0.18  |
| <b>LEPTOMEDUSAE</b>              |        |       |       |       |
| <i>Aequeroa aequeroa</i>         | 0.00   |       |       | 0.18  |
| <i>Eucheilota nemoni</i>         | 1.85   | 0.74  | -0.30 | 2.50  |
| <i>Eirene tenuis</i>             | 4.31   | 0.42  | -0.86 | 5.19  |
| <i>Eutima orientalis</i>         | 3.08   | -0.33 | 0.88  | 4.11  |
| <i>Obelia sp</i>                 | 16.27  | 0.85  | -0.73 | 19.32 |
| <i>Clytia hemisphaericum</i>     | 1.85   | 0.46  | -0.32 | 1.79  |
| <b>LIMNOMEDUSAE</b>              |        |       |       |       |
| <i>Gossea brachymera</i>         | 2.46   | 0.81  | -0.43 | 3.22  |
| <i>Provoscidactyla ornata</i>    | 1.85   | 0.43  | 0.01  | 2.15  |
| <b>NARCOMEDUSAE</b>              |        |       |       |       |
| <i>Cunina octonaria</i>          | 1.44   | -0.42 | 0.69  | 1.25  |
| <i>Solmundella bitentaculata</i> | 3.49   | 0.73  | -0.54 | 3.76  |

**TRACHYMEDUSAE**

|                            |      |       |       |       |       |       |
|----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Aglantha</i> sp         | 9.19 | 0.22  | -0.53 | 3.94  | -0.09 | -0.15 |
| <i>Aglaura hemistoma</i>   | 7.19 | 0.53  | -0.06 | 3.04  | 0.29  | -0.26 |
| <i>Liriope tetraphylla</i> | 5.34 | 0.68  | -0.36 | 5.37  | 0.68  | -0.07 |
| <i>Rhopalonema velatum</i> | 5.54 | -0.61 | 0.59  | 13.42 | 0.35  |       |

**RHIZOSTOMEAE**

|                              |      |  |  |  |      |  |
|------------------------------|------|--|--|--|------|--|
| <i>Stomolophus meleagris</i> | 0.21 |  |  |  | 0.18 |  |
|------------------------------|------|--|--|--|------|--|

**CUBOZOA**

|                       |  |  |  |  |      |  |
|-----------------------|--|--|--|--|------|--|
| <i>Carybdea alata</i> |  |  |  |  | 0.18 |  |
|-----------------------|--|--|--|--|------|--|

Estación seca

*Obelia* sp, durante la mañana reportó una abundancia relativa del 35 % para la estación seca, evidenciando una correlación nula e independiente a la temperatura con valor de 0.003 y una correlación muy débil para la salinidad de 0.17.

*Liriope tetraphylla* presentó el 8 % de abundancia y una correlación positiva débil para la temperatura de 0.22 mientras para la salinidad reportó una débil correlación positiva de 0.28.

*Rhopalonema velatum* con el 7 % de abundancia relativa reportó una correlación negativa moderada de -0.52. Mientras para la salinidad evidenció una correlación débil de 0.24.

*Bougainvillia muscus* con el 5 % reportó una muy débil correlación negativa de -0.16 para la temperatura mientras para la salinidad se observó la misma tendencia con valores de -0.12.

*Solmundella bitentaculata* con un 4% de abundancia relativa reportó una fuerte correlación negativa de -0.88 para la temperatura, mientras para la salinidad fue muy débil con un valor de 0.11.

Cabe mencionar que a *Clytia hemisphaerica* representó el 4 % de abundancia relativa reportando una significativa correlación negativa de -0.78 para la temperatura superficial del mar y una muy débil correlación para la salinidad de 0.17.

*Provoscidactyla ornata* con el 3 % de abundancia relativa respecto a la biomasa total de las medusas reportó una significativa correlación negativa de -0.73. Sin embargo para la salinidad se observó un nulo coeficiente de correlación de 0.01 para la salinidad.

*Eucheilota nemoni* representó el 2 % de abundancia relativa, evidenciando un significativo coeficiente de correlación negativo de -0.76.

Mientras para la salinidad se observó una débil correlación negativa de -0.33.

Sin embargo por la tarde se observaron dos especies dominantes, representadas con *Obelia* sp con el 29 % de distribución y una correlación negativa débil de -0.40 para la temperatura superficial del mar y una nula correlación negativa de -0.07 para la salinidad k con el 10 % se caracterizó por presentar correlación débil negativa para la temperatura de -0.22 y una nula correlación positiva de 0.01 para la salinidad.

*Rhopalonema velatum* reportó el 7 % de abundancia relativa y una débil correlación negativa para la temperatura de -0.48, mientras para la salinidad reportó la misma tendencia con 0.21 de coeficiente de correlación.

*Gossea brachymera* reportó el 5 % de abundancia relativa, se observó un coeficiente de correlación débil positivo de 0.20 con respecto a la temperatura superficial del mar (Tabla 1) y una nula correlación positiva de 0.01 para la salinidad.

*Solmundella bitentaculata* con el 4 % de abundancia relativa, evidenció un significativo coeficiente de correlación negativa de -0.72 para la temperatura, mientras para la salinidad fue un coeficiente de correlación débil positivo de 0.37.

*Euphysa aurata* con el 3 % de abundancia relativa reportó un fuerte coeficiente de correlación negativo de -0.94 respecto a la temperatura superficial del mar, mientras para la salinidad fue un coeficiente débil positivo de 0.39.

*Clytia hemisphaerica*, reportó el 3 % de abundancia relativa observándose un fuerte coeficiente de correlación negativa de -0.91 para la temperatura superficial del mar, mientras para la salinidad el coeficiente de correlación fue muy débil con un valor de 0.14.

*Sarsia cocometra* representó el 1 % de abundancia con respecto al total de organismo, sin embargo su coeficiente de correlación observada fue de 0.77 con respecto a la temperatura superficial, mientras para la salinidad fue un coeficiente de correlación negativo de nivel medio con un valor de -0.57.

**Tabla 3.** Coeficiente de correlación (r) entre abundancia de las especies de hydromedusas y los parámetros abiótico (Temperatura y salinidad) a nivel superficial durante la mañana y tarde en la estación seca.

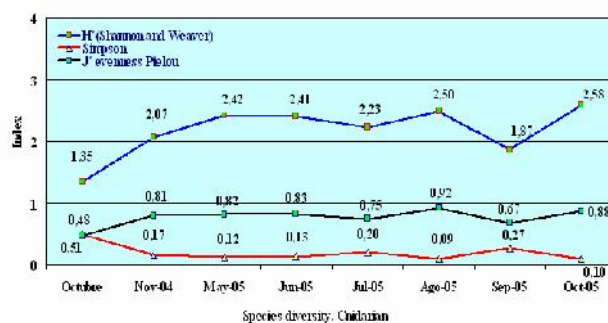
| ANTHOMEDUSAE                     | %      | Mañana |       | Tarde |             |
|----------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------------|
|                                  |        | °C     | ‰     | °C    | ‰           |
| <i>Amphynema physopharum</i>     | 1.71   | 0.54   | 0.15  | 0.68  | -0.47 -0.01 |
| <i>Bougainvillia muscus</i>      | 4.98   | -0.16  | -0.12 | 5.39  | -0.44 0.26  |
| <i>Dipurena ophiogaster</i>      | 2.78   | -0.37  | -0.60 | 2.91  | -0.33 -0.28 |
| <i>Euphysa aurata</i>            | 1.80   | -0.13  | -0.28 | 2.65  | -0.94 0.39  |
| <i>Leuckarteara octona</i>       | 3.51   | -0.50  | 0.33  | 3.34  | -0.47 0.18  |
| <i>Pandea cónica</i>             | 3.18   | 0.05   | 0.56  | 3.85  | 0.53 -0.17  |
| <i>Sarsia cocometra</i>          | 0.90   | -0.22  | 0.19  | 1.03  | 0.59 -0.66  |
| <b>LEPTOMEDUSAE</b>              |        |        |       |       |             |
| <i>Aequorea aequorea</i>         | 0.08   |        |       | 0.26  |             |
| <i>Eucheilota nemoni</i>         | 2.20   | -0.76  | -0.33 | 3.17  | -0.63 -0.15 |
| <i>Eirene tenuis</i>             | 2.45   | 0.41   | -0.20 | 4.11  | 0.33 -0.35  |
| <i>Eutima orientalis</i>         | 3.02   | -0.01  | 0.24  | 4.53  | -0.02 -0.10 |
| <i>Obelia sp</i>                 | 35.100 | 0.03   | -0.02 | 27.72 | -0.40 -0.07 |
| <i>Clytia hemisphaericum</i>     | 3.67   | -0.78  | 0.17  | 2.99  | -0.91 0.14  |
| <b>LIMNOMEDUSAE</b>              |        |        |       |       |             |
| <i>Gossea brachymera</i>         | 2.94   | -0.31  | -0.24 | 4.70  | 0.20 0.00   |
| <i>Provoscidactyla ornata</i>    | 2.53   | -0.73  | 0.01  | 2.48  | 0.64 -0.33  |
| <b>NARCOMEDUSAE</b>              |        |        |       |       |             |
| <i>Cunina octonaria</i>          | 3.59   | 0.01   | -0.22 | 1.63  | -0.37 -0.71 |
| <i>Solmundella bitentaculata</i> | 4.33   | -0.88  | 0.11  | 3.93  | -0.72 0.37  |
| <b>TRACHYMEDUSAE</b>             |        |        |       |       |             |
| <i>Aglantha sp</i>               | 2.53   | 0.50   | -0.74 | 3.08  | 0.73 -0.58  |
| <i>Aglaura hemistoma</i>         | 3.18   | 0.06   | 0.55  | 10.09 | -0.22 0.01  |
| <i>Liriope tetraphylla</i>       | 8.41   | 0.22   | -0.28 | 4.45  | -0.12 0.45  |
| <i>Rhopalonema velatum</i>       | 7.02   | -0.52  | 0.24  | 6.76  | -0.48 0.21  |
| <b>RHIZOSTOMEAE</b>              |        |        |       |       |             |
| <i>Stomolophus meleagris</i>     | 0.08   |        |       | 0.086 |             |
| <b>CUBOZOA</b>                   |        |        |       |       |             |

Variabilidad temporal del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') y uniformidad de la comunidad de medusas en la Bahía de Santa Elena durante octubre 2004 a octubre 2005

El índice de diversidad poblacional es considerado uno de los mejores indicativos para determinar la variabilidad entre la riqueza específica y la abundancia poblacional dentro de la comunidad durante el periodo de investigación. Durante la estación seca por la mañana se observaron dos valores máximos de diversidad, evidenciándose para octubre 2005 un H: 2.58 bits,

coincidente con el mayor número de especies y un grado de uniformidad de 0.88 bits; sin embargo la dominancia fue mínima de 0.10 bits.

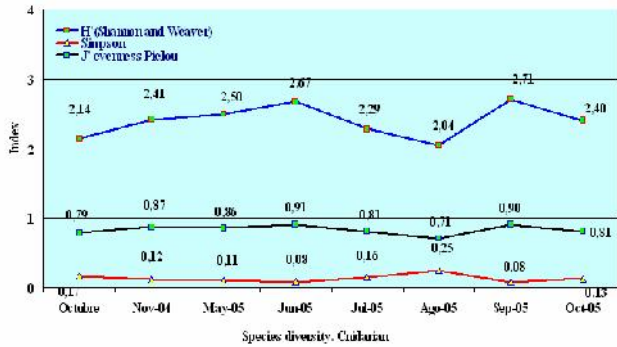
Para el mes de agosto se evidenció un índice de diversidad Shannon- Weaver de 2.50 bits y una uniformidad de 0.92 bits con una dominancia baja de 0.09 bits, decreciendo considerablemente para el mes de septiembre con una diversidad de 1.87 bits, uniformidad de 0.67 bits y una dominancia de 0.27 bits (Fig.32).



**Figura 6.** Distribución de los índices ecológicos en la estación seca durante las mañanas, desde octubre 2004 a 2005 en la Bahía de Santa Elena.

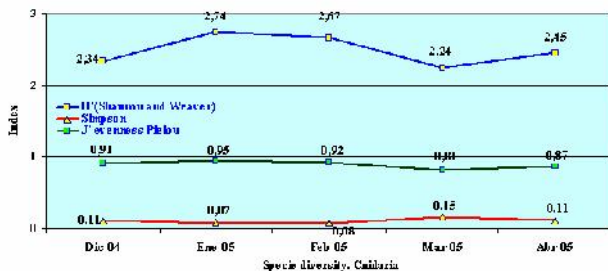
Durante la tarde la mayor diversidad se reportó para el mes de septiembre 2005 con 2.71 bits, uniformidad de 0.90 bits y un bajo índice de dominancia de Simpson de 0.08 bits; para el mes de junio se observó un índice de diversidad de 2.67 bits, seguido de una uniformidad de 0.91 bits y una baja dominancia de 0.08 bits.

Cabe mencionar que la mínima diversidad se reportó para el mes de agosto con un H: 2.04 bits; la misma tendencia se observó con la uniformidad con 0.71 bits y dominancia de 0.25 bits. (Fig. 33).



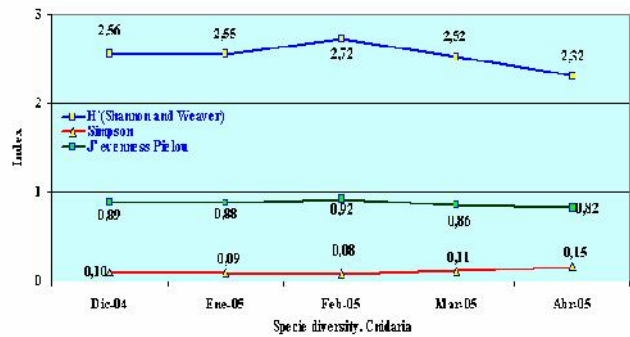
**Figura 7.** Distribución de los índices ecológicos en la estación seca, durante la tarde desde octubre 2004 a octubre 2005 en la Bahía de Santa Elena.

Para la estación lluviosa en la mañana el índice de diversidad de Shannon- Weaver se observó homogéneamente reportándose los valores máximos para los meses de enero, febrero 2005 con un promedio de 2.70 bits, mientras la misma tendencia se observó para la uniformidad con un valor medio de 0.94 bits; sin embargo la dominancia evidenció un valor promedio mínimo de 0.075 bits; los valores mínimos de diversidad se reportaron para los meses de diciembre 2004 con 2.34 bits y marzo con 2.24 bits, sin embargo la uniformidad para el mes de diciembre 2004 reportó 0.91 bits y la dominancia de 0.11 bits, cabe mencionar que la uniformidad para el mes de marzo reportó un valor de 0.81 bits y una dominancia de 0.15 bits. (Fig.34).



**Figura 8.** Distribución de los índices ecológicos en la estación lluviosa, durante la mañana desde diciembre 2004 a abril 2005 en la Bahía de Santa Elena.

Por la tarde se observan la misma tendencia de homogeneidad, reportando su máxima valor de diversidad para el mes de febrero 2005 con 2.72 bits, uniformidad de 0.92 bits y una baja dominancia de 0.08 bits, mientras la mínima diversidad de reportó para el mes de abril con 2.32 bits (Fig.35).



**Figura 9.** Distribución de los índices ecológicos en la estación lluviosa, durante la tarde desde diciembre 2004 a abril 2005 en la Bahía de Santa Elena.

## 5. Conclusiones

1. Las 24 especies observadas en el presente trabajo de investigación han sido reportadas por primera vez en aguas de la Bahía de Santa Elena.
2. La comunidad de medusas en la Bahía de Santa Elena estuvo compuesta por 21 hidromedusas, una escifomedusa y una cubomedusa encontradas entre temperaturas de 19.8 a 27.8°C, registrándose la máxima diversidad, equidad y riqueza en la estación seca para el mes de septiembre en la tarde mes en el que se encontró a *A. hemistoma* y *Obelia* sp representando el 14.8% de la comunidad y octubre en la mañana con *Liriope tetraphylla* y *Cunina octonaria* con 21% – 17% respectivamente.
3. En la estación lluviosa en la mañana la máxima diversidad, equidad y riqueza se registró para enero a *Bougainvillia muscus* y *Pandea cónica* con 14 % y 10% respectivamente del total de la comunidad, mientras para febrero en la tarde se reportó a *Rhopalonema velatum*, *Pandea cónica* y *Bougainvillia muscus* con 14% y 10.5% respectivamente.
4. Con carácter dominante se reportó a la especie *Obelia* sp asociándola una fuerte correlación positiva de 0,85 y un



coeficiente de determinación del 72% para la temperatura.

5. La especie *Gossea brachymera* reportó una correlación significativa positiva de 0,81, y un coeficiente de determinación del 65%. Por la tarde la especie *Dipurena ophiogaster* presentó una correlación perfecta, siendo una especie adaptada a la temperatura.
6. Se reporta la especie *Caribdea alata* como organismo potencialmente dañino para el ser humano.

## 5. Recomendaciones

1. Realizar estudio de la clase hydrozoa a largo de toda la costa ecuatoriana y ampliar el catálogo de especies reportadas.
2. Realizar seguimiento a la especie *Caribdea alata* para entender su distribución a lo largo de la zona costera.
3. Se recomienda realizar muestreos continuos nocturnos para ver la distribución de las clases hydrozoa y cubozoa.
4. Realizar la presentación de boletines de las diferentes especies de medusas en el departamento de turismo de los diferentes municipios de la Península de Santa Elena.

