

INFORME FINAL

Título del Proyecto: “Distribución, abundancia, alimentación y sistemática del género *Hypoplectrus* (Serranidae) en la región occidental de Cuba.”.

Código: DB-012

Programa Ramal: “Diversidad Biológica”

Clasificación: Investigación-Básico.

Institución cabecera: Acuario Nacional de Cuba

Nombres y apellidos del Investigador Principal: MSc Pedro P. Chevalier Monteagudo

Personal con cargo al Proyecto:

Personal asignado al proyecto					
NOMBRE Y APELLIDOS	Marcar si es Jefe de Resultado	Grado Científico	Categoría científica, docente o tecnológica	Entidad	% de participación
Pedro P. Chevalier Monteagudo	X	MsC	Inv. Agregado	ANC	90
Eric García Machado	X	Dr	Inv. Auxiliar	CIM	50
Carlos M. Varela Pérez		Ms C		ANC	50
Esperanza Gonzáles			Inv. Agregado	ANC	30
Yuliet Piloto Cubero			Aspirante a Inv.	ANC	30
Aymeé Robainas		Dr	Inv. Agregado	CIM	30
Víctor Isla Lara			Buzo	ANC	30

CORRESPONDENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN EL PROYECTO Y LOS RESULTADOS ALCANZADOS

Los resultados alcanzados se corresponden plenamente con los objetivos planteados, se detectaron valores de correlación positivos y significativos entre la distribución y abundancia de las 6 de las especies del género *Hypoplectrus* y sus respectivos modelos propuestos por la teoría del mimetismo agresivo. Se creó un archivo fotográfico con 128 fotografías de individuos de este género. No se encontraron diferencias significativas interespecíficas mediante el estudio de 2 loci de ADNmicrosatélite. Se detectaron diferencias en la composición y/o proporción de las entidades alimenticias que componen las dietas de 4 especies de *Hypoplectrus* en Bahía de Cochinos.

ANTECEDENTES DE LA TEMÁTICA

El género *Hypoplectrus* está compuesto por pequeños peces de la familia Serranidae que habitan el Atlántico occidental. Este ha constituido durante varias décadas un punto contradictorio en la taxonomía de los peces arrecifales de la región. Las diferencias entre las especies reconocidas actualmente están determinadas únicamente por el patrón de coloración, ya que el resto de las características morfológicas y la mayoría de los aspectos ecológicos son comunes para todos los integrantes del género (Guitart, 1985). Estos peces, por otra parte, son hermafroditas sincrónicos, o sea, poseen gónadas de ambos sexos funcionales al mismo tiempo. Thresher (1978), Acero y Garzón (1994) señalan que las opiniones se encuentran divididas; una parte de los autores aprueban la existencia de varias especies mientras que otra parte consideran a *Hypoplectrus* un género monoespecífico con una gran variedad cromática e incluso algunos proponen subespecies.

El criterio más generalizado reconoce 12 especies las cuales se solapan ampliamente en ecología y distribución (Thresher, 1978). Adicionalmente existe un consenso al considerar híbridos a individuos que poseen combinaciones características del color de 2 o más especies los cuales conforman alrededor del 3% del total de individuos de las poblaciones naturales del género (Domeier, 1994; Humann, 1994).

Aunque los patrones de coloración son factores determinantes en la designación de las diferentes especies del género *Hypoplectrus*, casi todas varían en algún grado con respecto a estos caracteres, tanto dentro de un área determinada como geográficamente. Algunas de estas variaciones (como la de *H. puella*) son muy evidentes, otras (como las de *H. guttavarius*) son discretas. Estas formas son llamadas variantes. Hasta la fecha, no existen evidencias de transformaciones de una variante en otra de la misma o de otras especies (Thresher, 1978). Estudios recientes han encontrado diferencias entre la morfología, la coloración en individuos de *Hypoplectrus nigricans* procedentes de Puerto Rico, México y Belice (Aguilar-Perera, 2004). Este autor menciona la existencia de dos nuevas especies que no han sido descritas y la necesidad de clarificar la situación de *Hypoplectrus aberrans* donde se plantea que están incluidas dos posibles especies: *H. aberrans* y *H. maculiferus*.

Existe una teoría propuesta por Thresher (1978) para explicar la variedad de patrones de coloración dentro del género. Dicha teoría plantea que una parte de las especies de *Hypoplectrus* podrían ser los únicos serránidos caribeños que constituyen una excepción en cuanto a la coloración disruptiva. *H. gemma*, *H. nigricans*, *H. chlorurus*, *H. guttavarius*, *H. gummigutta* y *H. aberrans* se mantienen sobre el arrecife, y la mayoría poseen coloración llamativa. Estos patrones de coloración son inusuales en este grupo y siendo extremadamente similares a los patrones de otros peces arrecifales denominados modelos. Dichos modelos, no serránidos, poseen tres características comunes: todos en algún momento de su desarrollo poseen tallas aproximadamente iguales a la de los integrantes de *Hypoplectrus*; todos, generalmente, son vistos cerca del fondo; y ninguno se alimenta exclusivamente de crustáceos bentónicos. Estos patrones y el fuerte paralelismo en el color sugieren la existencia de un fenómeno de mimetismo agresivo, el mimetismo de algunos caracteres de un animal no-depredador por un animal depredador a fin de facilitar el acercamiento a la presa sin que esta huya. Los integrantes del género comen gran cantidad de pequeños camarones y cangrejos en dependencia del patrón de coloración, estos forman parte de un 47 a un 72% de su dieta. Randall (1967).

Por tanto semejante mimetismo estaría dirigido a los crustáceos y abarca solo el patrón de coloración; la forma, y la talla, no son importantes dada la pobre resolución de estos factores permitida por el ojo compuesto. En el trabajo de Randall (1967) se compararon muestras de

varios sitios distribuidos por el Caribe. A partir de lo expuesto anteriormente se podría formular una hipótesis que plantee la posible diferencia en la composición cuantitativa y cualitativa entre las dietas de las especies que, teóricamente, presentan mimetismo agresivo y las que no lo presentan y que habiten en un mismo sitio.

En casos como el de *Hypoplectrus*, donde los caracteres morfológicos u otros tradicionales han fallado o son ambiguos en el diagnóstico de formas relacionadas, las diferencias moleculares entre las unidades taxonómicas en estudio son de gran utilidad (Awise, 1994).

Graves y Roseblatt (1980) al analizar las relaciones genéticas entre varias especies de *Hypoplectrus* sobre la base de las proteínas no encontraron diferencias capaces de discriminar dichas especies.

Estudios recientes de ADN mitocondrial como el de Ramón *et al.* (2003) no encontraron diferencias genéticas entre nueve especies procedentes de Belice, Jamaica y La Florida; García-Machado *et al.* (2004;) tampoco encontraron diferencias entre 6 especies de Cuba; sin embargo McCartney *et al.* (2003), en un estudio que además de ADNm, incluyó microsátélites, reveló posibles diferencias entre al menos cinco especies procedentes de Puerto Rico, Panamá y Jamaica. Estos tres estudios coinciden en plantear la posibilidad que *Hypoplectrus* haya experimentado una especiación reciente (433000 años; McCartney *et al.* 2003).

Domeier (1994) plantea que la extensión de Cuba y su ubicación central en el Caribe la convierten en una región importante con respecto a *Hypoplectrus*. Las especies que habitan este archipiélago hasta ese momento eran conocidas debido a registros de museos y a las listas de peces cubanos publicadas, pero su distribución y abundancia relativas eran desconocidas. Chevalier y Gonzáles-Sansón (2005) censaron las especies del género presentes en 4 localidades de Bahía de Cochinos, 2 en Ciudad Habana y en 1 en la costa norte de Matanzas. Dichos autores plantean que aunque aparecen en simpatria con otras especies, se apreció cierto confinamiento geográfico y espacial para *H. gummigutta*, *H. nigricans* y *H. chlorurus*, esta última considerada como escasa. No obstante en dicho trabajo se recomienda aumentar el tamaño de muestra para encontrar diferencias significativas entre sitios y épocas en cuanto a la abundancia, debido a que algunas especies son muy escasas. Conjuntamente es importante realizar un muestreo simultáneo de la abundancia de las especies propuestas por Thresher (1978) como modelos en el supuesto mimetismo agresivo para determinar si existe correlación entre la abundancia de las especies modelo-mímico. De esta manera se aportarían nuevos elementos a favor o en contra de dicha teoría, pues dicho autor plantea que la distribución y abundancia de las especies mímicas debe estar subordinada a la de las especies modelos.

La única publicación encontrada sobre la reproducción y cría en laboratorio de *Hypoplectrus* es la de Domeier (1994) donde realizó apareamientos entre individuos de *H. unicolor*, entre individuos de *H. gemma* y cruzó individuos de *H. unicolor* con individuos de *H. gemma*. Además realizó experimento de autofertilización con individuos de *H. unicolor*, *H. guttavarius*, *H. puella* y un individuo supuestamente híbrido. Sus resultados no fueron muy buenos ya que solamente logró llevar a estado adulto los descendientes de los cruces entre individuos de *H. unicolor*, los de *H. unicolor* con *H. gemma* y los de la autofertilización de *H. guttavarius*. La descripción de la metodología no es muy precisa y el autor reconoce que las condiciones de los experimento no estaban debidamente controladas. De hecho en el artículo se plantea que los parámetros físico-químicos del agua fueron muy inestables debido a que el sistema era abierto y la fuente de agua poseía características muy variables. Adicionalmente se señala que la alimentación de las larvas se realizó con rotíferos y suministros de plancton procedente del medio natural, lo que imposibilitó conocer la densidad y características del alimento disponible. Lo anterior también facilitó el ataque de depredadores y parásitos planctónicos a las larvas. De hecho no hubo

igualdad de condiciones para cada una de las supuestas réplicas en este experimento. No cabe duda que la metodología utilizada no es buena ya que no es posible repetirla y su éxito es muy dudoso.

El objetivo de Domeier (1994) al realizar cruces en laboratorio de varias especies de *Hypoplectrus* fue conocer la herencia de los patrones de coloración de las especies involucradas y si la variación de dichos patrones a partir de los cruces era continua o discontinua. Para ampliar este estudio, que en este sentido se puede considerar muy preliminar, es necesario conocer los resultados de los cruces entre los híbridos de la primera generación, así como los resultados de los retrocruces de dichos híbridos con sus progenitores. Ampliar el número de especies involucradas en estos experimentos es indispensable.

Los patrones de coloración considerados híbridos por Chevalier y Gonzáles-Sansón (2005) son asignados a la variedad no descrita Tan Hamlet por Aguilar (com. Pers.). Dicho patrón en la costa de Ciudad Habana presenta una variabilidad considerable que se aparta bastante de la descripción dada Domeier (1994), Thresher (1978) y Humann (2002) por corriente de la supuesta especie no descrita tan hamlet. Domeier (1994) en sus experimentos de apareamiento utilizó un individuo con un patrón de coloración que no está seguro si es un híbrido o es el resultado de variación natural. Por tanto sería de gran utilidad censar fotográficamente los patrones de coloración en el medio natural con el fin de compararlos con los patrones de coloración obtenidos en los cruces en cautiverio (entre individuos de iguales y diferentes especies) y así poder estudiar de la frecuencia de cruzamiento entre morfo-especies en el medio natural, así como la distribución y abundancia de las variantes de cada una de las especies en estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Censos visuales:

El estudio se desarrolló en 2 etapas. La primera abarcó de abril a octubre del 2007 en tres estaciones de muestreo diferentes: Playa El Coral (al este de la Bahía de Matanzas), Cueva de los Peces (Bahía de Cochinos, Matanzas) y Náutico (Ciudad de la Habana) (Fig. 1).

La profundidad a la que se realizaron los censos fue variable dependiendo de las topografías de las zonas, así como de la distribución de los individuos de interés en las mismas; en el Náutico fue de 3 m, en Playa El Coral osciló entre 12 y 16 m y en Cueva de los Peces entre 10 y 15 m.

Los conteos se realizaron empleando el método de tramos propuesto por Chevalier y González-Sansón (2005), adaptado al conteo de todos los representantes del género *Hypoplectrus* y los modelos propuestos por Thresher (1978) y por Puebla *et al.* (2007) dentro de la Teoría del Mimetismo Agresivo. Se incluyeron como posibles parejas miméticas Tan hamlet y *Stegastes planifrons* e *Hypoplectrus aberrans* y *Stegastes variabilis* por la similitud existente entre los patrones de coloración de estos dos pares de especies (Figura 2).

Se efectuaron 2 muestreos separados temporalmente por un espacio de 3 meses en cada localidad. Las unidades de muestreo fueron recorridos lineales de 50 metros de longitud por 4 metros de ancho. Se realizaron diez réplicas por cada muestreo; aunque en el Náutico la extensión de la zona permitió hacer solamente ocho. Los recorridos se orientaron de forma paralela a la línea de costa.

La segunda etapa de muestreos se realizó entre enero y agosto del 2008 en las estaciones de Cueva los Peces y Los Pinos figura3. Durante la primera etapa de trabajo en la zona sur (Cueva de los Peces) se registró una mayor diversidad de especies, criterio empleado para la selección de los sitios en esta etapa de trabajo. Se incluyó la pareja mimética *H. indigo* y *Chromis cyanea* propuesta por Whiteman *et. al* (2007). Las unidades de muestreo fueron recorridos lineales que

cubrieron el perfil del lecho marino (Fig. 4) desde los 0 metros hasta los 20 metros de profundidad. El ancho de los recorridos fue de 4 m en ambos sitios; mientras que la longitud fue variable: 134m en Cueva de los Peces y 143m en los Pinos. Se realizaron tres muestreos por estación, separados cada uno por un período de 2 meses y los recorridos se replicaron ocho veces por sitio. Para el análisis se utilizaron cuatro rangos de profundidades, los que coinciden con un biotopo específico:

0-5m: Cabezos. Fondo arenoso con alta densidad de cabezos coralinos (2 m de altura). Relieve irregular. Predominan los corales. La densidad de esponjas y gorgonias es relativamente alta.

5-10m: Terraza somera. Fondo rocoso con gran cantidad de colonias coralinas. Aumenta la densidad de esponjas y gorgonáceos. Menos irregularidad.

10-15m: Terraza profunda. Gran cubrimiento coralino. Pendiente más profunda que la Terraza Somera. Presenta además infinidad de cuevas de diferentes tamaños que incrementan la complejidad topográfica en este biotopo.

15-20m: Talud. Pared irregular tapizada de un sustrato coralino con pendiente aproximada de 30°. Presenta canales de arena así como numerosas cavidades y refugios. Elevada densidad de corales y esponjas. Menor porcentaje de gorgonáceos. Es el biotopo de mayor complejidad topográfica. La identificación de las especies se realizó siguiendo las descripciones de Guitart (1985) y las fotografías de Humann (1994); se considerarían híbridos todos los organismos vistos que presentaran un patrón de coloración diferente a los establecidos.

Análisis estadístico

Primeramente se realizaron las curvas de número acumulado de especies en relación con las unidades de muestreo aleatorizadas 999 veces usando el *software* Primer 5 para verificar si los tamaños muestrales eran apropiados.

Para verificar la distribución normal de los datos se usó la prueba Kolmogorov- Smirnov con el programa Statistica 6.0 (Statsoft Inc., 2007) y para comprobar la homogeneidad de varianza de los mismos se empleó la relación de Taylor utilizada por González-Sansón *et al.* (1997); como los datos no cumplieron con estos requisitos se emplearon análisis no paramétricos.