## Referencias

- [1] Alvariño, A., 1975. Indicadores planctónicos: Distribución batimétrica de algunas medusas. Resumen del II Simposio Latino-Americano sobre Oceanografía Biológica, Cumaná, Venezuela, pp 139-160.
- [2] Barnett, T.J. 1985: Seasonality of northern New Zealand Hydromedusae and a review of the New Zealand hydromedusae fauna. Unpublished M.Sc, Thesis Department of Zoology, University of Auckland, New Zealand. 257pp.
- [3] Berrill, N. J., 1950. Development and medusa -bud formation in the Hydromedusae. *Quart. Rev. Biol.*, 25 (3):292-316.
- [4] Bigelow, R.P. 1909. A new narcomedusa from the North Atlantic. *Biological Bulletin. Marine Biological Laboratory Woods Hole* 16: 80-82.
- [5] Bouillon, J. 1971. Sur quelques hydroides de Roscoff *Cahiers de Biologie marine* 12:323-364.
- [6] Bouillon, J. 1978a. Hydroméduses de l'archipel des Séchelles et du Mozambique. *Rev. Zool. Afr.*, 92: 118-172.
- [7] Boltovskoy, D., 1981. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino. Museo Argentino.
- [8] Boltovskoy, D., 1998. Pelagic Biogeography: Background, gaps and trends. IOC Workshop Report 112.
- [9] Goy, J. 1979. Campagne de la Calypso au large des cotes atlantiques de l'Amérique du Sud (1961-1962). Medusas. *Res. Cient Camp. Calypso*, 11:263-296.
- [10] Graham, M. W., Pagès, F. y W, M. Hamner. 2001. A physical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review. *Hydrobiologia* 451: 199-212.
- [11] Haeckel, E. 1882. Das System der Medusen Restes Teil einer Monographie der Medusen. 360pp.
- [12] He Zhenwu & Xu Renhe, 1996: The Hydromedusae of China Sea. *Journal of Henan Normal University (Natural History)* 24: 69-76.
- [13] Joubin, L. 1924. La Distribución des petits poisons par les animaux du plancton. *Bull. Soc. Ocean. France*, 4e. Ann. Pp. 380-382.
- [14] Kramp, P. L. 1928. Paper from Dr. Th Mortensen's Pacific Expedition 1914-1916. XLIII. Hydromedusae I. Athomedusae. *Vidensk. Medd. Dansk. naturh. Foren.*, 85:27-64.
- [15] Kramp, P.L. 1955. The Medusae of the tropical west coast of Africa. *Atlantide Rep.*, 3: 239-324.
- [16] Kramp, P. L. 1957a. Hydromedusae from the Discovery collections. *Discovery report*, 29;1-128.
- [17] Mackie, G. O. (ed), 1976. *Coelenterata Ecology and Behavior*. Plenum Press, New York. 744pp.
- [18] Mass, O. 1905. Die craspedoten Medusen der Siboga Expedition. *Siboga- Expeditie* 10:1 -84, pls 1 -14.
- [19] Mayer, A.G. 1900. Some medusae from the Tortugas, Florida. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harv.*, 37(2):13- 82.
- [20] Okuda, T., R. T. de Suéscum, M. Valencia T. y A. Rodríguez R., 1983. Variación estacional de la posición del Frente Ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales Ecuatorianas. *Acta Oceanogr. del Pacífico. INOCAR*, Ecuador, 2(1),1983. pp53-84.
- [21] Pagés Francesc., Gili Josep-María & Bouillon Jean., 1992. Medusae ( Hydrozoa, Scyphozoa, Cubozoa) of the Benguela Current (southeastern Atlantic). 220-254

- [22] Pagés Francesc. & Bouillon, J, Josep-María Gili., 1992. Planktonic Cnidarians of the Benguela Current: Station data. *SCI. MAR.*, 56 (Suple.1): 1-64.
- [23] Pearson, E.S. 1948 Creador de la Estadística Aplicada / E.S.pp 134-158.
- [24] Pielou, E. C., 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley, New York. pp 1-56.
- [25] Russell, F.S. 1970. *The Medusae of the British Isles. Part II*. Cambridge Press. 284 pp.
- [26] Shannon, C. E. y W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*.
- [27] Wyrski, K., 1977: Sea Level During the 1972 El Niño. *J. Phys Oceanogr.*, 7,779-787.
- [28] Thill, H., 1937. Beitrage zur Kenntnis der aurelia aurita (L). *Z. Wiss Zool.* 150: 51-96.
- [29] Thiel, M. E. 1938a. Die Besiedlung des Südatlantischen Ozean mit Hydromedusen. *Wiss. Ergn. Deutsch. Atl. Exped "Meteor" 1925-1927.* 12(12): 32-100.
- [30] Unesco., 1968. *Manual Zooplankton Sampling*. Pp 25-46.
- [31] Uchida, T. 1927. Studies on Japonese Hydromedusae . I. Athomedusae. *J. Fac. Sci. Univ. Tokio (Zool.)*, (3):145-241.
- [32] Wrobel David & Claudia Mills., 1998. *Pacific Coast Pelagic Invertebrates; A guide to the Common Gelatinous Animals*.
- [33] Young Craig M. 2002. *Atlas of Marine Invertebrate larva US A.* 626 pp.
- [34] Zuta, S. y O. Guillén, 1970. *Oceanografía fr. Las Aguas del Perú. Bol. Inst. Mar. Perú*, 2 (5), 157-324.

# IMPOSEX EN *Thais Brevidentata*, *Thais Kiosquiformis*, *Thais Biserialis* (MOLLUSCA: GASTROPODA: MURICIDAE) DEL PERFIL CENTRO-SUR DE LA COSTA ECUATORIANA, UNA INDICACIÓN DE CONTAMINACIÓN POR COMPUESTOS ORGANOESTAÑOSOS

*Brevidentata imposex in Thais, Thais Kiosquiformis, biserialis Thais (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) Profile South Central Coast of Ecuador, an Indication of Pollution Organoestañosos Compounds*

María Arroyo Osorio<sup>1</sup>, Italo Braga de Castro<sup>2</sup>

Recibido el 10 de agosto de 2010; recibido en forma revisada 15 de noviembre 2010, aceptado 5 de diciembre 2010

## Resumen

La presente investigación constituye el primer reporte de imposex en Ecuador y de la costa pacífica sudamericana para las especies *Thais kiosquiformis* y *Thais biserialis*. El estudio incluyó además a la especie *Thais brevidentata* (Mollusca: Gasteropoda: Muricidae). Se muestrearon puertos mercantes, pesqueros y playas del perfil costero, indicando la presencia de imposex en doce de las catorce localidades muestreadas. *T. kiosquiformis* fue la única especie que se presentó en el ambiente estuarino del Golfo de Guayaquil mostrando, en todas las hembras colectadas, imposex con los mayores valores en índices de RPLI (40,7%) y VDSI (Grado V) en comparación con *T. brevidentata* (2,8% y Grado I) y *T. biserialis* (26,1% y Grado III) que se presentaron en el perfil costero de aguas oceánicas. *T. kiosquiformis* fue la más sensible para áreas estuarinas mientras que *T. biserialis* lo es para aguas marinas de mayor salinidad y pueden ser utilizadas como bioindicadores de contaminación por compuestos organoestañosos. Se recomienda incrementar el número de especies de gasterópodos a monitorear en el perfil costero y realizar estudios experimentales a escala de laboratorio para determinar la sensibilidad de los organismos ante el tributilestaño (TBT).

**Palabras Clave:** Bioindicador; Tributilestaño; Imposex; Murícidos; *Thais sp*; Ecuador

## Abstract

The present investigation constitutes the first imposex report in Ecuador and Pacific South American coast for species *Thais kiosquiformis* and *Thais biserialis*. In addition this study included the species *Thais brevidentata* (Mollusca: Gasteropoda: Muricidae). The monitoring was accomplished in merchant and fishing ports and beaches of the Ecuador coast line, indicating the imposex presence in twelve of fourteen sampled localities. *T. kiosquiformis* was the only species observed in the estuarine environments inside the Gulf of Guayaquil. This species show, in all the collected females, high values of RPLI's (40,7 %) and VDSI (Degree V) in comparison with *T. brevidentata* (2,8 % and Degree I) and *T. biserialis* (26,1 % and Degree the III) that appeared in the coastal oceanic waters. *T. kiosquiformis* was most sensitive species for estuarine areas than *T. biserialis*. In other hand *T. biserialis* was a good organotin pollution bioindicator for marine coastal waters. For the future studies recommends to increase the species number of gasteropods to monitoring in Ecuador coastal waters and to realize experimental studies to laboratory scale to determine the sensibility of the organisms to the tributyltin (TBT).

**Key words:** Bioindicador, Tributyltin; Imposex; Muricids; *Thais sp*; Ecuador.

<sup>1</sup> Bióloga, Tesis de Grado para la obtención del Título de Magíster en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y el Medio Ambiente – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

<sup>2</sup> Departamento de Biología, Laboratório de Malacologia, Universidade Federal do Ceará. Av. Humberto Monte s/n, Campus do Pici, Bloco 909, Fortaleza, CE 60000-000, Brasil.

## **1. Introducción**

Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres, por lo que los impactos como la contaminación inducen a cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva (Bartram y Ballance, 1996). Por este motivo, algunos organismos pueden proporcionar información de cambios físicos y químicos en el agua, ya que a lo largo del tiempo revelan modificaciones en la composición de la comunidad (Vázquez, et al., 2006).

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquél cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica. Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora. El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros. Usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo (Vázquez et al., 2006).

Entonces un indicador biológico será aquel que logre soportar los efectos ocasionados por el elemento perturbador, es decir, que muestre algún tipo de respuesta compensatoria o tolerante. Estas respuestas significan para la especie mantener el funcionamiento normal a expensas de un gran gasto metabólico (Arce, 2006).

El rol de los anti-incrustantes es prevenir o a primera instancia reducir la colonización de estos

organismos en estructuras sumergidas. Entre las ventajas financieras se puede citar el ahorro en mantenimiento del buque, en cuanto a reparar y pintar y el bajo consumo de combustible por parte de las embarcaciones al haber menos fricción del casco con el mar. En cuanto a la parte ambiental se tiene que debido al uso eficiente del combustible se producen menos emisiones de gases de efecto invernadero, por otra parte, los anti-incrustantes reducen el riesgo de que el casco del barco actúe como un vector para el transporte de especies invasivas (Kotrikla, 2009). Más, sin embargo, los anti-incrustantes presentan propiedades negativas debido a su inherente toxicidad. Los ecosistemas pueden estar en riesgo, cuando las concentraciones de sustancias tóxicas en el ambiente empiezan a ser letales trayendo consigo perjuicios económicos como, por ejemplo, los cultivos de ostras. Los compuestos organoestañosos, principalmente el Tributilestaño (TBT), presenta muchos atributos como anti-incrustante, con una amplia gama de propiedades biocidas, efectiva para evitar a los organismos colonizadores. Por eso este compuesto fue utilizado en la mayoría de los buques producidos en el mundo durante la década de 1980 (Almeida, 2007). Es uno de los contaminantes más tóxicos para la vida marina conocido hasta los actuales momentos, su contaminación se ha extendido ampliamente a través de los puertos y áreas de intensa actividad marina. Siendo esta una contaminación a nivel global debido a los múltiples usos que se le ha dado al TBT, pero particularmente, en las pinturas anti-incrustantes aplicadas a los cascos de los buques, (Fent, 2006). En la última década, se ha podido comprobar que este tipo de polución se ha extendido en países en vías de desarrollo y que la mayor parte de los estudios que se han realizado sobre la ocurrencia de los efectos del TBT han sido desarrollados principalmente en países del hemisferio norte, tales como España, Francia, Inglaterra y Estados Unidos (Horiguchi et al., 1997a).

Los compuestos orgánicos estañosos (COEs), se caracterizan por bioconcentrarse en organismos acuáticos, los mismos que han sido detectados a través de ensayos químicos de cromatografía de

gases en una serie de muestras de tejidos de invertebrados marinos de la zona costera (Carlier-Pinasseau et al., 1997; Davidson et al., 1986; Cima et al., 1996). Este tipo de contaminación fue también observada en organismos de mar profundo (Takahashi et al., 1997, 1998 y 1999b; Terlizzi, et al., 1998) demostrando que el problema no está restringido a áreas costeras netamente.

En algunos animales acuáticos los efectos de la contaminación por TBT son aún desconocidos, pero está demostrado que actúan como fuente de contaminación para los niveles tróficos superiores, que los consumen como alimento (Ide et al., 1997).

La Organización Marítima Internacional (OMI), adoptó un tratado internacional titulado “The International Convention on the Control of Harmful Anti-Fouling Systems on Ships”, el cual entró en rigor el 17 de septiembre del 2008. En este tratado la OMI prohibió la utilización del TBT en pinturas anti-incrustantes del mundo.

Después de haberse usado por décadas el TBT, las diversas regulaciones y la Convención Global iniciaron la búsqueda de compuestos alternativos, es así, que actualmente las pinturas anti-incrustante están basadas en Cobre, pero se les ha incorporado sustancias tóxicas adicionales, generalmente llamados “propulsores biocidas”, que mejoran su efectividad. Estos compuestos varían en su modo de operar, su persistencia en el medioambiente y propiedades toxicológicas, desconociéndose su distribución actual, destino e impacto de su permanencia en el medio ambiente marino, pero ninguno a diferencia del TBT muestra evidencia de ser un “disruptor endócrino”, (Arai et al., 2009).

La implicación práctica de esta investigación es la de implementar una técnica de verificación de contaminación ambiental denominada “Imposex” aplicada en moluscos gasterópodos como bioindicadores. El imposex ha demostrado ser una herramienta útil en estudios de seguimiento de calidad ambiental principalmente dentro del desarrollo industrial de determinadas zonas costeras (Morcillo & Porte, 1998). Tomando en consideración que concentraciones de 1 ng/l son suficientes para inducir impactos sobre

poblaciones de organismos marinos (Castro et al., 2007), otra aplicación es que la mencionada técnica, puede ser tomada en consideración por autoridades ambientales como una herramienta referencial para establecer límites permisibles de contaminación por compuestos orgánicos del estaño en ambientes marinos, e implantar una regulación respecto al uso de estos compuestos, lo cual sería un avance para el Ecuador, dado que hasta los actuales momentos se desconocía al TBT y los impactos generados por éste.

El objetivo principal del presente estudio es verificar la presencia de imposex en moluscos gasterópodos de la familia Muricidae en la parte del perfil costero ecuatoriano que se encuentre bajo la influencia de terminales pesqueros y portuarios. Como segundo punto, este estudio pretende hacer una comparación entre las especies exhibidoras de imposex en el perfil costero estudiado, para determinar aquellas que sean más sensibles, las mismas que serán empleadas en las salidas de campo. Finalmente, se programarán muestreos que permitirán cuantificar los niveles de imposex a lo largo de la costa ecuatoriana, y de esta forma, evaluar el nivel de impacto provocado por compuestos organoestañosos.

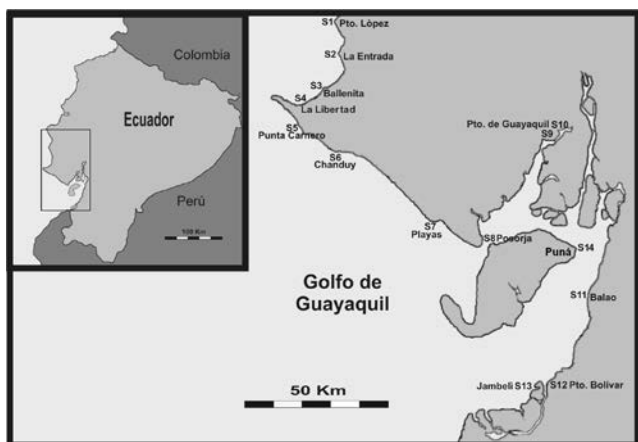
## 2. Materiales y Métodos

### Área de Estudio

Se tomaron 14 muestras de un total de 13 localidades del perfil costero, del Golfo de Guayaquil y proximidades, que incluye puertos marítimos y áreas con actividad naval relevante como se muestra en la Figura 1.

El trabajo de campo se extendió por un período de 8 meses, el mismo que comprendió los meses de agosto del 2009 a marzo del 2010.





**Figura 1.** Puntos de muestreos (n=13), localizados en playas y puertos del Ecuador.

La definición de los puntos se hizo basado en la observación directa y aparición de las poblaciones de moluscos ubicadas en áreas definidas de la zona intermareal rocosa de puertos y playas con actividad naval o pesquera.

Se trabajó con tres especies del género *Thais* sp. (*T. brevidentata*, *T. biserialis* y *T. kiosquiformis*) que, según Ramasamy et al. (2002), son buenos indicadores de contaminación por TBT para aguas tropicales. En cada estación se tomaron en lo posible hasta 30 ejemplares de cada especie de Murícidos, el cual es un número confiable para aplicar y obtener los índices y frecuencia de imposex, (Bech, 2007). La identificación de los mismos fue “in situ” con base en Keen (1971). La colecta de los especímenes se realizó manualmente, en zonas rocosas, pilares de muelles, tuberías y otras superficies duras donde habitan normalmente las especies de este género.

Todas las estaciones de colecta fueron geográficamente referenciadas utilizando un GPS eTREX Summit GARMIN y los respectivos puntos ploteados en un mapa (Fig. 1 y Tab. 1).

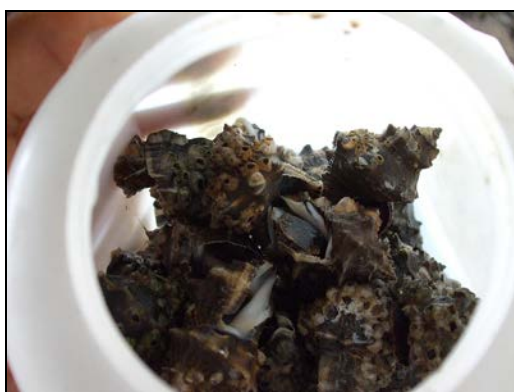
Una vez colectados los organismos fueron depositados en frascos plásticos de 500 y 800 ml de boca ancha y llenados con agua de mar, para aplicar la técnica de narcotización y posterior análisis de laboratorio (Figs. 2, 3, 4).



**Figura 2.** Colectando a *Thais kiosquiformis*



**Figura 3.** Moluscos adheridos a los pilares de los muelles



**Figura 4.** Moluscos depositados en frascos de boca ancha

Tabla 1. Estaciones monitoreadas en áreas de influencia y terminales portuarias de Ecuador, con sus respectivos datos de colecta, latitud y longitud

| Muestreo (Sitios) | Puerto/Playa | Provincia | Coordenadas                    |
|-------------------|--------------|-----------|--------------------------------|
| S1                | Puerto López | Manabí    | S 1° 33.6556'<br>W 80° 49.222' |

María Arroyo Osorio / *Imposex en Thais Brevidentata, Thais Kiosquiformis, Thais Biserialis (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) sel Perfil Centro-Sur se la Costa Ecuatoriana, una Indicación de Contaminación por Compuestos Organoestañosos*

|     |                     |             |                                      |
|-----|---------------------|-------------|--------------------------------------|
| S2  | La Entrada          | Manabí      | S 1° 43.8777'<br>W 80° 47.0958'      |
| S3  | Ballenita           | Santa Elena | S 2° 11' 55''<br>W 80° 41' 31.2''    |
| S4  | La Libertad         | Santa Elena | S 2° 13' 0.82''<br>W 80° 54' 21''    |
| S5  | Punta Carnero       | Santa Elena | S 2° 17' 25.4''<br>W 80° 54' 43.4''  |
| S6  | Chanduy             | Santa Elena | S 2° 24' 25.5''<br>W 80° 41' 31.2''  |
| S7  | Playas              | Guayas      | S 2° 38' 32.4''<br>W 80° 24' 19.5''  |
| S8  | Posorja             | Guayas      | S 2° 42' 09.1''<br>W 80° 14' 38.4''  |
| S9  | Puerto de Guayaquil | Guayas      | S 2° 16' 40.4''<br>W 80° 54' 21''    |
| S10 | Puerto de Guayaquil | Guayas      | S 2° 17' 01.2''<br>W 79° 53' 56.4''  |
| S11 | Balao               | Guayas      | S 2° 55' 28.7''<br>W 79° 51' 06.3''  |
| S12 | Puerto Bolívar      | El Oro      | S 3° 10' 14.7''<br>W 80° 00' 13.7''  |
| S13 | Jambelí             | El Oro      | S 3° 14' 33.7''<br>W 80° 02' 56.2''  |
| S14 | Puná                | Guayas      | S 2° 44' 28.11''<br>W 79° 54' 69.4'' |

### Procedimiento de Laboratorio

Las muestras fueron transportadas hasta el Laboratorio de Macrobentos del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales (IIRN) de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, en el cual se llenaron las hojas de registros con los datos de campo y laboratorio (Figura 5). Luego, los gasterópodos fueron depositados en bandejas y narcotizados por un período de 2 a 4 horas, en una solución de cloruro de magnesio al 3,5% (Huet et al., 1995), preparada en agua de mar. Pasado este tiempo se procedió a medirlos desde la punta del canal sifonal anterior hasta el ápice con la ayuda de un vernier o pie de rey (Figura 5b). Empleando una prensa y pinzas punta gruesa y fina, se procede a romper las conchas, examinar las partes blandas (Figs. 6a, 6b, 7a) y medir el pene en machos y hembras con imposex (Fig. 7b).



Figura 5. a) Medición y registro de datos. b) Medición de la longitud de *T. kiosquiformis* mediante un calibrador digital.



Figura 6. a) Ruptura de una concha mediante el uso de la prensa. b) Obtención de partes blandas de los organismos.

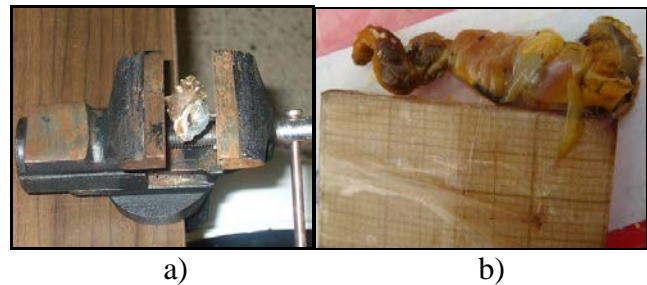


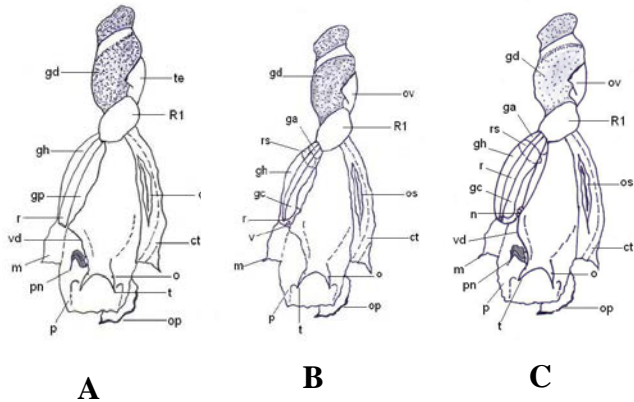
Figura 7. a) Examen de partes blandas. b) Medición del pene en un macho de *T. kiosquiformis*.

### Identificación de *Imposex* en *T. brevidentata*, *T. biserialis* y *T. kiosquiformis*

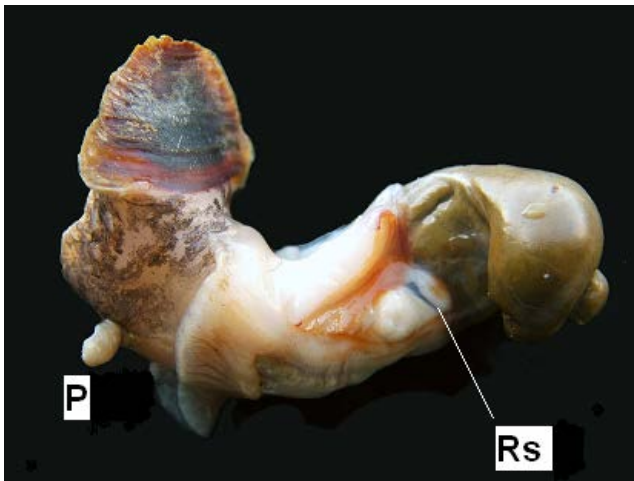
La determinación sexual fue a través de la presencia del receptáculo seminal presente únicamente en hembras así como lo es la próstata en los machos, también se tomó en consideración para el sexado la coloración de las gónadas (Figs. 10, 11). Los animales que presenten receptáculo seminal y pene o vaso deferente, fueron considerados hembras con algún grado de imposex (Figs. 8, 9). Los penes de los machos y



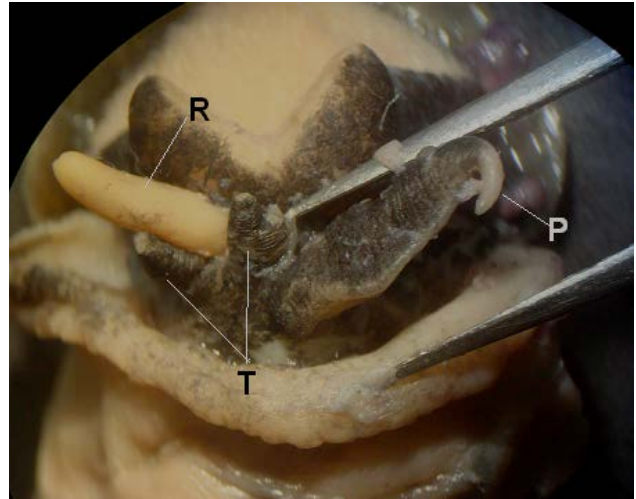
las hembras con imposex fueron medidos utilizando una lámina milimetrada, tal como se muestra en la Fig. 7(Castro, 2005).



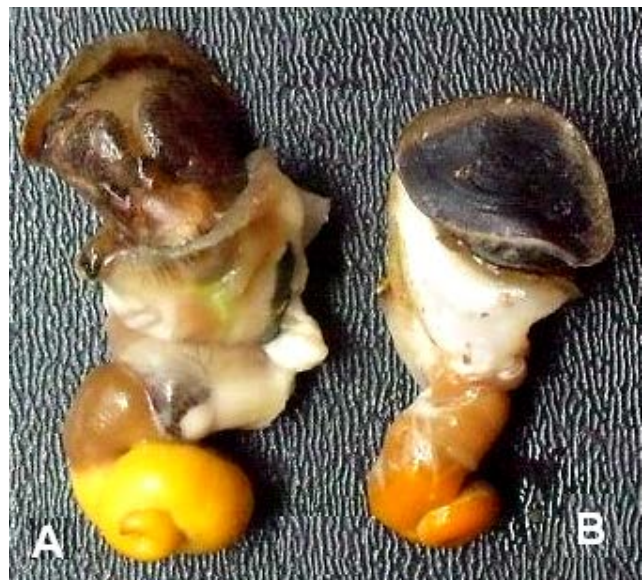
**Figura 8.** Estructuras Anatómicas de un organismo perteneciente al género *Thais*, según Horiguchi *et al.*(1994). Leyenda: (A) Macho, (B) Hembra, (C) Imposex grado III/IV. ct, ctenidio; ga, glándula del albúmen; gc, glándula de la cápsula; gd, glándula digestiva; gh, glándula hypobranquial; gp, glándula prostática; m, manto; n, nódulo; o, ojo; op, opérculo; os, osfradio; ov, ovario; p, pie; pn, pene; r, recto; rs, receptáculo seminal; R1, riñón; t, tentáculo; te, testis; v, vulva; vd, vaso deferente.



**Figura 9.** Hembra del Género *Thais* con pene (indicación de imposex), P: pene; Rs: receptáculo seminal (Castro, 2002).



**Figura 10.** Ejemplar macho, donde P: pene; T: tentáculos oculares y R: rádula



**Figura 11.** Coloración diferencial de las gónadas en Hembras (A) y Machos (B)

### Indicadores de Imposex

Para hacer una cuantificación de los niveles de imposex se emplearon tres indicadores: Prevalencia de imposex, Relative Penis Length Index (RPLI) (Tan, 1997) y Vas Deferens Sequence Index (VDSI). Las formulaciones de los índices calculados se presentan a continuación.

$$Pr\text{ prevalencia.del.imposex} = \frac{\text{hembras.con.imposex}}{\text{Total.de.hembras}} \times 100$$

$$RPLI = \frac{\text{Longitud.media.pene.de.machos}}{\text{Longitud.media.pene.de.hembras}} \times 100$$

El índice de la Secuencia de Desarrollo del Vaso Deferente (VDSI) propuesto por Gibbs y Bryan (1987) determina, mediante una escala que consta de 6 estadios, la secuencia de desarrollo del imposex en cada uno de los animales estudiados. Este índice se basa en el tamaño del pene y la formación del conducto deferente de cada hembra observada (Fig. 12).

El VDSI, es considerado como el mejor índice de biomonitoreo de contaminación por TBT al proveer de información sobre la capacidad reproductiva de la población. El reconocimiento de los diferentes estadios de desarrollo del vaso deferente confiere un método más sensitivo para categorizar la intensidad de la expresión del imposex (Ramasamy et al 2002).

Las seis etapas o grados de imposex son los siguientes:

Estadio 1. Hembra mostrando la pronta formación de un conducto deferente en la región ventral de la papila genital. No hay formación de pene.

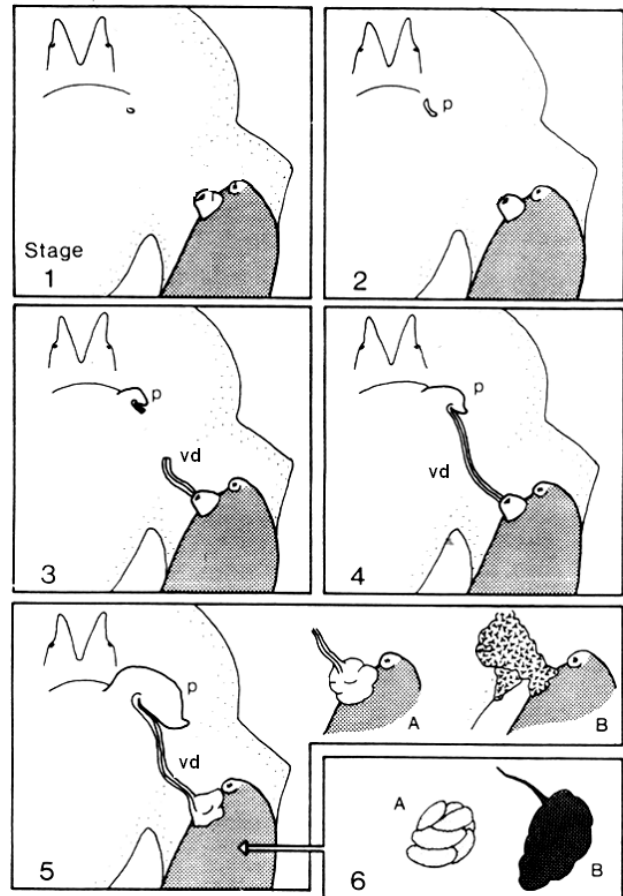
Estadio 2. Se observa el inicio del desarrollo del pene, cerca del tentáculo derecho y el crecimiento del vaso deferente.

Estadio 3. Pequeño pene completamente formado y el conducto deferente creciendo en dirección al mismo.

Estadio 4. El conducto deferente se conecta con el pene ya más desarrollado. Esta es la última etapa en la que la hembra sigue siendo capaz de reproducir.

Estadio 5. El epitelio que forma el conducto deferente crece bloqueando la abertura genital de la hembra, causando fracaso reproductivo de la misma debido a la obstrucción de la abertura genital.

Estadio 6. La hembra sigue produciendo cápsulas que no pueden ser eliminadas debido a la obstrucción de la abertura de su genital, estas cápsulas abortadas se acumulan provocando la muerte del animal.



**Figura. 12.** Estadios de desarrollo del pene y vaso deferente (VDSI) propuesto por Gibbs et al (1987) para *Nucella lapillus*.

### 3. Resultados

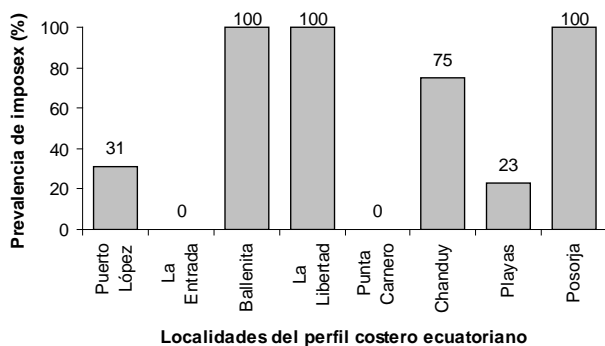
#### Descripción de Imposex en Tres Especies de Murícidos

Se muestrearon 14 localidades diferentes desde la región sur hasta el centro del perfil costero ecuatoriano, de las cuales 2 no presentaron ocurrencia de imposex (La Entrada y Punta Carnero). Fueron colectados y analizados un total de 467 organismos pertenecientes a tres especies (*Thais biserialis*, *T. brevidentata* y *T. kiosquiformis*), de ellos 235 fueron hembras (50,3 %) y 232 ejemplares fueron machos (49,7 %), la proporción hembra- macho tuvo tendencia a la unidad (1:1). La ocurrencia de imposex reflejado en el total de hembras colectadas fue alto, llegando a una prevalencia del 79,6 %.

Los resultados que se muestran a continuación describen como se manifestó el imposex por especies colectadas a lo largo del perfil costero ecuatoriano.

### Thais brevidentata

Se colectaron un total de 204 ejemplares en ocho localidades diferentes ubicadas en el litoral oceánico de las costas ecuatorianas (Fig. 13), del total de organismos el 56% eran hembras y el restante 44% pertenecían a machos. La diferenciación sexual se hizo con la identificación del receptáculo seminal presente únicamente en hembras así como lo es la próstata en machos, también se tomó en consideración para el sexado la coloración de las gónadas (Fig. 11). Las hembras que presenten receptáculo seminal y pene o vaso deferente, fueron consideradas hembras con algún grado de imposex. Del total de hembras muestreadas el 57,9 % mostraron imposex.



**Figura 13.** Localidades donde fueron colectados los ejemplares de *T. brevidentata*, y el porcentaje de imposex en hembras.

El análisis del imposex, respecto al grado de intensidad mostrado, indicó que todas las hembras afectadas presentaron una pequeña papila (0,1 mm) como inicio de la formación de un pene ubicada en la parte posterior del tentáculo derecho, lo que caracteriza al VDSI Grado I, comportamiento típico del género *Thais* (Fig. 15 A).

### Thais biserialis

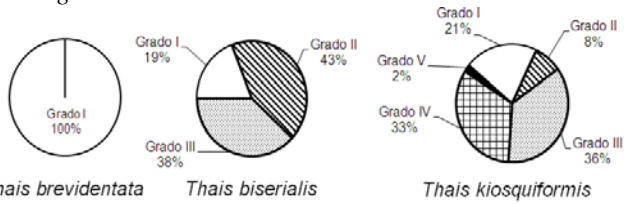
Se colectaron un total de 42 ejemplares solo en dos localidades (La Libertad y Chanduy) de las catorce monitoreadas, y coincidentemente a lo

ocurrido con *T. brevidentata*, fueron localidades bañadas directamente con agua de mar oceánica. Los sexos estuvieron repartidos en un 50%, cada uno. Para la diferenciación sexual se verificaron las mismas variables (presencia de pene, receptáculo seminal, coloración de gónadas), que en *Thais brevidentata*. La prevalencia de imposex en hembras fue del 100%, mientras que la intensidad del imposex se presentó en un rango comprendido entre los Grados I y III. Siendo los Grados II y III los de mayor abundancia entre la población de moluscos con un 43% y 38%, respectivamente (Fig. 14). Tal como se presenta en la Figura 15 B y 15 C, la caracterización del Grado II es por el desarrollo de un pene cerca del tentáculo derecho, así como el crecimiento del vaso deferente y la del Grado III por la presencia de un pene pequeño completamente formado con un vaso deferente creciendo en dirección al pene.

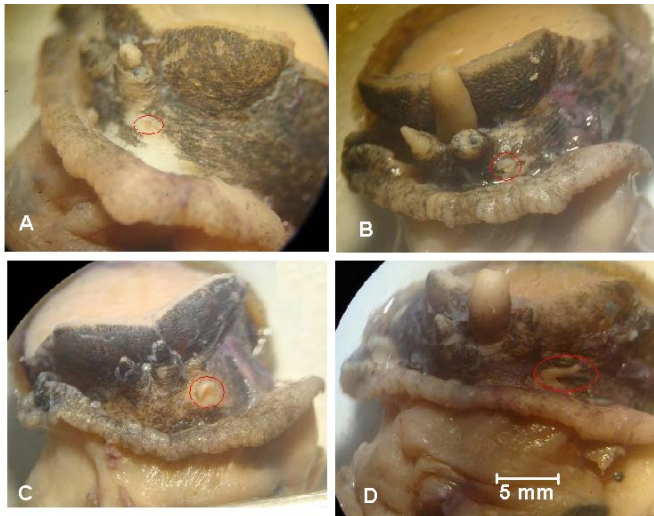
### Thais kiosquiformis

Un total de 221 organismos fueron colectados en seis localidades diferentes (Posorja, P. de Guayaquil, Balao, P. Bolívar, Jambelí y Puná) pertenecientes al perfil costero del Golfo de Guayaquil con influencia de agua de menor salinidad (10 – 20 ‰) en comparación al agua oceánica del perfil ecuatoriano (34‰); de los moluscos colectados el 45,2 % fueron hembras y un 54,8 % fueron machos. La diferenciación sexual se realizó con la ubicación de las mismas variables que se emplearon para *T. brevidentata* y *T. biserialis*. Todas las hembras colectadas presentaron imposex, y el nivel de imposex se presentó en un rango comprendido entre los Grados del I-V. Los dos últimos estadios (IV – V), se caracterizan porque el primero corresponde a la última fase en que la hembra puede reproducirse (Fig. 15 D) y el segundo porque el conducto deferente bloquea el poro genital de la hembra, impidiendo su reproducción. La mayor cantidad de organismos se concentraron en los grados III y IV con un porcentaje del 36% y 33%, respectivamente (Fig. 14).





**Figura 14.** Grados de imposex presentados en hembras de las tres especies de murícidos colectados en costas ecuatorianas.

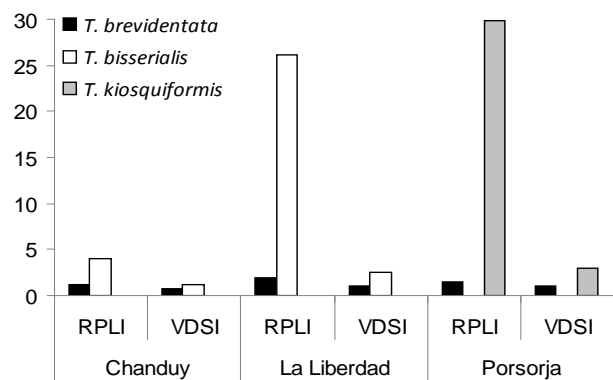


**Figura 15.** Grados de Imposex del I al IV en *Thais kiosquiformis*. A: Grado I, B: Grado II, C: Grado III y D: Grado IV

### Diferencias de Sensibilidad entre los Murícidos Estudiados

Durante la realización del presente estudio fue verificada la ocurrencia de imposex en tres distintas especies de moluscos pertenecientes a la familia Muricidae (*Thais biserialis*, *Thais kiosquiformis* y *Thais brevidentata*). Para un mejor criterio de selección de las especies como bioindicadores, se hicieron comparaciones de sensibilidad entre ellas por contaminación de compuestos organoestañosos para un mismo punto de muestreo. Esas comparaciones fueron hechas para especies que fueron colectadas en los mismos sitios, lo cual sugiere que la exposición a los compuestos organoestañosos fue la misma. Teniendo como base lo antes dicho, sólo hubieron tres localidades donde se colectaron por coincidencia dos especies diferentes: “La Libertad”, “Chanduy” y “Posorja” (Tab. 2). Las combinaciones de especies emparejadas fueron: *T. brevidentata* con *T. biserialis* en las localidades de

La Libertad y Chanduy, y *T. brevidentata* con *T. kiosquiformis* en la localidad de Posorja. Debido a la ocurrencia diferencial, solo se podrá comparar la sensibilidad de *T. brevidentata* en relación a las demás especies. En la figura 16, se puede observar como las especies *Thais kiosquiformis* y *Thais biserialis* presentan la mayor sensibilidad cuando fueron comparadas con *Thais brevidentata*, donde para todas las localidades se reflejó en las hembras afectadas una menor longitud relativa del pene para la especie de *T. brevidentata*, y consecuente un menor grado de imposex (Fig. 16).