Análisis de los patrones de distribución y abundancia de *Hypoplectrus*

La existencia de diferencias significativas en las abundancias de *Hypoplectrus* por estaciones se verificó con la prueba Kruskal- Wallis (ANOVA no paramétrico). Para la comparación de medias se utilizaron los test de Nemenyi y de Duna (ambos no paramétricos).

Grado de asociación entre la distribución y abundancia de modelos y mímicos

Para determinar la existencia y grado de correlación entre las distribuciones y abundancias de las presuntas parejas miméticas se usó el coeficiente de correlación de Spearman. Dicho análisis se realizó de manera separada con cada etapa de trabajo, para analizar la relación de las parejas miméticas entre distintas estaciones, y a diferentes profundidades dentro de una misma estación.

Se aplicó la prueba Dunn (no paramétrica) para la comparación múltiple de las medias de las abundancias de mímicos y modelos entre las distintas estaciones de muestreo, por tratarse de una prueba potente que no requiere para su aplicación de datos balanceados. Esta prueba es análoga a la prueba Tukey de comparación múltiple de medias (Zar, 1996).

Los cálculos se realizaron empleando los *software* Statistica 6.0 (Coeficiente de correlación de Spearman, prueba de Kruskal- Wallis) y Graphpad InStat (prueba Dunn); se trabajó con niveles de significación de 0,05; 0,01 y 0,001.

Catálogo fotográfico:

Se tomaron fotografías en el medio natural y en acuarios (conociendo la procedencia del individuo) de individuos adultos, los juveniles tienen todos el mismo patrón de coloración por lo que no pueden ser clasificados hasta que no adquieran su coloración definitiva como adulto.

Las fotografías digitales se nombraron con el sitio de procedencia y un número que les identifica dentro del grupo de una misma localidad.

Adicionalmente se creó para cada especie estudiada una carpeta con fotos encontradas en Internet lo que permitió aumentar el número de fotografías para valorar la variación morfológica de los patrones de coloración entre y dentro de cada especie. Los individuos de coloración dudosa se colocaron en una carpeta llamada "Híbridos". El catálogo completo se encuentra grabado en un disco compacto adjunto al presente informe.

ADN microsaélite:

El estudio de microsatélites se desarrolló con las especies *Hypoplectrus puella*, *H. indigo*, *H. aberrans* y *H. guttavarius* colectados en las tres localidades de estudio (Fig. 1). La obtención del ADN total se realizó mediante el método de extracción con Chelex™ descrito por Walsh *et. al.* (1991). Las reacciones de PCR, para la amplificación de los *loci* microsatélites, se prepararon mezclando 2 µL del Tampón de PCR 10X, 1u de Tag Polimerasa (Promega), 1µL de la muestra a ensayar, 200 nmol de cada oligonucleótido, 200 mM de dNTPs, MgCl₂ y agua destilada estéril hasta un volumen final de 20 µL. El programa de amplificación presentó el siguiente perfil: 94°C por 3 min, 40 ciclos de 94 °C por 45s, la temperatura óptima de la unión de los cebadores por 45s, 72°C por 2 min 30s, y un paso de extensión final a 72°C por 10 min. Los productos resultantes de las reacciones de PCR se desnaturalizaron por 5 min a 95°C en una solución formada por NaOH 10 mM, formamida 95%, bromofenol azul 0,05%, xileno cianol 0,05% y separados en geles de poliacrilamida de 5 y 6%, usando cristales de 35cm de ancho por 45cm de largo, y separadores de 0,4mm de espesor. Uno de los cristales se trató con una solución compuesta de 3 µL de Bind Silane (Promega) y el otro con 2 mL de la solución Gel Slik® (BMA, USA). Los geles se prepararon mezclando una solución de archilamida (6%), 360µL de Persulfato de Amonio (PSA) (BioRad) al 10%, y 90 µL de TEMED (Pharmacia) y se dejaron polimerizar por 45 min. La corrida se efectuó a 80W de 2 a 5 horas. El revelado de los geles se hizo según Caetano-Anollés *et. al.* (1993), con los reactivos del kit de tinción de secuencias con plata (Promega). Para el análisis de los datos provenientes del ADN microsaélite se emplearon los programas FSTAT 2.9.3 (Goudet, 2001) y GENEPOP ver. 3.3 (Raymond y Rousset 1995)

Dietas:

Se colectaron ejemplares de las especies *Hypoplectrus puella*, *H. aberrans*, *H. indigo* y *H. guttavarius*. La colecta se realizó en la costa oriental de Bahía de Cochinos, Matanzas (Figura 3) Los horarios de inicio de muestreo fueron siempre antes de las 10 am. La captura de los ejemplares se realizó con un arpón hawaiano diseñado específicamente para ese fin. Los estómagos fueron fijados en formol al 10% inmediatamente a la conclusión del buceo. Las entidades fueron clasificadas hasta el taxón más "bajo" posible.

Análisis estadístico

Se utilizaron los métodos numérico y frecuencial con vistas a comparar la composición de las dietas de las 4 especies.

Se emplearon técnicas de análisis de clasificación numérica jerárquica aglomerativa para determinar el grado de similitud en la dieta de las especies, con el fin de definir grupos de especies que comparten presas similares. La formación de los grupos tróficos afines se basó en el método de ligamiento promedio. La matriz fue construida empleando el índice de disimilitud de Bray-Curtis. Se emplean dendogramas como medio de representación gráfica. Ningún dato fue transformado ni estandarizado. Para determinar los aportes de cada entidad alimentaria al agrupamiento se utilizó el test de SIMPER. Los análisis se realizaron usando el programa PRIMER 5.2.8 para Windows.

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Estudiar las relaciones genéticas y ecológicas existentes entre las especies del género *Hypoplectrus* presentes en Ciudad Habana y Matanzas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- Determinar si existe correlación entre las distribución y abundancia de *H. nigricans*, *H. guttavarius*, *H. aberrans* y *H. unicolor* en Bahía de Cochinos (Matanzas), Playa Coral (Matanzas) y Litoral del Acuario Nacional (Ciudad Habana).
- Crear un archivo de fotografías de individuos del género *Hypoplectrus*.
- Determinar, mediante el estudio de microsatélites, si existen diferencias significativas entre las especies *Hypoplectrus puella*, *H. indigo* y *H. guttavarius* en cada una de las localidades a estudiar (Bahía de Cochinos, Playa Coral y Litoral Acuario Nacional).
- Determinar si existen diferencias significativas entre las dietas de las especies *Hypoplectrus puella*, *H. aberrans*, *H. indigo* e *H. guttavarius* en Bahía de Cochinos.

SALIDAS PREVISTAS:

1. Catálogo fotográfico del género *Hypoplectrus*.
2. Publicaciones científicas especializadas que actualicen e incrementen los conocimientos sobre la taxonomía, genética, alimentación, abundancia y distribución de las especies del género *Hypoplectrus*.
3. Publicaciones científicas especializadas que actualicen e incrementen los conocimientos sobre la teoría del mimetismo agresivo en el género *Hypoplectrus*

RESULTADOS

Resultado 1:

Las curvas de número acumulado de especies manifestaron una clara tendencia asintótica lo que implica que los tamaños muestrales fueron apropiados en todos los casos (Fig. 5)

Análisis de los patrones de distribución y abundancia de *Hypoplectrus* y sus especies modelo.

1ra etapa:

H. puella e *H. indigo* fueron las únicas especies que se encontraron en todas las localidades, siendo la primera la especie más abundante.

El análisis de varianza no paramétrico (test de Kruskal- Wallis) reveló la existencia de diferencias significativas entre las abundancias de las especies *H. puella*, *H. nigricans* e *Hypoplectrus aberrans* (Tabla I).

La comparación múltiple de medias realizada con el test de Nemenyi mostró la existencia de diferencias significativas entre estaciones para *Hypoplectrus nigricans* e *H. puella*. La primera resultó ser significativamente superior en el Náutico y la segunda en Cueva de los Peces (Tabla II).