**Figura 16.** Indicadores de imposex: RPLI (%) y VDSI (Grados), para hembras de las tres especies.

Tabla 2. Prevalencia de imposex en *Thais biserialis*, *Thais brevidentata* y *Thais kiosquiformis*, en diferentes puntos del perfil costero ecuatoriano. Sombreadas las celdas correspondientes a lugares con dos especies diferentes.

| Localidad     | Especies                   | Prevalencia de Imposex (%) |
|---------------|----------------------------|----------------------------|
| Pto. López    | <i>Thais brevidentata</i>  | 31                         |
| La Entrada    | <i>Thais brevidentata</i>  | 0                          |
| Ballenita     | <i>Thais brevidentata</i>  | 100                        |
| La Libertad   | <i>Thais biserialis</i>    | 100                        |
|               | <i>Thais brevidentata</i>  | 100                        |
| Punta Carnero | <i>Thais brevidentata</i>  | 0                          |
| Chanduy       | <i>Thais biserialis</i>    | 100                        |
|               | <i>Thais brevidentata</i>  | 75                         |
| Playas        | <i>Thais brevidentata</i>  | 23                         |
| Posorja       | <i>Thais brevidentata</i>  | 100                        |
|               | <i>Thais kiosquiformis</i> | 100                        |

|           |                            |     |
|-----------|----------------------------|-----|
| Pto. de   |                            |     |
| Guayaquil | <i>Thais kiosquiformis</i> | 100 |
| Balao     | <i>Thais kiosquiformis</i> | 100 |
| Pto.      |                            |     |
| Bolívar   | <i>Thais kiosquiformis</i> | 100 |
| Jambelí   | <i>Thais kiosquiformis</i> | 100 |
| Puná      | <i>Thais kiosquiformis</i> | 100 |

Analizando la prevalencia que pudo tener el imposex en las hembras de las tres especies estudiadas, resalta el comportamiento de *T. biserialis* y *T. kiosquiformis* quienes fueron las especies donde el 100% de las hembras colectadas estuvieron afectadas, lo cual sugiere una mayor sensibilidad para estas especies (Tab. 2). Además, *T. biserialis* fue la especie con menos ocurrencia en cuanto a presencia (La Libertad y Chanduy) y cantidad de individuos colectados en el perfil costero ecuatoriano, lo que puede indicar niveles de afectación mayor de la población debido a su sensibilidad. La menor sensibilidad nuevamente se refleja en *T. brevidentata*, pues fue la única de las especies que presentó prevalencias inferiores al 100% en hembras colectadas (P. López: 31%, Chanduy: 75% y Playas: 23%).

## Niveles de Imposex en el Perfil Costero Ecuatoriano

### Puerto López:

En el puerto pesquero artesanal Puerto López se colectó únicamente la especie *T. brevidentata*, donde las hembras afectadas con imposex mostraron un RPL del 0,4%. Todas las hembras afectadas tuvieron una clasificación de Grado I (Tab. 3 y Fig. 17).

### Ballenita:

En el pequeño puerto pesquero artesanal y balneario de Ballenita se colectó únicamente la especie *T. brevidentata*, donde las hembras afectadas con imposex mostraron un RPL del 2,8%. Todas las hembras afectadas tuvieron una clasificación de Grado I (Tab. 3 y Fig. 17).

### La Libertad:

En el puerto pesquero y mercante de La Libertad se colectaron las especies *T. brevidentata* y *T. biserialis*. Las hembras de *T. brevidentata*

afectadas con imposex mostraron un RPL del 1,9%. Todas las hembras con imposex tuvieron una clasificación de Grado I. Para el caso de *T. biserialis* las hembras tuvieron un RPL del 26,1 %, repartidos entre los Grados II y III al 50% cada uno (Tab. 3 y Fig. 17).

### Chanduy:

En el puerto pesquero de Chanduy colectaron las especies *T. brevidentata* y *T. biserialis*. Las hembras de *T. brevidentata* afectadas con imposex mostraron un RPL del 1,2%. Todas las hembras con imposex tuvieron una clasificación de Grado I. Para el caso de *T. biserialis* las hembras tuvieron un RPL del 4,0 %, repartidos entre los Grados I y II con 80 y 20% respectivamente (Tab. 3 y Fig. 17).

### Playas:

En el puerto pesquero artesanal y balneario de General Villamil Playas, se colectó únicamente la especie *T. brevidentata*, donde las hembras afectadas con imposex mostraron un RPL del 0,4%. Todas las hembras afectadas tuvieron una clasificación de Grado I (Tab. 3 y Fig. 17).

### Posorja:

En el puerto pesquero industrial y artesanal de Posorja, se colectaron las especies *T. brevidentata*, y *T. kiosquiformis*. Las hembras de *T. brevidentata* afectadas con imposex mostraron un RPL del 1,5%, y una clasificación de Grado I. Para el caso de *T. kiosquiformis* las hembras tuvieron un RPL del 29,8 %, repartidos entre los Grados II, III y IV con 25%, 50% y 25% respectivamente (Tab. 3 y Fig. 17).

### Puerto de Guayaquil:

En el puerto mercante de Guayaquil se establecieron dos puntos de colecta, el primero corresponde al área turística del puerto y el segundo netamente al área mercante. En ambos puntos se encontró únicamente a la especie *T. kiosquiformis*, donde las hembras afectadas con imposex mostraron un RPL del 19,0 % y 23,7%, para las áreas turística y mercante respectivamente. En el caso del área turística, los Grados de imposex estuvieron entre III y IV con 13% y 87%, respectivamente. Para el caso de la zona mercantil los Grados estuvieron repartidos

entre III, IV y V, con 23%, 69% y 8%, respectivamente (Tab. 3 y Fig. 17).

**Balao:**

En el puerto pesquero artesanal de Balao se encontró únicamente a la especie *T. kiosquiformis*, donde las hembras afectadas con imposex mostraron un RPL del 23,5%, con Grados de imposex repartidos entre I, III y IV con un 9%, 82% y 9%, respectivamente (Tab. 3 y Fig. 17).

**Puerto Bolívar:**

En este puerto pesquero y mercante se encontró únicamente a la especie *T. kiosquiformis*, donde las hembras afectadas con imposex mostraron un RPL del 40,7%, con Grados de imposex repartidos entre II, III y IV con un 23%, 62% y 15%, respectivamente (Tab. 3 y Fig. 17).

**Jambelí:**

En el puerto pesquero artesanal y balneario de Jambelí sólo se encontró a la especie *T. kiosquiformis*, donde las hembras afectadas con imposex mostraron un RPL del 9%, con Grados de imposex repartidos entre I y II con un 50% cada uno (Tab. 3 y Fig. 17).

**Puná:**

En el puerto pesquero artesanal de la Isla Puná se establecieron dos puntos de colecta, el primero correspondiente al muelle de embarque y desembarque de turistas, productos pesqueros y mercancía en general, y el segundo fue un balneario a 1000 metros del muelle principal. En ambos puntos se encontró únicamente a la especie *T. kiosquiformis*, donde las hembras afectadas con imposex mostraron un RPL del 28,3 % y 1,5%, para las áreas del muelle y balneario, respectivamente. En el caso del muelle, los Grados de imposex estuvieron entre I, III y IV con 31%, 44% y 25%, respectivamente. Para el caso del balneario aledaño, todos los organismos presentaron Grado I (Tab. 3 y Fig. 17).

Tabla 4. Longitud promedio del pene, longitud relativa del pene (RPL) e intensidad de imposex para hembras de *Thais biserialis* (A), *Thais brevidentata* (B) y *Thais kiosquiformis* (C), en diferentes puntos del perfil costero ecuatoriano.

|                       |   | en hembras (mm) | 0    | I   | II  | III | IV | V  |
|-----------------------|---|-----------------|------|-----|-----|-----|----|----|
| Pto. López            | B | 0,1             | 0,4  | 69  | 31  | 0   | 0  | 0  |
| La Entrada            | B | 0,0             | 0,0  | 100 | 0   | 0   | 0  | 0  |
| Ballenita             | B | 0,1             | 2,8  | 0   | 100 | 0   | 0  | 0  |
| La Libertad           | A | 1,6             | 26,1 | 0   | 0   | 50  | 50 | 0  |
|                       | B | 0,1             | 1,9  | 0   | 100 | 0   | 0  | 0  |
| Punta Carnero Chanduy | B | 0,0             | 0,0  | 100 | 0   | 0   | 0  | 0  |
|                       | A | 0,3             | 4,0  | 0   | 80  | 20  | 0  | 0  |
|                       | B | 0,1             | 1,2  | 25  | 75  | 0   | 0  | 0  |
| Playas                | B | 0,1             | 0,4  | 77  | 23  | 0   | 0  | 0  |
| Posorja               | B | 0,1             | 1,5  | 0   | 100 | 0   | 0  | 0  |
|                       | C | 2,0             | 29,8 | 0   | 0   | 25  | 50 | 25 |
| Pto. de Guayaquil (1) | C | 2,3             | 19,0 | 0   | 0   | 0   | 13 | 87 |
| Pto. de Guayaquil (2) | C | 2,8             | 23,7 | 0   | 0   | 0   | 23 | 69 |
| Balao                 | C | 2,0             | 23,5 | 0   | 9   | 0   | 82 | 9  |
| Pto. Bolívar          | C | 2,0             | 40,7 | 0   | 0   | 23  | 62 | 15 |
| Jambelí               | C | 0,6             | 9,0  | 0   | 50  | 50  | 0  | 0  |
| Puná (muelle)         | C | 1,7             | 28,3 | 0   | 31  | 0   | 44 | 25 |
| Puná (balneario)      | C | 0,1             | 1,5  | 0   | 100 | 0   | 0  | 0  |

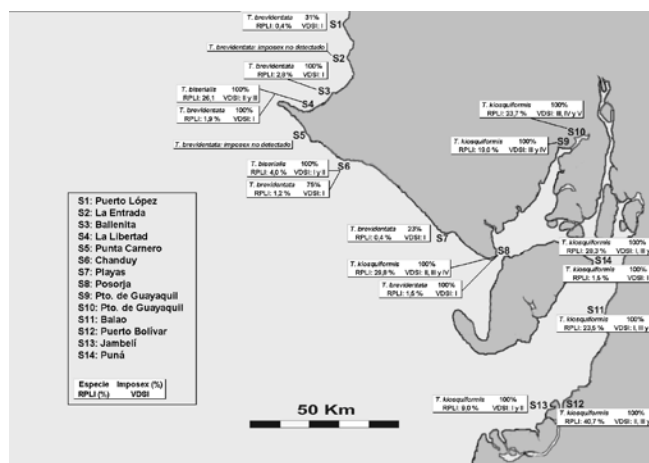


Figura 37. Resultados del monitoreo realizado en el perfil costero ecuatoriano para las especies *T. brevidentata*, *T. biserialis* y *T. kiosquiformis*. Prevalencia de imposex (%), RPLI (%) y VDSI.

**4. Discusión**

**Descripción de Imposex en Tres Especies de Muricidos**

| Localidad / Punto de Muestreo | Especie | Longitud promedio del pene | RPL (%) | Grados de Imposex (%) |
|-------------------------------|---------|----------------------------|---------|-----------------------|
|-------------------------------|---------|----------------------------|---------|-----------------------|

El presente estudio es el primer reporte para Ecuador en cuanto a detección y cuantificación de imposex en el perfil costero ecuatoriano, así como es también, el primer registro sudamericano de imposex para la especie *Thais kiosquiformis*. Se seleccionaron tres distintas especies de murícidos con la idea de escoger el más apropiado bioindicador para contaminación por TBT en el agua. La práctica demostró que en ningún punto de muestreo coincidieron las tres especies seleccionadas, situación similar reporta Li y Collin (2005) cuando estudiaron el imposex en gasterópodos por acción del tributilestaño, en una de las zonas de embarque más ocupadas del mundo (Canal de Panamá).

En el perfil costero ecuatoriano, la proporción hembra-macho en poblaciones de caracoles del género *Thais* (*Thais brevidentata*, *Thais biserialis* y *Thais kiosquiformis*), presentó tendencia a la unidad (1:1), el mismo resultado para murícidos fue reportado en los estudios de Flores *et al.* (2007), Matsuo y Habe (1969) y Tan (1997) y así como la generalidad de la bibliografía que aborda temas de estructura poblacional en moluscos del género *Thais*. Las proporciones iguales en la estructura de sexos indica que las poblaciones de moluscos a pesar de estar afectadas con imposex, el nivel de afección no es suficiente para provocar daños en la fertilidad de las hembras o una mortalidad que afecte las proporciones de sexo dentro de las poblaciones, como ocurrió en el estudio de Osorio y Huaquín (2003) donde se presentó una mayor cantidad de machos atribuyendo una mortalidad diferencial a causa de la contaminación por compuestos organoestañosos. Además, la similitud de proporción sexual sugiere que el tamaño de muestra seleccionado para el estudio (n=30) fue óptimo para estudiar algún otro comportamiento en las poblaciones, como es el caso del imposex.

#### *Thais brevidentata*

La prevalencia de imposex mostrada por las hembras de *T. brevidentata* (60 %) resultó considerablemente alta si la comparamos con la mostradas para organismos de la misma especie colectados en la costa pacífica de Costa Rica

como lo muestra el trabajo realizado por Gravel *et al.* (2006) y resultados de las investigaciones de Li y Collin (2005) en murícidos Panameños. Esto se debe a que se muestrearon localidades con intensa actividad pesquera, artesanal e industrial. En cuanto al tamaño promedio del pene, las hembras afectadas tuvieron un crecimiento incipiente de hasta 0,1 mm. correspondiente al Grado I como es descrito en la literatura de Gibbs y Bryan (1987). El mayor valor de RPLI para la especie en el perfil ecuatoriano fue de 2,8% (Ballenita), porcentaje que está muy por debajo de los obtenidos por Osorio y Huaquín (2003) para imposex en hembras del mismo género.

#### *Thais biserialis*

Los organismos de *T. biserialis* representaron sólo un 9% del total de organismos muestreados, constituyendo una presencia baja en relación con las otras dos especies colectadas. El fenómeno imposex se presentó con una prevalencia del 100%, para el RPLI, el mayor valor reportado para esta especie en el perfil costero ecuatoriano fue de 26,1% (La Libertad), porcentaje que contrasta con el 14,3% obtenido por Ramasamy *et al.* (2002), para hembras de la misma especie, en el puerto mercante de Tuticorin en la India.

#### *Thais kiosquiformis*

Un total de 221 organismos fueron colectados pertenecientes al perfil costero del Golfo de Guayaquil de los cuales el 45% fueron hembras y un 55% fueron machos. El imposex se presentó en un 100%, valor alto, si se compara con los obtenidos por Li y Collin (2005) en los alrededores del Canal de Panamá (13% y 29%). El hecho de que la especie haya alcanzado los niveles más altos en Grados de imposex (hasta Grado IV-V) pudo deberse a que existen fuentes de contaminación muy fuertes cerca de los puntos de colecta y también porque las aguas del Golfo tienen poco recambio comparado con aguas de mar abierto.

### Diferencias de Sensibilidad entre los Murícidos Estudiados

Analizando el máximo nivel en grados de intensidad de imposex (VDSI) registrado en las costas ecuatorianas se destaca que, *Thais brevidentata* alcanzó como máximo Grado I, *Thais biserialis* presentó en el mismo sentido Grado III y *Thais kiosquiformis* alcanzó Grado V como máximo nivel de afectación. Se debe resaltar que debido a la ausencia de las tres especies de manera simultánea en cada punto de muestreo, no se pudo comparar la sensibilidad entre las tres especies seleccionadas, similar situación encontró Tan, (1997) cuando investigó la sensibilidad de tres especies del Género *Thais* en Singapur, donde ante tal situación los autores recomendaron experimentos de laboratorio con un diseño adecuado que permita identificar simultáneamente la sensibilidad de varias especies ante un contaminante disuelto en agua como el TBT que complementarán lo observado en el campo. Para el caso de nuestro estudio, sólo hubieron tres localidades donde se colectaron por coincidencia dos especies diferentes: “La Libertad”, “Chanduy” y “Posorja” (Tab. 2). Las comparaciones posibles entre especies emparejadas fueron: *T. brevidentata* con *T. biserialis* en las localidades de La Libertad y Chanduy, y *T. brevidentata* con *T. kiosquiformis* en la localidad de Posorja.

Un análisis de sensibilidad de los moluscos ante la contaminación por TBT en el agua puede usar la herramienta de la prevalencia que pudo tener el imposex en las hembras de las tres especies estudiadas. Resalta el comportamiento de *T. biserialis* y *T. kiosquiformis* quienes fueron las especies donde el 100% de las hembras colectadas estuvieron afectadas, lo cual sugiere una mayor sensibilidad para estas especies. La menor sensibilidad se refleja en *T. brevidentata*, pues fue la única de las especies que presentó prevalencias inferiores al 100% en hembras colectadas (P. López: 31%, Chanduy: 75% y Playas: 23%). Otro análisis para evidenciar sensibilidad diferencial entre especies es según los indicadores RPLI y VDSI para lo cual fueron las especies *T.*

*kiosquiformis* y *T. biserialis* las de mayor sensibilidad comparadas con *T. brevidentata* donde para todas las localidades sus hembras presentaron la menor intensidad de imposex con Grado I (Fig. 16).

### Niveles de Imposex en el Perfil Costero Ecuatoriano

El quehacer marítimo ecuatoriano está servido por un significativo flujo de líneas navieras nacionales e internacionales (al país llegan un promedio anual de 2.800 naves), esta intensa actividad nos motivó a monitorear algunos de los principales puertos, muelles y playas con la finalidad de aplicar índices que nos permitieran determinar en que intensidad el imposex está afectando a los gasterópodos murícidos del perfil costero ecuatoriano. Son pocas las investigaciones que se han realizado a nivel de la costa pacífica así tenemos a Flores *et al* (2007) en México, Gravel *et al* (2006) en Costa Rica, Li y Collin (2005) en Panamá pero para Sudamérica son más escasos aún pudiendo citar el de Osorio y Huaquín (2003) en Chile, situación que contrasta con las investigaciones llevadas a cabo en la costa atlántica sudamericana donde Brasil se perfila como el país que mayor cantidad de trabajos de investigación y mayor dominio del tema posee (Castro *et al.*, 2000, Fernandez *et al.*, 2002, Camilo *et al.*, 2004, Castro *et al.*, 2004, Castro *et al.*, 2005, Castro *et al.*, 2005b, Cavalcante - Braga *et al.*, 2006, Lima *et al.*, 2006, Castro *et al.*, 2007, Castro *et al.*, 2007b, Castro *et al.*, 2007c, Queiroz *et al.*, 2007, Castro *et al.*, 2008, Meirelles *et al.*, 2008, Lima\_Verde *et al.*, 2009).

De las trece localidades monitoreadas las siete primeras (de norte a sur) se encuentran bañadas por aguas oceánicas con salinidades que promedian un valor de 34 ‰, donde hubo presencia de *Thais brevidentata* y *Thais biserialis*. *T. brevidentata* presentó los valores más altos en 4 localidades, esto se debe a que el puerto de La Libertad, Chanduy y Posorja son puertos de alta actividad mercante y artesanal, el caso de Ballenita pudiera deberse a su proximidad con La Libertad. El porcentaje más bajo lo tuvo en Playas



(23%), esto se explica a que la colecta de los organismos se lo hizo en la parte turística del balneario, donde era casi nula la presencia de botes y pangas. *T. biserialis* se presentó siempre de manera simultánea con *T. brevidentata* y con valores máximos de porcentaje de imposex en localidades de alto flujo naviero.

Dentro del Golfo de Guayaquil se muestrearon 6 localidades en las cuales sólo se encontró, de las tres especies del estudio, a *Thais kiosquiformis*. Este comportamiento en cuanto a ocurrencia de especies se debe a las condiciones de salinidad en el agua del perfil costero del Golfo, el cual esta considerado como una región de estuario donde la salinidad se puede encontrar en un rango de 5 ‰ a 20 ‰; y según la literatura especializada en el estudio de poblaciones *Thais kiosquiformis* es catalogado como el “caracol del manglar” (Koch y Wolff, 1996). También se debe destacar que el imposex se presentó en todas las hembras colectadas. Cabe resaltar que las poblaciones de *T. kiosquiformis* son las más afectadas, debido a que en esta región los grados de imposex alcanzaron sus mayores valores e índices del perfil costero ecuatoriano, como fue el caso del puerto de Balao, Puerto de Guayaquil y Puerto Bolívar (Fig. 17), estos resultados se justifican debido a que son puertos de carga industrial de alto calado y artesanal con intenso flujo naviero.

*T. kiosquiformis* es la especie más indicada para este tipo de monitoreos en áreas de ambiente estuarino, por otro lado, *T. biserialis* es la especie más apropiada para áreas marinas con salinidades superiores a 30‰.

## 4. Conclusiones

1. Se observó por la primera vez el imposex en perfil costero del Ecuador.
2. Se observó por primera vez el imposex en *Thais kiosquiformis* para Sudamérica.
3. Se determinó como se presenta el imposex en tres especies de la Familia Muricidae (*Thais brevidentata*, *Thais biserialis* y *Thais kiosquiformis*) colectadas en trece localidades del perfil costero ecuatoriano.

4. La detección del imposex en especies de murícidos indica el efecto de la contaminación por compuestos orgánicos del estaño en las costas del perfil costero ecuatoriano.
5. No se pudo definir el comportamiento diferencial en cuanto a sensibilidad por especies a los compuestos organoestañosos debido a la no coincidencia de las tres especies en los puntos de colecta.
6. Se muestrearon tres de los principales puertos ecuatorianos en cuanto al flujo naviero por su actividad comercial y pesquera (Puerto La Libertad, Puerto de Guayaquil y Puerto Bolívar), estas zonas fueron las más afectadas, donde la prevalencia de imposex en las hembras colectadas fue del 100%, con una intensidad de imposex comprendida entre los Grados III al V.
7. Sólo dos localidades (La Entrada y Punta Carnero) de las trece muestreadas no presentaron el fenómeno imposex en hembras, ambos sitios eran de bajo o nulo flujo naviero correspondiente a balnearios.
8. El desarrollo de la técnica del imposex aplicado en *Thais brevidentata*, *Thais biserialis* y *Thais kiosquiformis*, fue el adecuado para la determinación de prevalencia e intensidad de imposex en las poblaciones respectivas, una vez que los resultados observados fueron proporcionales al flujo naviero.
9. Se aplicaron los índices de Longitud Relativa del Pene (RPLI) y Secuencia del Vaso Deferente (VDSI), que mostraron cuan intenso fue el imposex en las hembras colectadas de las tres especies de murícidos.

## 5. Recomendaciones

1. Realizar un estudio experimental a nivel de laboratorio con un diseño tal que permita comparar la sensibilidad entre *Thais brevidentata*, *Thais biserialis* y *Thais*

*kiosquiformis* a compuestos organoestañosos.

2. Ampliar el estudio incluyendo a otra especie del mismo género como es el caso de *Thais melones*, la cual estuvo con relativa abundancia en varias localidades del perfil costero ecuatoriano.
3. Realizar el mismo estudio para la parte central y norte del perfil costero ecuatoriano (Provincias de Manabí y Esmeraldas).
4. Realizar monitoreos permanentes del imposex en el perfil costero ecuatoriano.

## Referencias

- [1] Alba-Tercedor, J. y Pujante, A. M. (2000). Running-water biomonitoring in Spain: opportunities for a predictive approach. En: Assessing the biological quality of freshwaters: RIVPACS and other techniques (eds. Wright, J. F., Sutcliffe, D. W. y Furse, M. T.), pp.207-216, Freshwater Biological Association, Ambleside, UK.
- [2] Alba-Tercedor, J. y Sánchez-Ortega, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética* 4: 51-56.
- [3] Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Mellado, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Robles, S., Sáinz-Cantero, C. E., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M. L., Toro, M., Vidal-Abarca, M. R., Vivas, S. y Zamora-Muñoz, C. 2002. Caracterización del estado ecológico de los ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP?). *Limnética* 21: 175-185.
- [4] Angelier, E. 2002. Ecología de las aguas corrientes. Editorial Acribia S. A., Zaragoza, España.
- [5] Arai, T., Harino, H., Ohji, M., Landgston, W.J., 2009 Ecotoxicology of Antifouling Biocides.
- [6] Arce, O. 2006 Indicadores Biológicos de la Calidad del Agua. Facultad de Ciencias y Tecnologías, Universidad Mayor San Simón. Cochabamba, Bolivia
- [7] Batley, G. 1996. The distribution and fate of tributyltin in the marine environment. En Tributyltin: case study of an environmental contaminant (de Mora, S. J., editor. pp. 139-166. Cambridge University Press, Cambridge.
- [8] Bech, M. (1999a) Increasing levels of Tributyltin-induced Imposex in Muricid Gastropod al Phuket Island, Thailand. *Applied Organometallic Chemistry*. 13: 1-6
- [9] Bech, M. (1999b) Sensitivity of different Gastropod to Tributyltin contamination. *Phuket Marine Biological Center Special Publication*. 19(1): 1-6.
- [10] Bech, M. (2000) A survey of imposex in muricids from 1996 to 2000 and identification of optimal indicators of tributyltin contamination along the east coast of Phuket Island, Thailand. *Institute of Biology, University of Southern Denmark, 5230 Odense, Denmark Marine Pollution Bulletin* 44 (2002) 887-896
- [11] Carlier-Pinasseau, C.; Lespes, G. & Astruc, M. (1997) Validation of organotin compound determination in environmental samples using nabet, ethylation and Gc-FPD. *Environmental Technology*. 18: 1179-1186.
- [12] Castro, I.B. (2002). Estudo do Imposex provocado em *Thais haemastoma* (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Gastropoda: Thaididae), por Compostos Orgânicos de Estanho em Áreas Portuárias do Estado do Ceará. Monografia graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Ceará, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.
- [13] Cruz, R.A., Jimenez, J.A., 1994. Moluscos asociados a las áreas de manglar de la costa pacífica de América Central. *Guía*. Editorial Fundación UNA, Heredia, C.R.
- [14] Davidson, B., et al., 1986 acute and chronic effects of tributyltin on mysid *Acanthomysis sculpta* (Crustacea: Mysidacea). *Ocean 86 conference record: science engineering adventure*. Vol. 4 Organotin Symposium. 1219-1225
- [15] Ide, I., et al, (1997) Accumulation of organotin compounds in the common whelk *Buccinum undatum* and the red whelk *Neptunea antiqua* in association with imposex. *Marine Ecology Progress Serie*. 152: 197-203.
- [16] Kergosien, D.H. and Rice C.D. (1998). Macrophage secretory function is enhanced by low doses of tributyltin-oxide (TBTO), but not tributyltin-chloride (TBTCL). *Arc. Environ. Contam. Toxicol*. 34: 223-228.
- [17] Koch, V., Wolff, M. 1996. The mangrove snail *Thais kiosquiformis* Duclos: A case of life history adaptation to an extreme environment. v. 15, no. 2, p. 421-432.
- [18] Kotrikla, A. (2009). Environmental management aspects for TBT antifouling wastes from the shipyards. *J. Environ. Manag.* 90, S77-S85.
- [19] Maguire, R. J. 2000. Review of the persistence, bioaccumulation and toxicity of tributyltin in aquatic environments in relation to Canada's toxic substances management policy. *Water Quality Research Journal of Canada* 35:633-679.
- [20] Matsuo, J. & Habe, T., 1969 Collections from Hayama-Shibazaki coast. *Chiribotan*, 5, 211-213. (In Japanese).
- [21] Swennen, C.; Ruttanadakul, N.; Ardseungnern, S.; Singh, H.R.; Mesinck, B.P. & Hallers-Tiabbes C.C.

- (1997) Imposex in Sublitoral and Littoral Gastropods from the Gulf of Thailand and Strait of Malacca in relation to Shipping. *Environmental Technology*. 18: 1245-1254.
- [22] Takahashi, S.; Tanabe, S. & Kudobera, T. (1997) Butyltin residues deep-sea organisms collected from Suruga Bay, Japan. *Environmental Science & Technology*. 31: 3103-3109.
- [23] Tan, K.S. (1999) Imposex in *Thais gradata* and *Chicoreus capucinus* (Mollusca, Neogastropoda, Muricidae) from the Straits of Johor: A Case Study using Penis Length, Area and Weight as Measures of Imposex Severity. *Marine Pollution Bulletin*. V. 39, p. 295-303
- [24] Terlizzi, A., Geraci, S. & Minganti, V. (1998) Tributyltin (TBT) pollution in the coastal waters of Italy as indicated by imposex in *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae). *Marine Pollution Bulletin*. 36(9):749-742.
- [25] Toro, M., Robles, S., Avilés, J., Nuño, C., Vivas, S., Bonada, N., Prat, N., Alba-Tercedor, j., Casas, J., Guerrero, C., Jàimez-Cuèllar, P., Moreno, J., L., Moyà, G., Ramòn, G., Suàrez, M.L., Vidal-Abarca, M.R., Álvarez, M. y Pardo, I. (2002). Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del Proyecto GUADALMED. Características físico-químicas. *Limnètica* 21: 63-75.
- [26] Vázquez, G. (2006) Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua, Depto. El Hombre y su Ambiente, UAM-X [gavaz@correo.xoc.uam.mx](mailto:gavaz@correo.xoc.uam.mx)
- [27] Vishwa-Kiran, Y.& Anil, A.C. , 1999. Record of imposex in *Cronia konkanesis* (Gastropoda: Muricidae) from Indian waters. *Marine Environmental Research*, 48: 123-130.
- Zúñiga de Cardoso M., Rojas A. & Caicedo G. (1993). Indicadores ambientales de calidad de agua en la Cuenca del río Cauca. Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia Medellín, Colombia. 2:17-28.

# DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS (Cd Y Pb) EN MOLUSCOS BIVALVOS DE INTERÉS COMERCIAL DE CUATRO ESTEROS DEL GOLFO DE GUAYAQUIL

*Determination of Heavy Metals (Cd and Pb) in Bivalve Molluscs Commercial Interest Four Estuaries of the Gulf of Guayaquil*

Mariuxi Mero Valarezo<sup>1</sup>

Recibido el 18 de junio de 2010; recibido en forma revisada 22 de octubre 2010, aceptado 5 de diciembre 2010

## Resumen

En el presente trabajo se ha empleado dos especies de moluscos bivalvos (*Mytella strigata* y *Ostrea columbiensis*) de gran importancia tanto para el comercio como para el consumo interno en las comunidades asentadas en el Golfo de Guayaquil, con la finalidad de establecer una línea base de las concentraciones de cadmio y plomo encontradas en estos organismos y confirmar su importancia como bioindicadores de contaminación por estos metales.

Dentro del marco del estudio la mayor concentración de plomo fue encontrada en los ostiones del estero Las Cruces con 5.03 ppm/peso seco, seguido de los ostiones del estero Chupadores Chico a los que se les cuantificó 1.96 ppm/peso seco. En los esteros Chupadores Grande y Las Loras, las mayores concentraciones de plomo se encontraron en mejillones con 1.98 y 1.75 ppm/peso seco, respectivamente. Los valores registrados en ppm de peso seco fueron transformados a peso húmedo para comparación con los límites máximos permitidos por la Comisión Europea (2006). Las concentraciones de cadmio y plomo en agua se encontraron bajo los límites permisibles de la legislación ecuatoriana en los cuatro esteros muestreados, sin embargo en el sedimento existe diferencia entre las concentraciones de dichos elementos, en el caso del cadmio los valores van desde 0.82 a 1.82 ppm/peso seco y en el plomo los valores se encuentran desde 8.35 hasta 11.55 ppm/peso seco.

**Palabras claves:** Cadmio, plomo, ostiones, mejillones.

## Abstract

In the present work two species of bivalve molluscs (*Mytella strigata* and *Ostrea columbiensis*) of great importance both for trade and domestic consumption in the communities located in the Gulf of Guayaquil were used in order to establish a baseline concentration of cadmium and lead found in these organisms and confirm their relevance as bioindicators of pollution by these metals.

Within the framework of the study the highest concentration of lead was found in oysters from the Las Cruces estuary with 5.03 ppm / dry weight, followed by oysters from Chupadores Chico estuary with 1.96 ppm / dry weight. In the Chupadores Grande and Las Loras estuaries, the highest concentrations of lead were found in mussels and

1.98 and 1.75 ppm / dry weight, respectively. The values recorded in ppm dry weight were transformed into wet weight for comparison with the maximum permitted by the European Commission (2006).

The concentrations of cadmium and lead were within the permissible limits of the Ecuadorian legislation in the four estuaries sampled, however in the sediment differences between the concentrations of these elements were found, in the case of cadmium the values ranging from 0.82 to 1.82 ppm / dry weight and lead values from 8.35 to 11.55 ppm / dry weight.

**Keywords:** Cadmium, lead, oysters, mussels.

---

<sup>1</sup> Bióloga, Tesis de Grado para la obtención del Título de Magíster en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y el Medio Ambiente – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

## 1. Introducción

El desarrollo tecnológico, el crecimiento poblacional y la industrialización son factores que contribuyen a que ingresen al ambiente, de manera continua un gran número de sustancias tóxicas, dichos contaminantes tóxicos son aquellas formas de materia que exceden las concentraciones naturales en un sistema y causa impactos negativos en el medio ambiente (Albert, 1999), entre estos contaminantes tenemos los halógenos, pesticidas, aceites y grasas, y los metales pesados (Hart y Fuller, 1974).

De estos contaminantes los metales pesados son elementos químicos que el hombre no crea ni destruye, son constituyentes naturales de la corteza terrestre, de rocas, suelos, sedimentos, erupciones volcánicas y del agua. Sin embargo el papel que el hombre ha desempeñado en la presencia ambiental de metales es por una parte, introducir en el medio ambiente estos elementos como consecuencia de las distintas actividades humanas y, por otra, alterar la forma química o bioquímica en que se encuentran (Moreno M. 2003).

### Moluscos como bioindicadores

Phillips y Rainbow (1993), mencionan que un bioindicador ideal es aquel que satisface varios requisitos: Ser sedentario, abundantes, fácil de identificar y muestrear durante todo el año, manejable y fácilmente aclimatable a condiciones experimentales, características que cumplen los moluscos bivalvos.

Además de su utilidad como bioindicadores, el estudio en los bivalvos también ha permitido evaluar los posibles riesgos para la salud, derivados del consumo de ellos, particularmente cuando han sido expuestos a altas concentraciones de metales pesados que puede llevar a la muerte de los consumidores, así como sus efectos a largo plazo cuando la exposición ha sido a concentraciones muy bajas en periodos prolongados.

Los organismos centinelas elegidos para esta investigación (Mejillón y Ostión)

### Metales pesados: Origen, toxicidad y bioacumulación

En los sistemas acuáticos los metales son introducidos como resultado de la acción de procesos naturales y antropogénicos. Es así que el origen natural depende de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que conforman el mismo (Adriano D, 1986). Mientras que el origen antropogénico procede de la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados.

Las aguas residuales de origen doméstico también son portadoras de metales pesados mediante las excretas humanas, restos de alimentos, agua de lavado, entre otras.

Los metales, en cantidades mínimas o trazas, pueden ejercer efectos positivos sobre los seres vivos. Algunos de ellos en determinadas concentraciones, siempre menores al 0,01% de la masa total del organismo, son elementos esenciales para la vida y así el V, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni, Cu y Zn lo son para el hombre (Wittmann G., 1981; Carson B. *et. al.*, 1986; Brown P. *et. al.*, 1987; Anderson R., 1989).

La temperatura influye sobre la solubilidad de los metales y al igual que el contenido de oxígeno disuelto afecta de forma decisiva a la distribución como al estado fisiológico de la biota del sistema acuático del que va a depender la respuesta frente al tóxico (Rosas H, 2001). Como regla general, las altas *temperaturas* y la baja *salinidad* actúan de forma sinérgica con los metales para aumentar la toxicidad (McLusky *et. al.*, 1986). La alta toxicidad de metales como Cd, Cr, Pb, Hg, Ni, y Zn a bajas salinidades es atribuida normalmente a una acumulación más rápida de estos metales siendo de mayor importancia en los estuarios.

La bioacumulación consiste en la capacidad de los organismos de acumular selectivamente contaminantes en sus tejidos, respecto de las concentraciones existentes en el medio en que habitan (The Royal Society, 1979; International program on Chemical Safety (IPCS), 1998). La acumulación de metales pesados por organismos



marinos es un proceso complejo donde intervienen una serie de mecanismos internos y externos que juegan un papel determinante, tales como: la talla de los organismos (Cossa D., *et al.*, 1979), la composición bioquímica y factores genéticos (Frazier J., *et al.*, 1985), los ciclos de desove que afectan la condición y el peso (Lobel P. y D. Wright, 1982), la biodisponibilidad del metal, la temperatura y la salinidad del medio acuático.

### **Metales pesados objetos de estudio: Cadmio y Plomo**

En el presente trabajo se han estudiado dos metales pesados: cadmio (Cd) y plomo (Pb), los cuales son de gran interés debido a su alta toxicidad, a continuación se describen ciertas características y aplicaciones de cada elemento.