Se calcularon las densidades para cada especie en las diferentes localidades y en todos los casos la de las especies modelos fue notablemente superior a la de los mímicos (Tabla III). En todos los sitios donde se encontraron mímicos habitaba la especie modelo correspondiente; sin embargo, en algunas estaciones se encontraron posibles modelos y el mímico no fue hallado (dentro de los recorridos).

En cuanto al análisis de las abundancias de las parejas miméticas por estación la aplicación de la prueba Dunn reveló la existencia de diferencias significativas ($p < 0,001$) entre las medias de las abundancias de *Stegastes variabilis* entre Náutico y Cueva los Peces (Fig.6), encontrándose los mayores valores de esta especie modelo en Cueva de los Peces. Entre el Náutico y Playa El Coral la abundancia de esta especie no mostró diferencias significativas, ya que en la primera estación la abundancia estuvo cercana a cero y en la segunda no se encontraron ejemplares de *S. variabilis*. *H. aberrans* fue encontrada solamente en Cueva de los Peces con una abundancia muy baja y no mostró diferencias significativas entre localidades; aunque es notorio el hecho de que *H. aberrans* solo fue vista en la estación donde se registraron los valores máximos de abundancia para la especie modelo.

La abundancia de *Stegastes fuscus* fue significativamente menor en Cueva de los Peces con respecto al Náutico ($p < 0,001$) y a Playa El Coral ($p < 0,05$); entre el Náutico y Playa El Coral no mostró diferencias significativas (Fig. 7). La abundancia de *Hypoplectrus nigricans* fue significativamente mayor en el Náutico con respecto al resto de las estaciones ($p < 0,001$), entre las que no se encontraron diferencias. Al igual que en el caso de *H. aberrans* y *S. variabilis*, los mayores valores de abundancia de los mímicos (*H. nigricans*) se encontraron en la estación donde *S. fuscus* (especie modelo) fue más abundante.

En el caso de Tan Hamlet ocurrió algo similar a lo observado en *Hypoplectrus aberrans* y su modelo, pues la única Tan Hamlet censada se encontró en Cueva de los Peces, estación en la que se registraron las mayores abundancias ($p < 0,001$) de la presunta especie modelo *Stegastes planifrons*. Por otro lado, la distribución de *S. planifrons* también se restringió a la estación

Cueva de los Peces, pues no se encontraron representantes de esta especie “modelo” en el resto de las localidades estudiadas.

2da etapa:

En la Tabla IV se presentan los valores de densidad de cada especie por estación de muestreo. El análisis de varianza no paramétrico (test de Kruskal-Wallis) revela la existencia de variaciones en la abundancia con relación a la profundidad para cinco especies en Cueva de los Peces: *H. indigo*, *H. puella*, *H. nigricans*, *H. aberrans* e *H. gummigutta*. En la estación Los Pinos solo dos especies mostraron diferencias: *H. puella* et *H. gummigutta* (Tabla V). Sin embargo, la potencia de los test de Nemenyi y Dunn de comparaciones múltiples de medias no paramétrica no fue suficiente para detectar diferencias en estas especies.

En ambas estaciones, la abundancia de las especies *H. puella*, *H. indigo* y *H. aberrans* presentó un comportamiento similar con relación a la profundidad: aumentó gradualmente de 0-15m de profundidad y disminuyó bruscamente a partir de los 15m. Sin embargo, *H. gummigutta* presentó un comportamiento diferente, ya que apareció solamente a profundidades entre 15-20m. *H. nigricans* fue escasa en la zona, apareció mayoritariamente de 0-5m, lo que refleja su preferencia por las zonas más someras, (Fig8.).

Grado de asociación entre la distribución y abundancia de modelos y mímicos

1ra etapa:

La correlación de Spearman realizada para todas las parejas miméticas propuestas (sin tener en cuenta la localidad de muestreo) fue positiva para sólo tres de ellas: *H. nigricans* x *Stegastes fuscus*, *H. aberrans* x *Stegastes variabilis* y Tan Hamlet x *Stegastes planifrons*, siendo las dos primeras parejas las de más alta correlación ($p < 0,001$). Se obtuvo correlación negativa para la pareja *Hypoplectrus aberrans* x *Bodianus rufus*. Las parejas *H. unicolor* x *C. capistratus* e *H. guttavarius* x *H. tricolor* no mostraron correlación (Tabla VI).

2da etapa:

La correlación de Spearman arrojó valores significativamente positivos para las 6 parejas miméticas propuestas para esta etapa (Tabla VII). La más alta correlación ($p < 0,001$) se obtuvo para *H. indigo* x *C. cyanea* (0,000002), *H. guttavarius* x *H. tricolor* (0,0005) y para *H. nigricans* x *S. fuscus* (0,0007). La pareja *H. aberrans* x *Bodianus rufus* no presentó valores de correlación significativos (0,518; $p < 0,05$) por lo que no se incluyó en la tabla presentada.

Resultado 2:

El catálogo fotográfico quedó conformado por 128 fotografías, 66 tomadas en arrecifes cubanos y 62 tomadas de Internet. Se fotografiaron 7 de las 8 especies presentes en nuestras aguas. También se fotografió la especie no descrita conocida como tan hamlet y algunos individuos de clasificación dudosa catalogados como posibles híbridos. Es evidente la variabilidad que existe en los patrones de coloración de algunas de las especies, llegando a encontrarse individuos donde se dividen las opiniones si son de una especie determinada o si son híbridos (ver disco compacto adjunto).

Resultado 3:

ADN microsatélite

El ajuste al equilibrio de Hardy-Weinberg (HWE) se obtuvo calculando el índice de fijación F_{IS} , con un nivel de significación de $\alpha = 0.00625$ y 160 aleatorizaciones, según la corrección de Bonferroni. Se encontró que todas las especies analizadas se encuentran en equilibrio genético para ambos *loci* (Tabla VIII). La estimación general de los estadísticos F_{IS} y F_{IT} para todos los *loci* fueron mayores que los obtenidos para F_{ST} . Ninguna de las diferencias entre las especies fueron estadísticamente significativas.

A partir de las distancias genéticas de Nei (1978) se construyó un árbol empleando el método de distancias UPGMA. Como resultado de esta construcción, para el locus Pam013, se agruparon en primer lugar las especies *H. guttavarius* y *H. puella*. A continuación se ubicaron *H. aberrans* y *H. indigo*, por ese orden (Figura 9). En el caso del locus Gag010 la organización fue similar, excluyendo a *H. aberrans*, que no fue analizada para este locus (Figura 10).

Resultado 4:

Dietas:

De los 102 estómagos analizados 8 (2 de *H. puella* y 6 de *H. indigo*) estaban vacíos, lo que representa el 7,8 % del total. Fueron identificados 28 componentes de la dieta (Tabla IX). Las entidades Camarones (Suborden Pleocyemata), el género Periclimenes, la especie *Chromis cyanea* y las determinadas como “Materia orgánica” fueron las presas más importantes.

A partir de las diferentes entidades alimentarias se realizaron análisis de las dietas utilizando el índice de disimilitud de Bray-Curtis para los métodos numérico y de frecuencia de ocurrencia.

Los datos obtenidos mediante el método frecuencial agruparon a las especies en 3 grupos: A, formados por las especies *Hypoplectrus guttavarius* y *H. aberrans*; C con *H. puella* y el B con *H. indigo* (Fig. 11). Siguiendo el método numérico se forman 3 grupos con distribución similar de las especies que los formados siguiendo el método frecuencial (Fig. 12).