### **Justificación**

En el presente trabajo se ha empleado dos especies de bivalvo (*Mytella strigata* y *Ostrea columbiensis*) de gran importancia tanto para el comercio como para el consumo interno en las comunidades asentadas en el Golfo de Guayaquil, con la finalidad de dar a conocer la importancia como bioindicadores de contaminación por metales pesados y el potencial riesgo a la salud humana que podría generar el consumo de estos organismos.

### **Objetivos General**

1. Determinar la concentración de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil.

### **Específicos**

1. Cuantificar la concentración de metales pesados en moluscos bivalvos, agua y sedimentos colectados en cuatro esteros del Golfo de Guayaquil.
2. Realizar un análisis comparativo de las concentraciones de metales pesados en los moluscos bivalvos de interés comercial de los cuatro esteros del Golfo de Guayaquil.
3. Realizar un análisis comparativo espacial de las concentraciones de metales

pesados de los cuatro esteros del Golfo de Guayaquil.

### **Hipótesis**

#### Hipótesis general

- Existen concentraciones altas de metales pesados (Cd y Pb) en los moluscos bivalvos de interés comercial colectados en cuatro esteros del Golfo de Guayaquil.

#### Hipótesis particulares

- Las concentraciones de metales pesados en los sedimentos son más altas que en los organismos.
- Existe diferencia en las concentraciones de metales pesados (Cd y Pb) entre los moluscos bivalvos de interés comercial de los cuatro esteros del Golfo de Guayaquil.
- Existe diferencia entre las concentraciones de metales pesados (Cd y Pb) en los sedimentos y agua de los cuatro esteros del Golfo de Guayaquil.

## **2. Materiales y Métodos**

### **Área de Estudio**

El área de estudio se ubica en la región costera del Ecuador, en la Provincia del Guayas.

Según la CAAM3 (1996) el Golfo de Guayaquil es una región que incluye una masa de agua e islas con una extensión de 13.701 km<sup>2</sup> (11.711 km<sup>2</sup> de superficie de agua y 1.990 km<sup>2</sup> de islas e islotes), constituye el rasgo geomorfológico más singular de todo el perfil litoral ecuatoriano, se localiza entre las latitudes 2°0' y 3°23'S, la longitud 81°00'W y el límite continental y es la prominencia más occidental de la costa pacífica sudamericana.

Se divide en dos zonas: estuario interior, que comprende el área al este de la línea entre Boca de Capones y Punta del Morro, y estuario exterior que comprende el área del meridiano 81°00'30''W y el paralelo 03° 23' S; y, la línea costera entre la puntilla de Santa Elena y Punta del Morro. A su vez el estuario interior está formado por dos canales, el canal del Estero Salado y el del Río Guayas, cada uno con sus rasgos singulares.

Cabe destacar que los cuatro esteros son de gran importancia socioeconómica para las poblaciones asentadas en este sector, debido a las actividades extractoras de moluscos bivalvos (ostiones y mejillones), de cangrejos y jaibas para el consumo interno y la venta en la ciudad de Guayaquil. (Tabla 1; Fig. 3).

Tabla 1.- Estaciones de muestreo

| Estero            | Coordenadas                     |
|-------------------|---------------------------------|
| Chupadores Chico  | 2°34'18,79''S<br>79°55'11,90''W |
| Chupadores Grande | 2°35'02,23''S<br>79°56'12,83''W |
| Las Cruces        | 2°37'03,65''S<br>79°52'49,05''W |
| Las Loras         | 2°36'50,54''S<br>79°50'05,23''W |

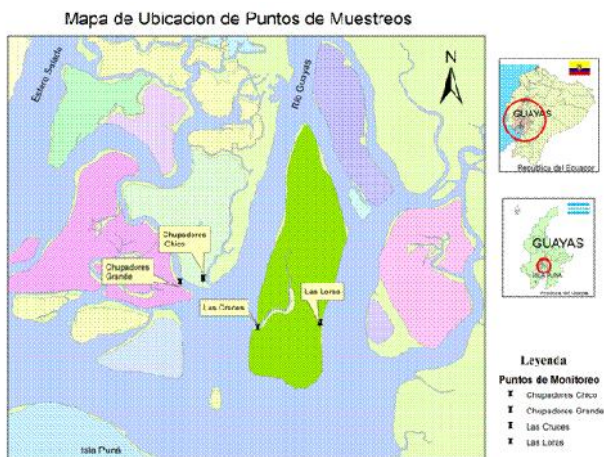


Figura. 3. Área de estudio

### Monitoreo, colecta y conservación

Se realizaron cuatro muestreos en los esteros Chupadores Grande, Chupadores Chico, Las Loras y Las Cruces, en cada uno se colectaron moluscos bivalvos durante los meses de octubre a diciembre del 2009, y adicionalmente en el mes de noviembre se realizó una colecta de agua y sedimento superficial (0 a 10 cm de profundidad).

Las muestras de organismos se colectaron de manera manual con ayuda de material plástico para evitar la contaminación cruzada (Fig. 4). En cada una de las estaciones y en cada muestreo se colectaron aproximadamente 50 organismos de cada especie de tallas entre 3 y 8 cm de longitud, estos fueron conservados en fundas plásticas y dentro de una hielera a una temperatura aproximada de 10 °C durante dos horas, hasta su llegada al Laboratorio de Espectrofotometría del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales (IIRN) de la Facultad de Ciencias Naturales (FCCNN) de la Universidad de Guayaquil (UG). Las muestras de agua superficial se las colectó en envases de polietileno previamente tratadas con NO<sub>3</sub>H diluido y las de sedimento se las colectó en fundas ziploc (Fig. 5 y 6), se las mantuvo a aproximadamente 10 °C hasta su ingreso en el Laboratorio de Espectrofotometría del IIRN.

Una vez en el laboratorio se procede a lavar las muestras de organismos con agua bidestilada, eliminando todo el material adherido a las conchas, se separó el tejido blando de las conchas y se lo colocó en capsulas de porcelana. Se procedió a la eliminación de humedad en estufa a temperatura de 60 a 80°C, hasta obtener peso constante, por un periodo de 24 a 48 horas, luego se procedió a pulverizar las muestras y se las guardó en frascos plásticos hasta su respectivo análisis químico (Fig. 7).

Las muestras de agua se estabilizaron con 1 ml de ácido nítrico concentrado y luego se filtraron para eliminación de sólidos suspendidos (Fig. 8).

Las muestras de sedimentos fueron secadas a temperatura ambiente durante 96 horas, luego fueron molidas y tamizadas por malla de 63 μm (Fig. 9), posteriormente se las guardó en envases plásticos, protegidos de la luz y el polvo hasta su análisis.

### Análisis químico

Para la determinación de Cadmio y Plomo en agua, sedimentos y organismos se utilizaron procedimientos internos del laboratorio de Espectrofotometría del IIRN, los mismos que se basan en los métodos descritos en el Standard Methods for water and wastewater Ed. 21, en el

Manual Perkin Elmer “Analytical Methods. Atomic Absorption Spectroscopy” y en el Boletín Científico y Técnico Vol. VII, No. 1 “Instrumentación y Análisis Químico de Agentes Contaminantes en el Mar”, del Instituto Nacional de Pesca, Ecuador.

#### Preparación de modificador de matriz (Lantano al 1%)

Se pesó 10g de Oxido de Lantano en un beacker de 250ml, en la sorbona se agregó ácido clorhídrico concentrado poco a poco con agitación constante, hasta lograr disolución y enrasarlo al volumen antes mencionado, luego se lo trasvasó a un matraz de 1000 ml y se enrasó con agua bidestilada y se lo homogenizó.

#### Preparación de curvas (soluciones estándar)

De las soluciones estándar patrón de concentración de 1000 mg/l para Absorción Atómica, se prepararon las diferentes concentraciones de la curva del elemento de interés.

#### Preparación de las soluciones de trabajo de 100 ppm (Cd y Pb)

Se colocó 10ml de solución de cadmio de la solución stock de 1000 mg/l a un matraz volumétrico de 100 ml previamente rotulado, se enrasó con agua bidestilada y se homogenizó, se realizó el mismo procedimiento con la solución de plomo.

#### Preparación de las soluciones estándares de cadmio y de plomo

Se determinaron las curvas de calibración para cada elemento, en el caso del cadmio la concentración de los estándares fueron de 0,03; 0,06; 0,1 y 0,3 mg/l y en el caso del plomo 0,2; 0,6 y 1,2 mg/l.

Se procedió a pipetear los valores determinados en cada curva por separado en matraces volumétricos 100ml, se les colocó 1 ml de ácido nítrico y en el caso de los estándares para las muestras de sedimentos se colocó 1 ml del modificador de matriz (La al 1%) a cada uno, luego se las enrasó con agua bidestilada y se homogenizó (Fig. 10).

## **Preparación de las muestras para análisis**

### Organismos

Los tejidos fueron sometidos a digestión ácida, adicionando 5ml de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), a 1 gramo del tejido seco pulverizado en un vaso de precipitación tapado con un vidrio reloj, por 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo de digestión, las muestras fueron sometidas a calor hasta eliminación de humos marrones y disminución del líquido (ácido).

El extracto se filtró en papel Whatman No. 40 y se enrasó a un volumen de 50 ml con agua bidestilada (Fig. 11).

### Agua

El análisis de agua para la cuantificación de metales se basó en el procedimiento de extracción con APDC4 recomendada por Solórzano (1983), el mismo que se detalla a continuación (Fig. 12).

- Se colocó 500 ml de agua a un embudo de separación, con llave de teflón y se le agregó 2 ml de la solución de APDC y 5 ml del acetato de amonio.
- En un cilindro graduado de 50 ml se midió 15 ml de cloroformo y se los colocó en el embudo que contiene la muestra.
- Se agitó por 2,5 minutos. La fase clorofórmica se transfirió a una fiola de 50 ml de capacidad previamente lavada y filtrándola a través de papel filtro Whatman No. 40, previamente lavados con cloroformo.
- Se agregó 15 ml de cloroformo y se repitió el proceso de agitación y filtración.
- Al extracto se colocó 1 ml de ácido nítrico al 50%.
- Se evaporó a sequedad y luego se disolvió el residuo en 10 ml de ácido nítrico al 1% para su lectura en el espectrofotómetro.

### Sedimentos

Las muestras conservadas en envases plásticos se las colocó en capsulas de porcelana y sometidas a 100°C en estufa por 1 hora para eliminar la

humedad contenida, luego se trasladaron las muestras a un desecador por 20 minutos para enfriamiento y se procedió a pesar en tubos de ensayo alrededor de 0,5 g de la muestra, una vez en la Sorbona se colocó cuidadosamente en cada tubo, incluido el blanco, 1ml de ácido nítrico concentrado para observar presencia o ausencia de efervescencia. Luego se agregaron 4ml más de ácido nítrico concentrado. Se mezcló agitando lentamente.

Se procedió a colocar el tapón interno y cubrir el borde del tubo con cinta de teflón y finalmente la tapa rosca hasta cerrarlo herméticamente.

Previamente se preparó el baño de maría a un temperatura de 100 + 5 °C, donde se colocaron los tubos con las respectivas muestras por una hora.

Luego de éste tiempo se retiraron los tubos y se los colocaron en las gradillas portatubos hasta enfriamiento.

Se filtraron las muestras a través de papel filtro Whatman # 40 en matraces de 100ml, antes de enrasar se agregó 1 ml del modificador de matriz (Lantano al 1%) y se enrasó con agua bidestilada (Fig. 13).

### Lectura de la muestra

Las lecturas de las muestras se realizaron en el espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer AA100. Se calibró 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 muestra (Fig. 14).

### Tratamientos de los resultados

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

Los cálculos se realizan en hojas Excel aplicando la siguiente fórmula:

$$ppm = \frac{ppm \text{ en solución muestra} \times \text{Volumen}}{\text{Masa}}$$

### Control de la calidad

El laboratorio de Espectrofotometría se encuentra implementando la Norma ISO/IECE 17025 y durante la ejecución de los análisis se estaba efectuando una auditoria por parte del Organismo de Acreditación Ecuatoriano, previo a la obtención de la Acreditación Nacional para laboratorios técnicos.

Alternadamente se realizaron lecturas de concentración de chequeo por duplicado de muestra, repetibilidad de las lecturas, lectura de material de referencia certificado (sedimento), lectura de blancos de reactivos, lectura de RESLOPE5 y la determinación del límite de detección, exactitud y coeficiente de correlación para cada elemento (Tabla 2).

Tabla 2.- Calidad de los datos: límites de detección, coeficientes de correlación y exactitud.

|  | <b>Cadmio</b>                                   | <b>Plomo</b>                                    |
|--|---|---|
| <b>Método</b>                                      | Espectrofotometría de Absorción Atómica (llama) | Espectrofotometría de Absorción Atómica (llama) |
| <b>Límite de detección</b>                         | 0.029 ppm                                       | 0.190 ppm                                       |
| <b>Exactitud</b>                                   | 95%   | 95.9%   |
| <b>Coefficiente de correlación (r<sup>2</sup>)</b> | 0.9978  | 0.9995  |

### Análisis estadístico

Se procedió a utilizar el programa Statistical Analysis System (SAS) 9.1, en base al tiempo de muestreo, aplicando la prueba de Tukey-Kramer para determinar las diferencias significativas entre los muestreos.

## 3. Resultados

### Tallas de organismos

Los organismos pertenecientes a la especie *Mytella* estuvieron en el rango de 2 a 6.2 cm

siendo su talla promedio 3.6 cm; en tanto que el rango para los bivalvos de la especie *Ostrea* fue de 2 a 8 cm con una talla media de 4.8 cm.

La talla de los organismos no fue homogénea en todos los puntos de muestreos, en la tabla 3 se observan los promedios de las tallas mínimas y máximas de los cuatro muestreos en cada uno de los esteros.

Tabla 3.- Tallas mínimas y máximas de mejillones y ostiones por estero

|                          |                   | Tallas<br>Mínimas | Tallas<br>Máximas |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Chupadores Grande</b> | <b>Mejillones</b> | 2,0               | 5,9               |
|                          | <b>Ostiones</b>   | 3,2               | 8,0               |
| <b>Chupadores Chico</b>  | <b>Mejillones</b> | 2,8               | 6,2               |
|                          | <b>Ostiones</b>   | 2,0               | 6,6               |
| <b>Las Cruces</b>        | <b>Mejillones</b> | 2,0               | 3,9               |
|                          | <b>Ostiones</b>   | 3,0               | 7,0               |
| <b>Las Loras</b>         | <b>Mejillones</b> | 2,0               | 3,9               |
|                          | <b>Ostiones</b>   | 2,0               | 7,0               |

## Resultados analíticos

En las tablas 4, 5, 6 y 7 se presentan los resultados de las concentraciones obtenidas en el análisis de cadmio y plomo en los organismos bivalvos (mejillones y ostiones) de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil durante los cuatro muestreos realizados, los resultados se expresan en ppm en peso seco. Los resultados expresados como 0.00 indican que las concentraciones fueron menores al límite de detección instrumental.

Tabla 4.- Concentraciones de cadmio en ostiones (ppm)

|                         | <b>Chupadores</b> | <b>Chupadores</b> | <b>Las</b> | <b>Las</b> |
|-------------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
|                         | Chico             | Grande            | Loras      | Cruces     |
| <b>Primer muestreo</b>  | 5.49              | 1.50              | 5.24       | 7.50       |
| <b>Segundo muestreo</b> | 9.41              | 7.99              | 9.54       | 7.04       |
| <b>Tercer muestreo</b>  | 10.32             | 9.89              | 12.37      | 10.02      |
| <b>Cuarto muestreo</b>  | 6.87              | 5.60              | 5.79       | 5.38       |
| <b>Promedio</b>         | 8.02              | 6.25              | 8.24       | 7.49       |

Tabla 5.- Concentraciones de cadmio en mejillones (ppm)

|                  | <b>Chupadores</b> | <b>Chupadores</b> | <b>Las</b> | <b>Las</b> |
|------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
|                  | Chico             | Grande            | Loras      | Cruces     |
| Primer muestreo  | 0.75              | 0.75              | 0.50       | 0.50       |
| Segundo muestreo | 1.23              | 1.50              | 1.77       | 2.30       |
| Tercer muestreo  | 2.22              | 2.30              | 1.87       | 1.92       |
| Cuarto muestreo  | 3.20              | 3.25              | 2.67       | 2.95       |
| <b>Promedio</b>  | 1.85              | 1.95              | 1.70       | 1.92       |

Tabla 6.- Concentraciones de plomo en ostiones (ppm)

|                  | <b>Chupadores</b> | <b>Chupadores</b> | <b>Las</b> | <b>Las</b> |
|------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
|                  | Chico             | Grande            | Loras      | Cruces     |
| Primer muestreo  | 2.00              | 0.75              | 2.99       | 2.50       |
| Segundo muestreo | 0.75              | 0.00              | 0.00       | 14.47      |
| Tercer muestreo  | 0.00              | 0.00              | 0.00       | 0.00       |
| Cuarto muestreo  | 5.1               | 3.85              | 1.07       | 3.13       |
| <b>Promedio</b>  | 1.96              | 1.15              | 1.02       | 5.03       |

Tabla 7.- Concentraciones de plomo en mejillones (ppm)

|                  | <b>Chupadores</b> | <b>Chupadores</b> | <b>Las</b> | <b>Las</b> |
|------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|
|                  | Chico             | Grande            | Loras      | Cruces     |
| Primer muestreo  | 0.25              | 0.00              | 0.00       | 0.00       |
| Segundo muestreo | 0.00              | 0.00              | 0.00       | 1.00       |
| Tercer muestreo  | 0.50              | 2.75              | 2.00       | 0.00       |
| Cuarto muestreo  | 4.09              | 5.17              | 5.00       | 3.15       |
| <b>Promedio</b>  | 1.21              | 1.98              | 1.75       | 1.04       |



### Cadmio en mejillones y ostiones

La concentración de cadmio en ostiones en los 4 esteros muestreados se encontraron entre 1,50 a 12,37 ppm, el valor mínimo corresponde al primer muestreo realizado en el estero Chupadores Grande, mientras que la máxima concentración corresponde al tercer muestreo realizado en el estero Las Loras (Fig. 15). En el caso de los mejillones la concentración mínima de cadmio se encontró en los esteros Las Loras y Las Cruces con 0,50 ppm y el valor más alto en el estero Chupadores Grande con 3,25 ppm (Fig. 16).

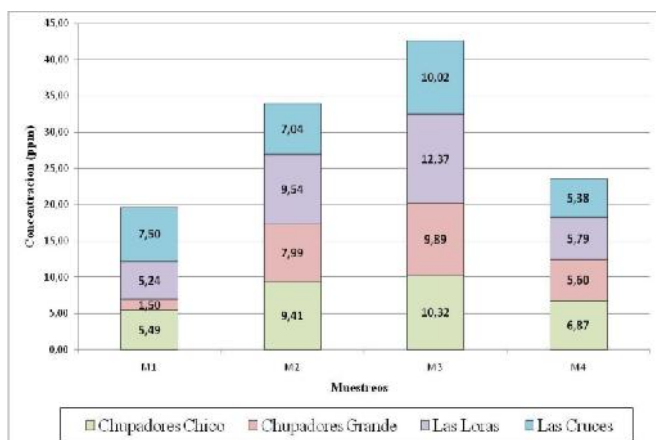


Figura 15.- Concentración de cadmio en ostiones de los cuatro esteros muestreados

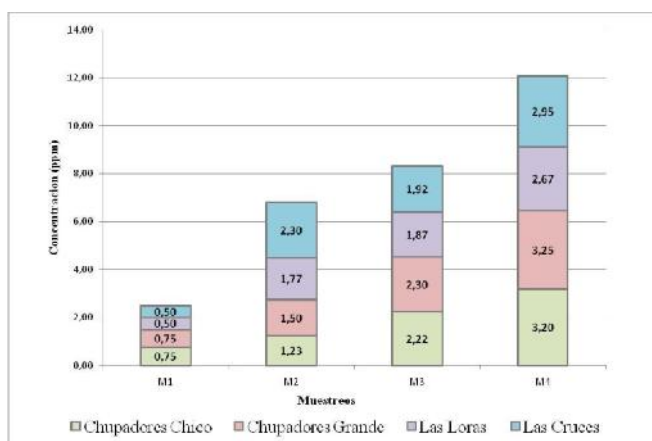


Figura 16.- Concentración de cadmio en mejillones de los cuatro esteros muestreados.

### Plomo en ostiones y mejillones

Las concentraciones de plomo en ostiones variaron de no detectables a 14,47 ppm, encontrándose el valor más alto en el estero Las Cruces (Fig. 17); con respecto a los mejillones el

plomo se encontró en rangos de no detectables hasta 5,17 ppm, el mismo que se encontró en el estero Chupadores Grande (Fig. 18).

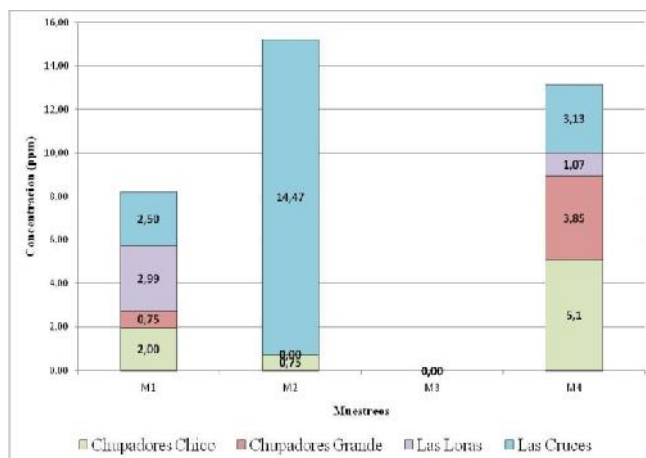


Figura 17.- Concentración de plomo en ostiones de los cuatro esteros muestreados.

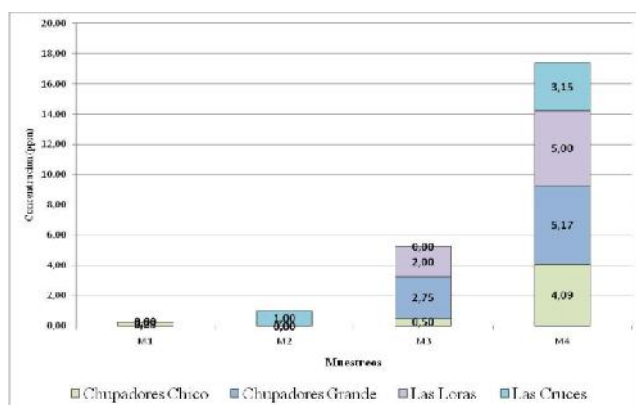


Figura 18.- Concentración de plomo en mejillones de los cuatro esteros muestreados.

### Cadmio y Plomo en agua y sedimentos

La mayor concentración de cadmio (0,04 ppm) y plomo (0,15 ppm) en agua se encontraron en el estero Las cruces, mientras que los valores mínimos de cadmio (0,01 ppm) fueron observadas en el estero Chupadores Chico y la de plomo (0,04 ppm) en el estero Chupadores Grande (Fig. 19). Para el sedimento al igual que el agua las máximas concentraciones de cadmio y plomo se encontraron en el estero Las cruces con 1,82 y 11,55 ppm para cada elemento respectivamente y los valores mínimos de cadmio (0,82 ppm) para el estero Chupadores Chico y para el plomo (8,35 ppm) para el estero Chupadores Grande (Fig. 20).

En las tablas 8 y 9 se muestran los resultados obtenidos del análisis de metales pesados en agua y sedimento de las estaciones muestreadas.

Tabla 8.- Cuantificación de metales pesados en agua (ppm)

|               | Chupadores Chico | Chupadores Grande | Las Loras | Las Cruces |
|---------------|------------------|-------------------|-----------|------------|
| <b>Cadmio</b> | 0.01             | 0.02              | 0.03      | 0.04       |
| <b>Plomo</b>  | 0.05             | 0.04              | 0.14      | 0.15       |

Tabla 9.- Cuantificación de metales pesados en sedimento (ppm)

|               | Chupadores Chico | Chupadores Grande | Las Loras | Las Cruces |
|---------------|------------------|-------------------|-----------|------------|
| <b>Cadmio</b> | 0.82             | 1.70              | 1.77      | 1.82       |
| <b>Plomo</b>  | 9.65             | 8.35              | 9.40      | 11.55      |

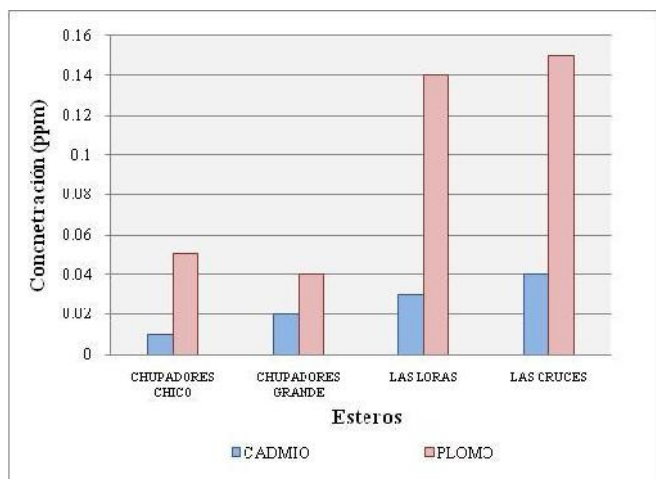


Fig. 19.- Concentración de cadmio y plomo en agua

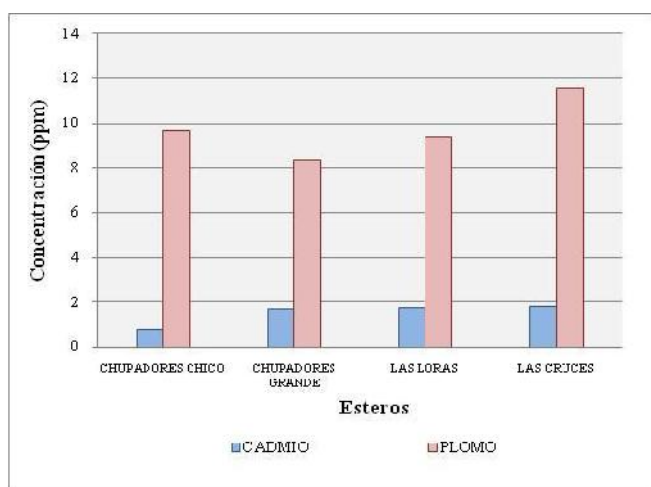


Fig. 20.- Concentración de cadmio y plomo en sedimentos

### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico de mediciones repetidas utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS) 9.1, en base al tiempo de muestreo y en la cual se asumió que los sitios de muestreo Chupadores Chico (CC), Chupadores Grande (CG), Las Loras (LL) y Las Cruces (LC), son los sujetos de estudio (Anexo 1, 2, 3 y 4).

En las tablas 10, 11, 12 y 13 se detalla el valor de probabilidad de acuerdo a la prueba de Tukey-Kramer.

Los resultados del programa detallan que para cadmio en ostiones existen diferencias significativas ( $p < 0.005$ ) entre los muestreos 2 - 3; y, 3 - 4. En plomo en ostiones existen diferencias significativas ( $p < 0.5$ ) entre los muestreos 1 - 3; 2 - 3; y, 3 - 4. En el caso de cadmio en mejillones los muestreos que son significativamente diferentes ( $p < 0.0001$ ) son 1 - 2; 1 - 3; y 1 - 4, mientras que el plomo en mejillones se observó que los muestreos 1 - 4 y 2 - 4 tienen diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ).

Tabla 10.- Análisis estadístico de Cadmio en Ostiones

| Sistema SAS "Diferencias de medias de mínimos cuadrados" |          |          |           |                |    |         |         |              |
|--|----------|----------|-----------|----------------|----|---------|---------|--------------|
| Efecto   | muestreo | muestreo | Estimador | Error estándar | DF | Valor t | Pr >  t | Ajuste       |
| muestreo   | 1        | 2        | -3.5625   | 1.0242         | 9  | -3.48   | 0.0070  | Tukey-Kramer |
| muestreo   | 1        | 3        | -5.7175   | 1.0242         | 9  | -5.58   | 0.0003  | Tukey-Kramer |
| muestreo   | 1        | 4        | -0.9775   | 1.0242         | 9  | -0.95   | 0.3648  | Tukey-Kramer |
| muestreo   | 2        | 3        | -2.1550   | 1.0242         | 9  | -2.10   | 0.0647  | Tukey-Kramer |
| muestreo   | 2        | 4        | 2.5850    | 1.0242         | 9  | 2.52    | 0.0326  | Tukey-Kramer |
| muestreo   | 3        | 4        | 4.7400    | 1.0242         | 9  | 4.63    | 0.0012  | Tukey-Kramer |

Tabla 11.- Análisis estadístico de Plomo en Ostiones.

**Sistema SAS “Diferencias de medias de mínimos cuadrados”**

| Efecto   | muestreo | muestreo | Estimador | Error estándar | DF | Valor t | Pr >  t | Ajuste       |
|----------|----------|----------|-----------|----------------|----|---------|---------|--------------|
| muestreo | 1        | 2        | -17.450   | 25.960         | 9  | -0.67   | 0.5183  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 1        | 3        | 20.600    | 25.960         | 9  | 0.79    | 0.4479  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 1        | 4        | -12.275   | 25.960         | 9  | -0.47   | 0.6476  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 2        | 3        | 38.050    | 25.960         | 9  | 1.47    | 0.1768  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 2        | 4        | 0.5175    | 25.960         | 9  | 0.20    | 0.8464  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 3        | 4        | -32.875   | 25.960         | 9  | -1.27   | 0.2372  | Tukey-Kramer |

Tabla 12.- Análisis estadístico de Cadmio en Mejillones.

**Sistema SAS “Diferencias de medias de mínimos cuadrados”**

| Efecto   | muestreo | muestreo | Estimador | Error estándar | DF | Valor t | Pr >  t | Ajuste       |
|----------|----------|----------|-----------|----------------|----|---------|---------|--------------|
| muestreo | 1        | 2        | -10.750   | 0.2228         | 9  | -4.82   | 0.0009  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 1        | 3        | -14.525   | 0.2228         | 9  | -6.52   | 0.0001  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 1        | 4        | -23.925   | 0.2228         | 9  | -10.74  | <.0001  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 2        | 3        | -0.3775   | 0.2228         | 9  | -1.69   | 0.1245  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 2        | 4        | -13.175   | 0.2228         | 9  | -5.91   | 0.0002  | Tukey-Kramer |
| muestreo | 3        | 4        | -0.9400   | 0.2228         | 9  | -4.22   | 0.0022  | Tukey-Kramer |

Tabla 13.- Análisis estadístico de Plomo en Mejillones.

**Sistema SAS “Diferencias de medias de mínimos cuadrados”**

| Efecto   | muestreo | muestreo | Estimador | Error estándar | DF | Valor t | Pr >  t | Ajuste       |
|----------|----------|----------|-----------|----------------|----|---------|---------|--------------|
| muestreo | 1        | 2        | -0.1875   | 0.5753         | 9  | -0.33   | 0.7520  | Tukey-Kramer |

|          |   |   |         |        |   |       |        |              |
|----------|---|---|---------|--------|---|-------|--------|--------------|
| muestreo | 1 | 3 | -12.500 | 0.5753 | 9 | -2.17 | 0.0579 | Tukey-Kramer |
| muestreo | 1 | 4 | -42.900 | 0.5753 | 9 | -7.46 | <.0001 | Tukey-Kramer |
| muestreo | 2 | 3 | -10.625 | 0.5753 | 9 | -1.85 | 0.0979 | Tukey-Kramer |
| muestreo | 2 | 4 | -41.025 | 0.5753 | 9 | -7.13 | <.0001 | Tukey-Kramer |
| muestreo | 3 | 4 | -30.400 | 0.5753 | 9 | -5.28 | 0.0005 | Tukey-Kramer |

## 4. Discusión

### Enfoque Ambiental

Las aguas del Golfo de Guayaquil están influenciadas por las actividades que se llevan a cabo en la cuenca de los ríos Daule y Babahoyo, así como también por aquellas actividades propias de la ciudad de Guayaquil. Entre las principales fuentes de contaminación del Golfo tenemos las descargas industriales, la agricultura, la producción pesquera (incluyendo la industria camaronera), la actividad portuaria, la explotación de hidrocarburos y gas en el Golfo y la industria minera (Vera T. 2003).

Las dos especies de bivalvos tuvieron diferentes cantidades de metales en sus tejidos. Los resultados obtenidos indicaron que la mayor concentración de metales pesados se encontró en el ostión, observado en los patrones de acumulación de cadmio entre los organismos.

Se observó que en el estero Chupadores Chico el ostión posee 4.3 veces más concentración de cadmio que el mejillón, en el estero Chupadores Grande 3.2, en el estero Las Loras 4.8 y en el estero Las Cruces 3.9.

En el caso del plomo en los esteros Chupadores Chico y Las Cruces el ostión mostró 1.6 y 4.8 veces más concentración de que en el mejillón, respectivamente. Lo contrario sucedió en los esteros Chupadores Grande y Las Loras en los que se observó en los mejillones 1.7 veces más concentración de plomo que los ostiones, esta diferencia en la capacidad de los bivalvos para acumular los metales ya ha sido reportada por alguno autores (Villar et. al., 199; Jeng et. al., 2000).

Según la escala de rangos de concentración (ppm en peso seco) del Mussel Watch Program las concentraciones de cadmio y plomo en ostiones son altas mientras que para mejillones son bajas (Tabla 14), esto nos indica una posible tendencia de bioacumulación de estos elementos en el ostión, en estudios realizados por Olavarría (2007), se determinó que entre tres distintas especies de bivalvos, la *Ostrea chilensis* presentó los niveles máximos de cadmio en las distintas estaciones del año.

Tabla 14.- Escala de concentraciones de cadmio y plomo en mejillones y ostiones de Mussel Watch Program (ppm en peso seco)

| Concentraciones | Mejillones |        | Ostiones |           |
|-----------------|------------|--------|----------|-----------|
|                 | Cadmio     | Plomo  | Cadmio   | Plomo     |
| <b>Baja</b>     | 0 - 3      | 0 - 3  | 0 - 3    | 0.1 - 0.5 |
| <b>Media</b>    | 4 - 9      | 4 - 6  | 4 - 6    | 0.6 - 0.9 |
| <b>Altas</b>    | 10 - 20    | 7 - 13 | 7 - 15   | 1.0 - 2.2 |

Se ha demostrado que la acumulación de los metales en los moluscos depende, además del nivel de los elementos en el ambiente que los rodea, de otros factores como: la talla, la edad, sexo (Sokolowski, et al., 2003), capacidad para adquirir alimentos (Saavedra, et al., 2004), estado del desarrollo de las gónadas (Bryan et al., 1980) y relación talla-peso (Phillips, 1976; Riget, et al., 1996). En este estudio se encontraron variaciones estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en las concentraciones de Cadmio en ostiones, en el muestreo 3 en relación a los otros muestreos, esta variación estaría influenciada por que en este muestreo predominaron organismos pequeños (< 4.5 cm) sexualmente inmaduros y con procesos metabólicos y de detoxificación no muy eficientes que provocarían la acumulación de cadmio, descartando la influencia de factores como la salinidad, marea, época del año, esta diferencia podría deberse muy probablemente a la relación talla-peso y a la madurez sexual de los organismos.

Las concentraciones de cadmio en agua y sedimentos en los cuatro esteros estudiados fueron

bajas, siendo menores las encontradas en los organismos. Este comportamiento no ocurrió con el plomo cuyas concentraciones encontradas en los organismos son mayores que las del agua pero menores que las del sedimento, estas tendencias coinciden con los estudios realizados por Arcos et. al. (2007) en la comunidad Cerrito de los Morreños, en el Golfo de Guayaquil. Phillips y Rainbow (1993) indican que especies del género *Mytilus* acumulan metales en concentraciones superiores a las encontradas en el ambiente. Así mismo Rainbow, (1990) describe que los metales pesados son tomados en forma pasiva del medio por los invertebrados marinos, aún cuando su concentración externa sea baja, pues la capacidad de acumular los metales en altas concentraciones depende de la regulación entre la ingesta y la excreción, y la tasa de dilución por crecimiento del cuerpo.

De acuerdo a la norma de calidad ambiental en el ámbito de política de aguas de la Unión Europea (Directiva 2008/105/CE) el contenido de cadmio y plomo de las aguas de esta zona estuarina excederían las concentraciones máximas admisibles establecidas en dicha norma (0.2 µg Cd/l y 7.2 µg Cd/l).

### Enfoque Sanitario

Para la mayoría de los individuos expuestos no ocupacionalmente, la dieta es la principal ruta de exposición a los contaminantes ambientales por lo que resulta esencial mantener el contenido de estos en niveles aceptables desde el punto de vista toxicológico.

Debido a la carencia de normas sanitarias nacionales que establezcan límites para el contenido de metales en bivalvos, se hace referencia a las de aquellos países como la Unión Europea que en su legislación (Reglamento 1881/2006) establece 1 ppm para Cadmio y 1.5 ppm para Plomo como límites máximos del contenido de estos metales en peso fresco.

Convirtiendo los datos de las tablas 4, 5, 6 y 7 para expresarlos en términos de masa húmeda y así compararlos estos con la legislación Europea, fue notorio que todas las muestras de ostiones

tuvieron valores excedieron los límites para Cadmio, por lo que los consumidores de ostiones (*Ostrea columbiensis*) que contienen elevados niveles de este metal podrían estar poniendo en riesgo su salud al estar expuestos a través de su dieta a concentraciones excesivas de este elemento. El cadmio sin embargo no tuvo el mismo grado de acumulación en los mejillones mostrándose siempre por debajo de los máximos establecidos por la UE.

El contenido de Plomo estuvo por debajo de los establecidos en el Reglamento 1881/2006 de la UE tanto en los ostiones como en los mejillones. Estos resultados sugieren que la especie *Ostrea columbiensis* tiene mayor afinidad para acumular cadmio en sus tejidos.