En la Tabla X se presentan los valores de contribución, por las principales entidades, a la disimilitud entre los grupos, tanto los del método frecuencial como los del método numérico. Se destaca la contribución decisiva de las entidades *Chromis cyanea* y Materia orgánica en la formación del grupo C donde se ubicó *H. indigo*. La dieta de esta especie estuvo conformada casi exclusivamente por estas entidades. En ninguna de las 3 especies restantes se encontró la entidad *Chromis cyanea* y la Materia orgánica fue muy escasa. A pesar que en estas 3 especies las entidades mayoritarias fueron Camarones (Suborden Pleocyemata), el género Periclimenes, las diferencias en el número y la frecuencias de dichas entidades encontradas para cada especie las ubicó en los grupos A (*H. guttavarius* y *H. aberrans*) y B (*H. puella*). La agrupación por ambos método es similar y los grupos coinciden con las hipótesis de mimetismo agresivo propuestas para *Hypoplectrus*: *H. aberrans* y *H. guttavarius* (A) presentan mimetismo agresivo dirigido fundamentalmente a aumentar la efectividad en la captura de pequeños crustáceos, *H. indigo* (C) presenta mimetismo agresivo dirigido fundamentalmente a aumentar la efectividad en la captura de individuos de la especie *Chromis cyanea*, *H. puella* no presenta mimetismo agresivo, su coloración es disruptiva por lo que su efectividad en la captura de pequeños crustáceos podría ser distinta a las especies con mimetismo agresivo. Al realizar una comparación entre las dietas, a partir de los resultados del método frecuencial, utilizando como índice de afinidad el coeficiente

de correlación por rangos de Spearman (González-Sansón y Aguilar, 1983) no se encontró correlación significativa entre las dietas de ninguna de las 4 especies estudiadas.

DISCUSIÓN:

Al igual que en el resto del Caribe, la abundancia registrada para *Hypoplectrus* en las localidades de muestreo fue relativamente baja. Este género se encuentra en arrecifes de profundidades medias a grandes y con elevada complejidad topográfica.

El hecho de que *H. puella* se hallara en todas las localidades censadas pudiera deberse a que su distribución no está restringida a la de ningún modelo. Ninguno de los autores que defienden la teoría del Mimetismo Agresivo incluye a esta especie como mímico, ya que presenta un patrón de coloración disruptivo con diversos matices pardo claro, lo cual es muy factible para el camuflaje. Esta especie fue significativamente más abundante en Cueva de los Peces, estación donde existe alta complejidad topográfica (borde del talud), la cual brinda refugios potenciales para peces pequeños como *Hypoplectrus* spp y disminuye las probabilidades de que sean detectados por la presas y/o depredados (Chevalier y González-Sansón, 2005). Se plantea además que *Hypoplectrus puella* parece ser la especie ancestral de la cual se derivó *H. nigricans* (y probablemente el resto de las especies) con la estrategia de mimetismo agresivo como mecanismo favorecido por la selección natural (Salzburger, 2008), lo que pudiera explicar que *H. puella* haya sido la especie más abundante en la mayoría de las estaciones de muestreo.

Hypoplectrus indigo tampoco está incluida dentro de la teoría del mimetismo agresivo enunciada por Thresher (1978) debido a su patrón de coloración disruptivo. Los estudios de contenido estomacal realizados por Whiteman et al. (2007) sumado a los resultados obtenidos en el presente trabajo, tanto en las dietas como en la distribución y abundancia de mímico y modelo, refuerzan la teoría de un nuevo tipo de mimetismo dentro del género. *H. indigo* es la única especie del grupo de alimentación eminentemente piscívora y de un género exclusivo: *Chromis* spp.; particularmente de las especies *C. cyanea* y *C. insolata*. La preferencia dietaria de *H. indigo* por *Chromis cyanea* podría estar relacionada con el mimetismo agresivo, ya que la primera presenta un patrón disruptivo a barras y color de fondo azul índigo que pudiera permitir su camuflaje en los cardúmenes de cromis azul, en los que puede capturar fácilmente a algunos juveniles de esta especie.

Es posible que *Hypoplectrus indigo* sea un eslabón intermedio en la línea evolutiva del género, donde probablemente el papel que desempeña la coloración de estos peces haya variado. Puede ser que en un inicio la ventaja evolutiva del patrón de coloración haya sido permitir el camuflaje con el medio, y que la nueva estrategia de mimetizar cardúmenes de *Chromis* juveniles se haya puesto en práctica posteriormente; aunque al ser *Hypoplectrus* un género de especiación reciente (Puebla et al., 2007), es probable que todavía persista la estrategia del camuflaje con el medio y que, en ocasiones oportunas, la vaca añil mimetice al cardumen de *Chromis*; esto lleva a pensar que no están del todo delimitadas ambas estrategias, ya que la utilización de una u otra dependería de la topografía del sitio y de las abundancias de *Chromis* spp. El camuflaje con el medio sería la estrategia más eficaz en sitios complejos topográficamente, mientras que el mimetismo de los cardúmenes de *Chromis* funcionaría mejor en sitios con altas abundancias de estos peces.

Hypoplectrus aberrans fue una especie poco abundante, pues solo se encontró en Bahía de Cochinos y la media de individuos fue inferior a uno en esta estación. En la primera etapa de

muestreo el test de Kruskal-Wallis arrojó diferencias significativas entre Cueva de los Peces y el resto de los sitios censados; sin embargo el test de Nemenyi no reveló diferencias significativas para la distribución y abundancia de esta especie entre las tres localidades. Esta contradicción aparente se debe a que las pruebas de comparación múltiple de medias son menos potentes que los análisis de varianza, por lo que requieren de una muestra mayor para detectar diferencias. Lo anterior ocurrió para el resto de las especies durante la segunda etapa de muestreo. No obstante, es un hecho que *Hypoplectrus aberrans* solo se encontró en la estación donde se registraron los valores significativamente mayores de abundancia de la especie modelo, lo que apoya la teoría del mimetismo agresivo enunciada por Thresher (1978).

Durante la primera etapa de censos *Hypoplectrus nigricans* no se encontró dentro de las unidades de muestreo en Cueva de los Peces, estación donde se registraron las menores abundancias de *Stegastes fuscus* (supuesto modelo); sin embargo resultó ser significativamente más abundante en el Náutico, donde se registraron los mayores valores de densidad de su especie modelo. El paralelismo existente entre las distribuciones de ambas especies pudiera tener varias causas: una pudiera estar relacionada con la teoría del mimetismo agresivo y sería que la distribución del mímico está restringida a la de la especie modelo (Thresher, 1978); otra estaría relacionada con la acción de la selección natural a favor de los morfotipos oscuros de peces, que pudiesen ocultarse mejor en un biotopo complejo como el del Náutico, en el que existen varias cuevas y túneles interconectados que conforman un laberinto subyacente al borde del canal, en el que también hay numerosas oquedades; tampoco se puede descartar que sea otro factor el determinante en primera instancia de la distribución de ambas especies, como la turbidez del agua (dada por la cantidad de nutrientes) o la disponibilidad de alimento, entre otros. De manera que la relación entre las distribuciones de ambas especies pudiera ser directa, o estar ambas influidas por la acción de otro factor desconocido hasta el momento. En la segunda de estudio etapa la abundancia de esta especie fue muy baja, y prefirió aguas someras.

La baja abundancia de *Hypoplectrus indigo*, *H. unicolor*, *H. guttavarius* y la *Tan hamlet*, durante la primera etapa, en los tres sitios de trabajo es la causa de que no se encontraran diferencias significativas entre localidades para estas especies.

El hecho que durante la segunda etapa se confirmara la presencia de especies, en Bahía de Cochinos, que no fueron censadas durante la primera etapa, indica que la metodología utilizada fue más efectiva. Los censos de la primera etapa se limitaron al rango entre los 10 y 15 m. *H. nigricans* y *H. gummigutta* prefieren profundidades fuera de este rango. Al ampliarse el área de estudio y trabajar desde la orilla hasta los 20 metros de profundidad, se encontraron todas las especies reportadas para la localidad. Se hizo evidente una distribución espacial diferenciada entre las especies y se hicieron más evidentes las correlaciones entre los modelos y mímicos.

La teoría del mimetismo agresivo propuesta para *Hypoplectrus* tiene como elemento base el paralelismo en el patrón de coloración existente en la pareja mimética, por lo que Thresher (1978) plantea que debe existir una variación geográfica paralela en la coloración de mímicos y modelos (e.g la extensión del negro en *H. guttavarius* varía espacialmente en la misma medida que lo hace la mancha negra de *Holacanthus tricolor*); de manera que los patrones de coloración de *Hypoplectrus* debieran continuar como “patrones” y no exhibir un gran número de variantes. Sin embargo, durante la realización del catálogo fotográfico se observó una amplia gama de variaciones en algunas especies que pudiera indicar el escenario de especiación simpátrica reciente propuesto para este grupo (Puebla et. al., 2007, 2008; Salzburger, 2008).

Una amplia variabilidad fue observada en el patrón de coloración de *H. guttavarius*, pues la forma y tamaño del lunar del hocico fue muy variable, así como la extensión del negro de la nuca y el cuerpo, el cual en algunos individuos llegó incluso al pecho, aletas pectorales, cara y parte inferior de la aleta dorsal espinosa (anexo 5). Esto permite asegurar que no se trata de una especie con variaciones discretas en cuanto a coloración como afirmara Thresher (1978). Por otro lado, la única variación conocida de *H. gummigutta* es un matiz gris que se puede presentar en su región dorsal (op. cit.); no obstante, una nueva variante de esta especie fue observada durante los censos (fuera de las unidades de muestreo), la cual presenta un matiz gris que ocupa todo el cuerpo.

Los ejemplares de *H. unicolor* en el Caribe sur y costas de la Florida carecen del lunar nasal rodeado del anillo azul, mientras que los que habitan en Islas vírgenes y en las Bahamas si lo presentan (op. cit.); sin embargo, dichas variantes de *H. unicolor* fueron vistas cohabitando en Cueva de los Peces. Esta amplia variabilidad cromática exhibida por *Hypoplectrus*, particularmente por sus especies mímicas, no es visible en los modelos, quienes presentan patrones de coloración bien definidos y poco variables, por lo que parece que realmente no existe una variación geográfica paralela en la coloración del modelo y el mímico como enunciara Thresher (1978). Lo anterior no implica que la estrategia del mimetismo agresivo no sea válida, pues se debe analizar además el comportamiento de las distribuciones y abundancias de mímicos con relación a las de las especies modelos.

La existencia de correlación positiva observada, en la primera etapa, entre las abundancias de *H. nigricans* x *Stegastes fuscus*, *H. aberrans* x *Stegastes variabilis* y *Tan Hamlet* x *Stegastes planifrons* indica que en las estaciones donde ambas especies (modelos y mímicas) cohabitan la abundancia de la especie mímica aumenta cuando aumenta la del modelo correspondiente, lo cual se pudiera interpretar de dos formas: la abundancia de los mímicos aumenta o disminuye a causa de aumentos o disminuciones en las abundancias de los modelos, o sencillamente las variaciones en las abundancias de ambas especies dependen de otro factor aún desconocido. Ambas teorías pudieran ser válidas, pues si bien la correlación per se no indica relación de causalidad entre las dos variables correlacionadas (Zar, 1996), tampoco excluye esta posibilidad. Estudios posteriores pudieran brindar elementos que apoyen la posible relación directa entre las abundancias de modelos y mímicos. En la segunda etapa, al concentrar los esfuerzos en una sola localidad se obtiene correlación positiva para todas la parejas miméticas. Estos resultados se ajustan a la segunda premisa para el mimetismo enunciada por Thresher (1978) que plantea que debe existir una distribución restringida de los mímicos, al rango del modelo propuesto; aunque es importante señalar que la mayoría de las especies modelos propuestas son muy abundantes y se encuentran en casi todos los arrecifes cubanos (Caballero et al., 2005). Si la presencia del modelo fuera únicamente lo que determinara la del mímico, *Hypoplectrus* fuera un género ampliamente distribuido en todos los arrecifes cubanos, y esto realmente no ocurre.

Según Thresher (1978) *Bodianus rufus* es la especie modelo de *Hypoplectrus aberrans*; sin embargo, en el presente trabajo se obtuvo que *H. aberrans* fue encontrada únicamente en la estación donde la supuesta especie modelo resultó ser menos abundante. Además la obtención de correlación negativa entre *Hypoplectrus aberrans* y *Bodianus rufus* indica que no hay relación lineal entre las abundancia de ambas especies. Estos hallazgos sugieren que *B. rufus* no es una especie modelo de *H. aberrans* en las localidades censadas. En cambio, *H. aberrans* solo se encontró en la estación donde se registraron las mayores abundancias de *Stegastes variabilis* y se encontró una fuerte correlación positiva ($p < 0,001$) entre las abundancias de ambas especies, por lo

que se puede afirmar que *S. variabilis* sí pudiera ser el modelo de *H. aberrans* en Cueva de los Peces.

Teniendo en cuenta la similitud existente en el patrón de coloración de la *Tan Hamlet* y *Stegastes planifrons*, la existencia de correlación entre las abundancias de ambas especies y la distribución restringida de la *Tan hamlet* con relación a *S. planifrons.*, se puede afirmar que estas dos especies podrían constituir una pareja mimética en aguas cubanas.

El hecho de que la abundancia de los modelos fue en todas las estaciones significativamente superior a la de los mímicos coincide con la segunda premisa propuesta por Puebla et al. (2007) que plantea que el mímico es raro con relación al modelo. Lo antes expuesto permite asegurar que la presencia del modelo no determina en primera instancia la presencia del mímico, lo que no contradice a la teoría del Mimetismo Agresivo, pues es lógico que otros factores que inciden directamente sobre la supervivencia del animal sean los que determinen en primer lugar la distribución y abundancia de *Hypoplectrus*. No obstante, las correlaciones positivas obtenidas para tres parejas miméticas es un indicio de que realmente esta estrategia del mimetismo pudiera ponerse en práctica en localidades que, como las estudiadas, presenten las condiciones favorables para esto.

Los resultados de los análisis de las dietas de 4 especies sugieren pequeñas diferencias en cuanto a los nichos tróficos, con la excepción de *H. indigo*. La formación de grupos coincidentes con las tres estrategias de alimentación involucradas (coloración disruptiva, mimetismo agresivo de una tercera especie, mimetismo agresivo de la especie-presa) podría considerarse un punto de partida para incrementar los estudios en este sentido para buscar otra vía de diferenciación interespecífica.

La ausencia de diferencias interespecíficas a partir de marcadores moleculares es uno de los puntos de mayor desconcierto en el estudio de *Hypoplectrus*. Puebla et al. (2007) encontró resultados similares en otras localidades del Caribe, aunque en algunos sitios detectó pequeñas diferencias interespecíficas locales. Es importante que continúe la búsqueda de genes que reflejen la incipiente diferenciación conductual, morfológica y ecológica que existe.

De forma general existe una segregación geográfica y por profundidades entre las especies de *Hypoplectrus*. Tomando en cuenta que también se detectaron diferencias leves en las dietas de 4 de las especies del género es evidente que las especies no solo están definiéndose por sus patrones de coloración y por el apareamiento asociativo. Los nichos ecológicos se están diferenciando simultáneamente con los factores anteriormente mencionados. Las distintas estrategias utilizadas por los integrantes del género para cazar conllevan una evolución conjunta de una serie de factores que a lo largo del tiempo irán delimitando cada vez más cada grupo como especies independientes. El origen reciente de las especies de *Hypoplectrus* no solo se evidencia en la falta de diferenciación genética, la variabilidad de los patrones de coloración (incluso dentro de las mismas especies) y la similitud de los nichos ecológicos también constituyen pruebas palpables. Es lógico que para especies o grupos evolutivos en diferenciación incipiente de se necesitan estudios con alta petición y exactitud, de lo contrario se pueden llegar a conclusiones erróneas, la historia del estudio de *Hypoplectrus* es un claro ejemplo de esto.