#### 4. Conclusiones

1. Las especies *Mytella strigata* y *Ostrea columbiensis* son capaces de acumular cadmio y plomo en sus tejidos, lo que los hace útiles como organismos bioindicadores de contaminación por metales.
2. Se encontraron diferencias en la capacidad para acumular cadmio y plomo por parte de los organismos en estudio, así *Ostrea columbiensis* demostró tener más afinidad que *Mytella strigata* para acumular cadmio.
3. El consumo de la especie *Ostrea columbiensis* capturada en las zonas de estudio podría ser un riesgo para la salud de los consumidores por su contenido en cadmio
4. Las concentraciones de cadmio en organismos son mayores que las del sedimento, un comportamiento contrario sucedió con plomo, cuyas concentraciones fueron más altas en sedimento que en los organismos.
5. Se encontró niveles homogéneos de cadmio y plomo en las aguas del área de estudio, y excedieron las concentraciones máximas admisibles establecidas en la Directiva 2008/105 de la Unión Europea.

Los sedimentos presentaron mayores niveles de dichos metales pesados, lo que sugiere que esta zona estaría en riesgo de contener mayores cantidades de metales a largo plazo.

6. La relación de la concentración de metales pesados en organismos con respecto a los esteros muestreados determina que el estero Las Cruces contiene mayor concentración de plomo en ostiones, los mayores niveles de cadmio y plomo en mejillones se encuentra en el estero Chupadores Grande, mientras que el cadmio en ostiones se encuentra en mayor proporción en el estero Las Loras. Así mismo las mayores concentraciones de cadmio y plomo en agua y sedimentos se encuentran en el estero Las Cruces. Determinando así que Las Cruces es el sitio con mayor concentración de cadmio y plomo, posiblemente debido a que está influenciada directamente por el río Guayas.

#### 5. Recomendaciones

1. Realizar estudios sobre metales pesados en los diferentes recursos pesqueros de interés comercial para establecer las normativas sobre los valores normales de metales en los ecosistemas costeros del Ecuador.
2. Realizar estudios sobre el cadmio, plomo y mercurio en peces u otros componentes bióticos representativos del ecosistema estudiado, debido a que estos elementos tóxicos están ingresando a la cadena trófica, como lo demuestran los resultados obtenidos en el presente estudio.
3. Continuar evaluando los niveles de Cadmio y Plomo en los sedimentos, por el interés que representa conocer datos significativos sobre estos elementos pocos estudiados en los ambientes estuarinos de Ecuador.



4. Considerar los valores obtenidos en esta investigación como línea base para comparación con otros estudios de similar características en ecosistemas costeros del Ecuador.

## Referencias

- [1] Acosta V. y C. Lodeiros, 2004. Metales pesados en la almeja *Tivela mactroides* en localidades costeras con diferentes grados de contaminación en Venezuela. *Ciencias Marina*, 30, pp. 323-333.
- [2] Adriano D., 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag. New York, pp 533
- [3] Ahumada, R. (1994). Patrones de distribución espacial de Cr, Ni, Cu, Zn, Cd y Pb, en sedimentos superficiales de Bahía San Vicente, Chile. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 27 (2): 256 – 282.
- [4] Ávila P. y G. Zarazúa, 1993. Concentración de Metales Pesados en Ostiones (*Crassostrea virginica*), del Canal El Chijol, Veracruz-México, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, año/vol. 9, numero 002, Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 53-64.
- [5] Baran, J. (1995). Química Bioinorgánica. En: Olavarría Y., 2007. Tesis “Determinación de trazas de cadmio en Cholga (*Aulacomya ater*), Chorito (*Mytilus chilensis*) y Ostra Chilena (*Ostrea chilensis*) en la Zona de Chiloé (Hueihue), Universidad Austral de Chile. Pp. 117
- [6] Bowers J., P. Barry & D. MacGregor. 1987. Distribution and cycling of cadmium in the environment. Citado en: Gil M., A. Torres., M. Harvey y J. Esteves, 2006. Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia Argentina Continental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, pp. 167-176
- [7] Centro de Estudios del Medio Ambiente (CEMA) de la ESPOL, 2009. Informe de monitoreo Ambiental del Dragado de Mantenimiento del Canal de Acceso al Puerto. ESPOL- Autoridad Portuaria de Guayaquil, 40 pp.
- [8] Chapman P., F. Wang, C. Jansen, G. Persoone y H. Allen, 1998. Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: binding and release, bioavailability, risk assessment and remediation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55:2221-2243 pp.
- [9] Chase M., et. al. 2001, Green N. y J. Knutzen 2003, Andral B., et. al. 2004, Camus L., et. al. 2004; En: Gil M., A. Torres, M. Harvey y J. Esteves., 2006. Metales Pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. pp. 167-176
- [10] Hart C. y S. Fuller, 1974. *Pollution Ecology of Freshwater invertebrates*. Academic Press Inc. 389 pp.
- [11] International Program on Chemical Safety (IPCS). (1998). *Environmental Health. Criteria 86. Mercury. Environmental Aspects*. World Health Organization (WHO), United Nations (UN).
- [12] Jeng, M., Jeng, W., Hung, T., Yeh, C., Tseng, R., Meng, P., Han, B., 2000 *Mussel Watch: a review of Cu and other metals in various marine organisms in Taiwan, 1991 – 1998*. *Environment Pollution* 110, 207 – 215.
- [13] Kiffney P. y W. Clements, 1994. Effects of heavy metals on a macroinvertebrates assemblage from a Rocky Mountain stream in experimental microcosms. *Journal of the North American Benthological Society* 13:511-523 pp.
- [14] Kimbrough K. L., W.E. Johnson, G.G. Lauenstein, J.D. Christensen y D.A. Apeti. (2008). An Assessment of two decades of contaminants monitoring in the nation’s coastal zone. Silver Spring, MD. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 74. 105 pp.
- [15] Loaban C., P. Harrison & M. Ducan. (1985), *The Physiological Ecology of Seaweeds*. Cambridge University Press. London
- [16] Lobel P. and D. Wright. (1982). Gonadal and nongonadal zing concentration in mussel. *Mar. Pollut. Bull*, 13:323-329.
- [17] Rodríguez R. y M. Gil, 2001 Concentraciones de Cu, Zn, Pb y Cd en sedimentos y en el bivalvo *Brachydontes rodriguessii* en la Bahía de San Antonio, Río Negro de Argentina, Resumen del IX Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Isla San Andrés-Colombia.
- [18] Rosas, H. (2001). Estudio de la Contaminación por Metales Pesados en la Cuenca del Llobregat. Tesis Doctoral. Instituto de Ingeniería minera y Recursos Naturales. Universidad Politécnica de Catalunya.
- [19] Rovira J., 1993. Estudio de la Contaminación por metales pesados del Río Jarama. Tesis Doctoral, Madrid, pp. 360
- [20] Saavedra Y., González A., Fernandez P., Blanco J. (2004) The effect of size on trace metal concentrations in raft cultivated mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Science Total Environment* 318: 115-124.
- [21] Salomons, W., Kerdijk, H., Van Pagee, H., Klomp, R. and Schreur, A. (1988). Behaviour and Impact Assessment of Heavy Metals in Estuarine and Coastal Zones. En: U. Seeliger, L. De Lacerda, S. Patchineelam (Eds) *Metals in Coastal Environments of Latin America*: 157 – 198.

- [22] The Royal Society. (1979). The Effects of Marine Pollution Some Research Needs. A Memorandum: 5 – 78.
- [23] Usero J., J. Morli y I. Gracia (1997). Contaminación por metales en sedimentos acuáticos. Tecnología del agua 166, pp. 44-50
- [24] Vera T., 2003. Manejo Ambiental Integrado de la Acuicultura del Camarón en el Golfo de Guayaquil apoyado en Sistemas de Información Geográfica. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [25] Villar, C., Stripeikis, J., DHuicque, L., Tudino, M., Troccoli, O., Bonetto, C.,
- [26] 1999. Cd, Cu and Zn concentrarions in sedimentsand the invasive bivalves *Limmoperna fortunei* and *Corbicula fluminea* at the Río de la Plata basin, Argentina. *Hydrobiologia* 416, 41 – 49
- [27] Vázquez M., G. Aguirre, J. Sánchez, R. Perez y J. Rábago. 2006. Contenido de metales pesados en agua, sedimentos y ostiones de la Laguna de San Andrés, en Tamaulipas, México  
<<http://www.turevista.uat.edu.mx>>

---

# Normas para la publicación de artículos

## “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”

---

### Guidelines for publishing articles

#### “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”

---

La 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 producción científica, su socialización y debate, en el ámbito de las Ciencias Naturales y Ambientales. La publicación es semestral en los meses de julio y diciembre.

Los autores pueden someter sus trabajos a la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales, en español o inglés. Deben asumir los siguientes lineamientos, los artículos que no lo sigan serán rechazados o devueltos para que se realicen las correcciones pertinentes:

#### Tipos de artículos

1. La Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales publicará artículos sobre diversos aspectos de las Ciencias Naturales, pudiendo ser de cuatro tipos:

- De investigación, que reportan investigación básica original relacionada con los campos de las ciencias antes descritas, usando enfoques cualitativos, cuantitativos o mixtos.
- De revisión, que contribuyan al progreso de la producción de conocimiento en alguno de los campos de las ciencias antes descritas. Se trata de manuscritos orientados a sintetizar investigación científica previa, a discutir problemas metodológicos o conceptuales.
- De discusión, que contribuyan a la discusión de los diversos aspectos de las Ciencias antes descritas.
- De ensayo.

*No se publicarán artículos que expresen exclusivamente opiniones, anécdotas o interpretaciones no fundamentadas.*

#### Originalidad

2. Los trabajos deben ser originales e inéditos. No deben haber sido presentados en otra editorial simultáneamente.

#### Componentes de los escritos

3. La estructura de los documentos presentados contendrán los siguientes apartados:

a) Título

- b) Resumen  
c) Palabras clave  
d) Introducción  
e) Materiales y métodos  
f) Resultados  
g) Discusión  
h) Conclusiones  
i) Recomendaciones  
j) Referencias

4. El “Título” debe incluir la siguiente información:

- a) Título del artículo, éste debe estar en Español e Inglés.  
b) Nombre completo del autor o de los autores; éste debe tener un sólo apellido, en caso de incluir el apellido materno los dos apellidos deben estar unidos con un guión, por ejemplo: Torres-Pinto.  
c) Nombre y dirección completa de la institución, centro de estudio o trabajo actual a la que pertenece y posición que desempeña, incluyendo números telefónicos y correo electrónico.

*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 debe estar escrito en español e inglés y no debe superar las 200 palabras. Éste debe resumir la información sobre el propósito, objetivos e hipótesis del trabajo, así como su procedimiento, resultados y conclusión.

6. Después del resumen se indicarán cuatro palabras clave en español e inglés, esas deben de estar escritas en orden alfabético según cada idioma. Con este fin se utilizará el Tesoro de la UNESCO (Consulte en: <http://databases.unesco.org/thesp/>).

7. Las referencias deben de incluirse todas y únicamente las publicaciones citadas en el texto.

#### Normas de estilo

8. Los trabajos deben ser compatibles con Microsoft Word. La extensión no debe superar las 7.000 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, a una columna, justificado al margen izquierdo.

\* Correspondencia de la revista:

E-mail: [revistacienciasnaturales@ug.edu.ec](mailto:revistacienciasnaturales@ug.edu.ec)



10. Para la entrega del documento, las tablas y las figuras deben estar aparte del archivo, no incluido.
11. Las imágenes, las fotografías en blanco y negro deben tener una resolución mínima de 300 dpi, las fotografías a color deben tener una resolución mínima de 600 dpi y las ilustraciones o dibujos en blanco y negro deben tener una resolución de 1.200 dpi. en formato .jpg, .tiff, .raw o psd.
12. Las tablas deberán estar en excel o algún editor de hojas de cálculo.
13. Se recibirán un máximo de 5 figuras y 5 tablas por artículo, salvo resolución editorial para casos particulares.
14. Toda tabla y figura debe estar citado dentro del texto del manuscrito.
15. Las leyendas de las tabla o figuras, se deben colocar al final del documento, después de la bibliografía, debidamente numeradas.
16. Para la redacción de los trabajos los autores deberán apearse a las pautas del Manual de Estilo de Chicago 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 publicación y el número de página, dentro de un paréntesis: (Alberti, 2002), o en el caso de dos autores (Rodríguez y García: 1998); si son más de dos autores se anotará (Sánchez *et al.*, 2003).

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

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 con tipografía normal; véanse los siguientes ejemplos:

**Para revistas:**

- Van Beusekom, C. F. 1971. Revision of *Meliosma* (Sabiaceae) section *Lorenzanea* excepted, living and fossil, geography and phylogeny. *Blumea* 19: 355-529.
- Johnson, L. A. S. & B. G. Briggs. 1975. On the Proteaceae: The evolution and classification of a southern family. *Bot. Jour. Linnean Soc.* 70:83-182.

**Para libros:**

- Holdridge, L. R. 1967. *Life zone ecology*. Edición revisada. Tropical Science. Center. San José, Costa Rica.

- Pennington, T. D. 1997. *The genus Inga, Botany*. The Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom.
- Jørgensen, P. M. & S. León-Yáñez. 1999. *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: 1-1181.

**Para series monográficas:**

- Berg, C. C. 1998. Moraceae (excl. *Ficus*). *Flora of Ecuador* 60: 1-128.
- Henderson, A. 2000. *Bactris* (Palmae). *Flora Neotropica Monograph* 79: 1-181.

**Para capítulos de libros:**

- Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. En: L. D. Gómez (ed.). *Vegetación y clima de Costa Rica*. Vol. 2. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Herrera-MacBryde, O., T. R. Maldonado, V. Jiménez & K. Thomsen. 1997. Osa Península and Corcovado National Park Costa Rica. En: S. D. Davis, V. H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos & A. C. Hamilton (eds.). *Centres of Plant Diversity. A guide and strategy for their conservation* Vol. 3, World Wildlife Fund, International Conservation Union.

**Para referencias a sitios web:**

**Para publicaciones disponibles en línea:**

- Bestland, E. A. & G. Retallack. 1994. *Geology and paleoenvironments of the Clarno unit, John Day Fossil Beds National Monument, Oregon. Final report*. [http://www.nps.gov/history/history/online\\_books/joda/besttland-retallack1/index.htm](http://www.nps.gov/history/history/online_books/joda/besttland-retallack1/index.htm) Consulta Agosto 2014.

**Para publicaciones disponibles en línea que están en permanente actualización:**

- Stevens, P. F. 2001, en adelante. Angiosperm Phylogeny Website. Version 9, June 2008 [en actualización continua]. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.

**Para páginas web de instituciones:**

- The New York Botanical Garden (NYBG). Consulta 2010. *The C. V. Starr Virtual Herbarium* <http://sciweb.nybg.org/science2/VirtualHerbarium.asp> The New York Botanical Garden, Bronx, New York.

**En caso de haber dos o más publicaciones de un mismo autor:**

- Cornejo, X. 2009. Two new species of *Pentagonia* (Rubiaceae, Hippotidae) from Colombia and Ecuador. *Novon* 19:25-31.
- . 2010. *Pentagonia lanciloba*: A new Rubiaceae (Hippotidae) from northwestern Ecuador. *Brittonia* 62:7-11.

En caso de haber dos o más publicaciones de un mismo autor y durante el mismo año, agregar un literal después del año:

Cornejo, X. & H. H. Iltis. 2008a. The reinstatement of *Cappariastrum* (Capparaceae). *Harvard Pap. Bot.* 13:229-236.

---- & ----. 2008b. A revision of the American species of the genus *Crateva* (Capparaceae). *Harvard Pap. Bot.* 13:121-135.

### Proceso editorial

17. 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.
18. El Consejo Editorial notificará a los autores la decisión de los evaluadores en cuanto a la aceptación, solicitud de revisión o rechazo del artículo.
19. 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. Para su aceptación final, el autor debe entonces realizar las correcciones y cambios necesarios. Usualmente el tiempo dado para los cambios no será mayor a dos semanas.
20. 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.
21. 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.
22. Si un artículo es publicado en la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales, el artículo será subido a la página web: <https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/cna>

### Declaración de responsabilidad

23. 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 7.000 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 norma Chicago.
  - e. La página "Título" incluye todos los datos identificativos de los autores.

### Derechos de autor

24. 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 - © 2015, 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

25. Los artículos deben ser enviados mediante archivos adjuntos al e-mail: [revistacienciasnaturales@ug.edu.ec](mailto:revistacienciasnaturales@ug.edu.ec), con copia al editor responsable: [carmenbonifaz@hotmail.com](mailto:carmenbonifaz@hotmail.com).



## Contenidos de la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales Vol. 4(1)

|   |   |
|---|---|
| APRENDIZAJE Y DIFERENCIACION DE FORMAS Y TEXTURAS DE OBJETOS POR PARTE DEMURCIELAGOS NECTARIVOROS (PHYLLOSTOMIDAE: ANOURA) / Learning and Differentiation Shapes and Textures of Objects by Nectar Bat Party (Phyllostomidae: Anoura) .....   | Guillermo Gilbert Jaramillo & Roger Macías... . 12          |
| ANÁLISIS DEL CONTROL ESTRUCTURAL Y PARAGÉNESIS DEL SISTEMA DE VETILLAS DEL PÓRFIDO DE COBRE DE MIRADOR / Learning and Differentiation Shapes and Textures of Objects by Nectar Bat Party (Phyllostomidae: Anoura).....  | Rojas Rodríguez Allan & Víctor Narváez.....28               |
| SISTEMÁTICA Y ECOLOGÍA DE LASMEDUSAS (Cnidarias: Hydrozoa) EN LA ZONA COSTERA SUR DE LA BAHÍA DE SANTA ELENA DURANTE EL PERIODO (OCTUBRE 2004 - OCTUBRE 2005) / Systematics and Ecology of jellyfish (cnidarians: Hydrozoa) in the South Coast area of Santa Elena Bay During the Period (October 2004 - October 2005).....   | Carlos Andrade Ruiz & Johnny Chavarria Viteri... . . . . 42 |
| IMPOSEX EN <i>Thais Brevidentata</i> , <i>Thais Kiosquiformis</i> , <i>Thais Biserialis</i> (MOLLUSCA: GASTROPODA:MURICIDAE) DEL PERFIL CENTRO-SUR DE LA COSTA ECUATORIANA, UNA INDICACIÓN DE CONTAMINACIÓN POR COMPUESTOS ORGANOESTAÑOSOS / <i>Brevidentata imposex</i> in <i>Thais</i> , <i>Thais Kiosquiformis</i> , <i>biserialis</i> <i>Thais</i> (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) Profile South Central Coast of Ecuador, an Indication of Pollution Organoestañosos Compounds ..... | María Arroyo Osorio & Italo Braga de Castro ..... 58        |
| DETERMINACIÓN DEMETALES PESADOS (CD Y PB) EN MOLUSCOS BIVALVOS DE INTERÉS COMERCIAL DE CUATRO ESTEROS DEL GOLFO DE GUAYAQUIL/ Determination of Heavy Metals (Cd and Pb) in Bivalve Molluscs Commercial Interest Four Estuaries of the Gulf of Guayaquil.....  | Mariuxi Mero Valarezo..... . . 72                           |
| Normas para la publicación de artículos “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales” / Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”  |   |