ARTÍCULOS CIENTÍFICO TÉCNICOS PRODUCIDOS CON LOS RESULTADOS DEL PROYECTO:

- Vega, A. 2008. Distribución, abundancia y mimetismo agresivo de *Hypoplectrus* sp. (Perciformes: Serranidae) en tres localidades del litoral occidental de Cuba. Tesis de Diploma.
- Córdova, A.C. 2009. Mimetismo agresivo de *Hypoplectrus* sp. (Perciformes: Serranidae) en dos localidades de Bahía de Cochinos, Matanzas, Cuba. Tesis de Diploma.
- Catálogo fotográfico de especies del género *Hypoplectrus* presentes en Cuba.
- Chevalier, P.P.; A.Vega; A.C. Córdova (enviado) Distribución, abundancia y mimetismo agresivo de *Hypoplectrus* sp. (Perciformes: Serranidae) en tres localidades del litoral occidental de Cuba.

TRABAJOS PRESENTADOS EN EVENTOS CIENTÍFICOS:

- Vega, A. y P. P. Chevalier Distribución, abundancia y mimetismo agresivo de *Hypoplectrus* sp. (Perciformes: Serranidae) en tres localidades del litoral occidental de Cuba. Forum de base, Acuario Nacional de Cuba. 2008.
- Chevalier, P. P. Especiación en el género *Hypoplectrus* (Perciformes: Serranidae). Forum de base, Acuario Nacional de Cuba. 2009.
- Chevalier, P.P.; E. García, G. Espinosa, A. Vega. Especiación y mimetismo agresivo del género *Hypoplectrus* (Perciformes: Serranidae). Conferencia temática. ColacMarCuba 2009

CONCLUSIONES

1. Los loci Pam013 y Gag010 no aportaron diferenciación interespecífica en las localidades de colecta para las especies de *Hypoplectrus* estudiadas.
2. A pesar del solapamiento de los nichos ecológicos, existe cierta diferenciación en la composición de las dietas dentro del género *Hypoplectrus* en la localidad de estudio.
3. Existe correlación significativa en la distribución geográfica y espacial de los mímicos del género *Hypoplectrus* y sus respectivos modelos en las zonas estudiadas.
4. El mimetismo agresivo, apoyado por el apareamiento asociativo, es el fenómeno que promueve la especiación simpátrica en el género *Hypoplectrus* a pesar del flujo genético.

RECOMENDACIONES:

- Combinar los censos modelo-mímicos con los video-estudios propuestos por Puebla (2007), incluyendo el resto de las especies.
- Extender el presente estudio a otras localidades de Cuba y el Caribe.
- Realizar crías e hibridación en cautiverio parra estudiar la herencia y variabilidad de los patrones de coloración.
- Analizar otros genes nucleares en busca de diferencias interespecíficas.

CORRESPONDENCIA ENTRE LA RELACIÓN COSTO - BENEFICIO ALCANZADA Y LA PREVISTA (IMPACTO ECONÓMICO, AMBIENTAL, SOCIAL, ETC.)

Impacto científico:

Los resultados presentados contribuirán a incrementar el conocimiento científico en materia de reproducción, conducta y alimentación de peces marinos de Cuba. De igual forma han permitido explorar terrenos poco estudiados en nuestro país y por consiguiente aumentar los conocimientos sobre la biodiversidad y ecología de nuestros peces marinos. De lo anterior se deriva un beneficio palpable para los especialistas de otras instituciones, nacionales y extranjeras, a fin con la temática.

Impacto social y ambiental:

Constituye un aporte importante para el estudio de la biodiversidad marina de Cuba, específicamente de los peces arrecifales. Parte de la información aportada por este estudio formó parte de la conferencia sobre los peces marinos del curso Conozcamos el Mar en Universidad para Todos, en el “II Encuentro Juvenil por el Mar y las Costas” así como en los cursos de capacitación de Operadores Tecnológicos y Entrenadores de Mamíferos Marinos del Acuario Nacional de Cuba. Las dos tesis de diploma derivadas del presente trabajo se encuentran en las bibliotecas del Acuario Nacional de Cuba y del Centro de Investigaciones Marinas (UH) a disposición de especialistas y público en general.

NIVEL DE EJECUCIÓN Y ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO DE GASTOS ASIGNADOS

ELEMENTOS DE GASTOS	2007	2008	2009	TOTAL
Salario	24,7	24,7	24,7	74,1
Salario Complementario (9.09 - Vacaciones)	2,2	2,2	2,2	6,7
SUBTOTAL:	26,9	26,9	26,9	80,8
Seguridad Social (12 % del 1er subtotal)	3,4	3,4	3,4	10,1
Materiales	4,0	5,3	5,3	14,6
Dietas y Pasajes	1,0	1,0	1,0	3,0
Otros Gastos (incluye subcontrataciones)	0,3	0,3	0,3	0,9
SUBTOTAL:	8,7	10,0	10,0	28,6
TOTAL DE GASTOS DIRECTOS	35,6	36,9	36,9	109,4
Indice de Gastos Indirectos	0,2	0,2	0,2	0,2
Total de Gastos Indirectos	5,4	5,4	5,4	16,2
TOTAL DE GASTOS	41,0	42,3	42,3	125,6
Know-How (10% Total Gastos)				12,6
Margen de Utilidad (12% Total Gastos)				15,1
TOTAL GENERAL				153,2

Ejecución real del presupuesto:

	2007	2008	2009	TOTAL
TOTAL DE GASTOS	41,0	42,3	42,3	125,6

REFERENCIAS

- Aceró, A y J. Garzón. (1994): Descripción de una nueva especie de *Hypoplectrus* (PISCES: SERRANIDAE) del Caribe occidental y comentarios sobre las especies colombianas del género. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betin*, 23: 4-14.
- Aguilar-Perera, A. (2004): Variations in Morphology and Coloration in the Black Hamlet, *Hypoplectrus nigricans* (Teleostei: Serranidae). *Caribbean Journal of Science*, Vol. 40, No. 1, 150-154.
- Avise, J. C. (1994): Molecular markers, natural history and evolution. Chapman and Hall. New York. USA: 401.
- Caetano-Anollés G., Bassan B. J., Gresshoff, P. M. (1993): Staining nucleic acids with silver. *Promega Notes* 42, 10.
- Chevalier, P. y G. Gonzáles-Sansón. (2005): Distribución y abundancia del género *Hypoplectrus* (Serranidae) en cuatro localidades de Cuba. *Rev. Invest Mar.* 26(3): 219-227.
- Domeier, M. L. (1994): Speciation in the serranid fish *Hypoplectrus*. *Bull. Mar. Sci.* 54:103-141.
- Estoup A., Solignac M., Harry M., Cournuet J. M. (1993): Characterization of (GT)_n and (CT)_n microsatélites in two insect species: *Apis mellifera* and *Bombus terrestris*. *Nucleic Acid Research* 21, 1427-1431.
- García-Machado, E., P. P. Chevalier Monteagudo, and M. Solignac. (2004): Lack of mtDNA differentiation among hamlets (*Hypoplectrus*, Serranidae). *Mar. Biol.* 44:147-152.
- Graves J.E., Roseblatt R.H. (1980): Genetic relationships of the color morphs of the serranid fish *Hypoplectrus unicolor*. *Evolution* 34(2): 240-245.
- Guitart, D (1985): Sinopsis de los peces marinos de Cuba. (2), 2da edición, Editorial Científico-Técnica, Ciudad de la Habana, Cuba. : 32-38.
- Humann, P. (2002): *Reef Fish Identification, Florida, Caribbean, Bahamas*. 3rd ed., Jacksonville, New World Publ.
- McCartney, M. A., J. Acevedo, C. Heredia, C. Rico, B. Quenoville, E. Bermingham, and W. O. McMillan. (2003): Genetic mosaic in a marine species flock. *Mol. Ecol.* 12:2963-2973.
- Ramon, M. L., P. S. Lobel, and M. D. Sorenson. (2003): Lack of mitochondrial genetic structure in hamlets (*Hypoplectrus* spp.): recent speciation or ongoing hybridization? *Mol. Ecol.* 12:2975-2980.
- Randall, J.E. (1967): Food habits of ref. Fishes of the West Indies. *Mar. Biol.*, 1: 216-225.

Raymond M., Rousset F. (1995) GENEPOP (version 3.3) A population genetics software for exact test and ecumenicism. *J. Hered.*, 86, 248-249.

Salzburger, W. (2008): To be or not to be a hamlet pair in sympatry. *Mol. Ecol.* 17: 1397-1400.

Thresher, R (1978): Polimorphism, mimicry and the evolution of the hamlets (*Hypoplectrus*: Serranidae). Bulletin of Marine Science. 28. (2). : 345-353.

Walsh P. S., Metzger D. A., Higuchi R. (1991): Chelex 100 as medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *BioTechniques* 10, 506-510.

FIGURAS:

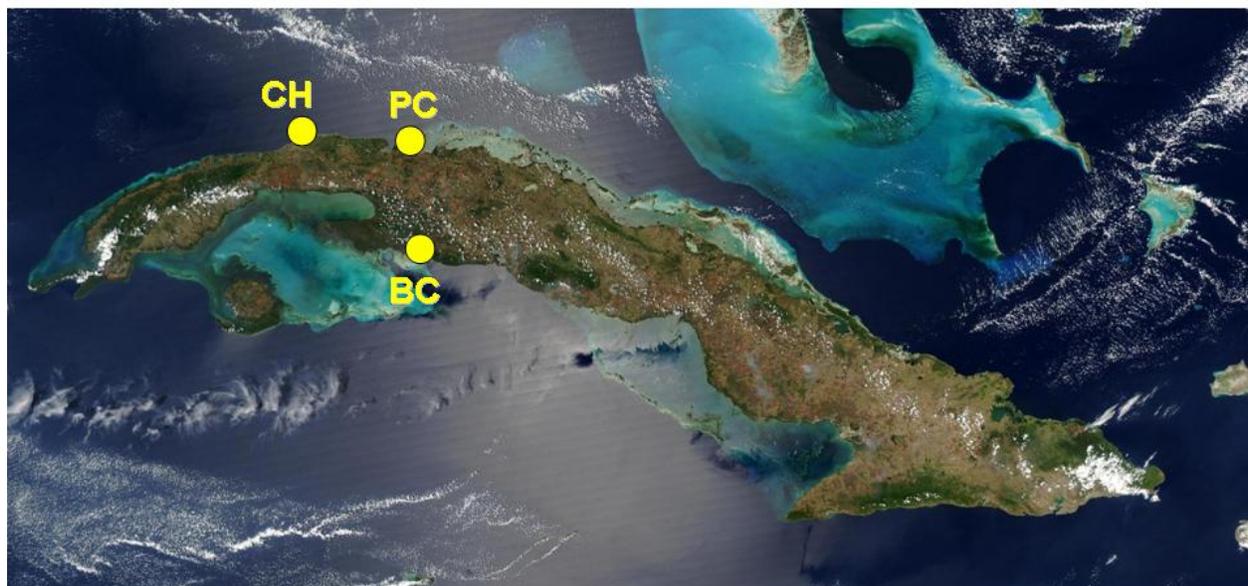


Figura 1. Estaciones de muestreo durante la primera etapa de censos visuales. CH - Náutico (Ciudad de la Habana), PC - Playa El Coral (al este de la Bahía de Matanzas) y BC - Cueva de los Peces (Bahía de Cochinos, Matanzas).

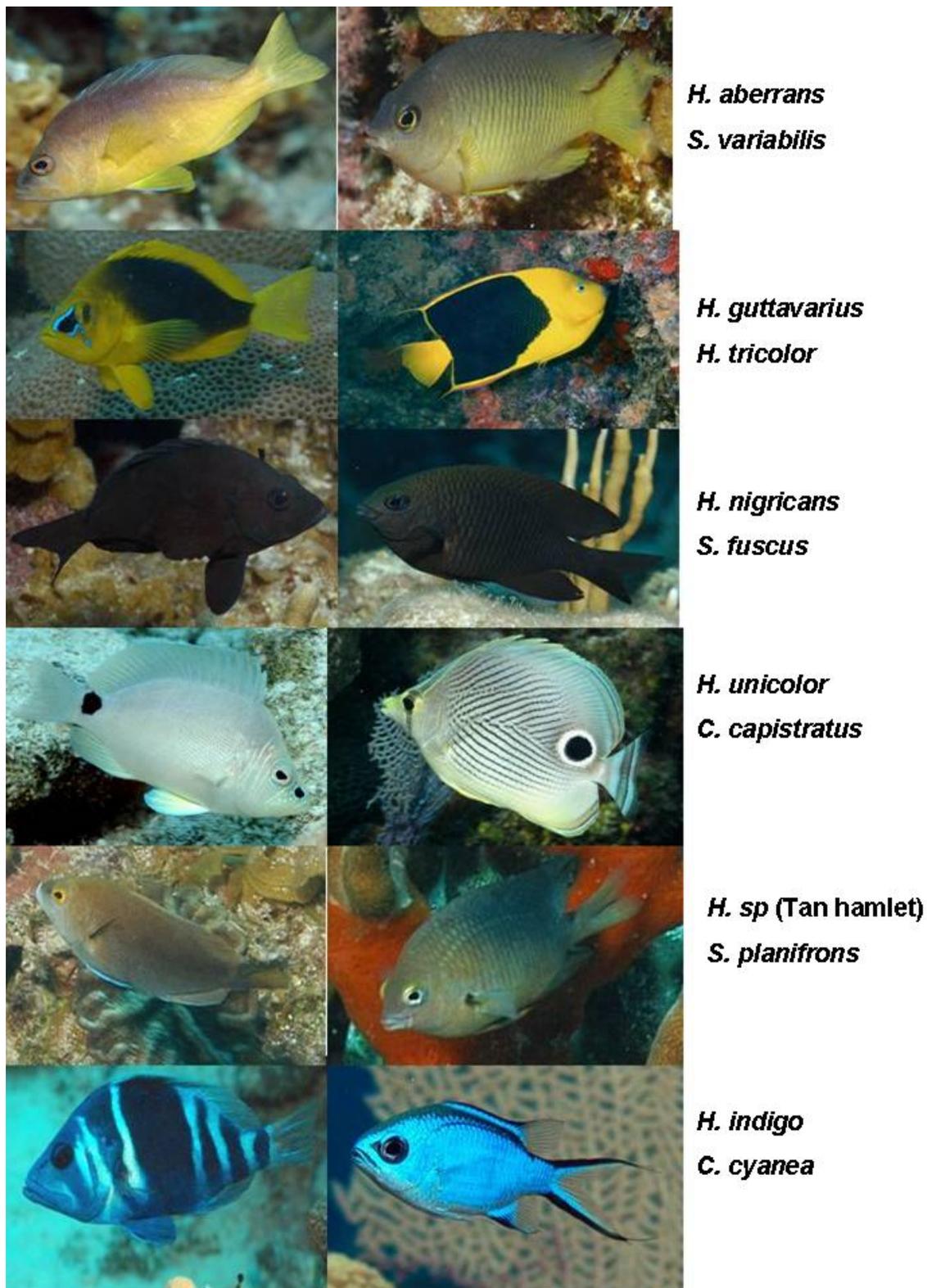


Figura 2. Parejas miméticas censadas en el presente estudio. A la derecha especies del género *Hypoplectrus*, a la izquierda los modelos. De los nombres que aparecen a la izquierda, el superior de cada pareja es el de la foto de la izquierda y el inferior es el de la foto de la derecha.

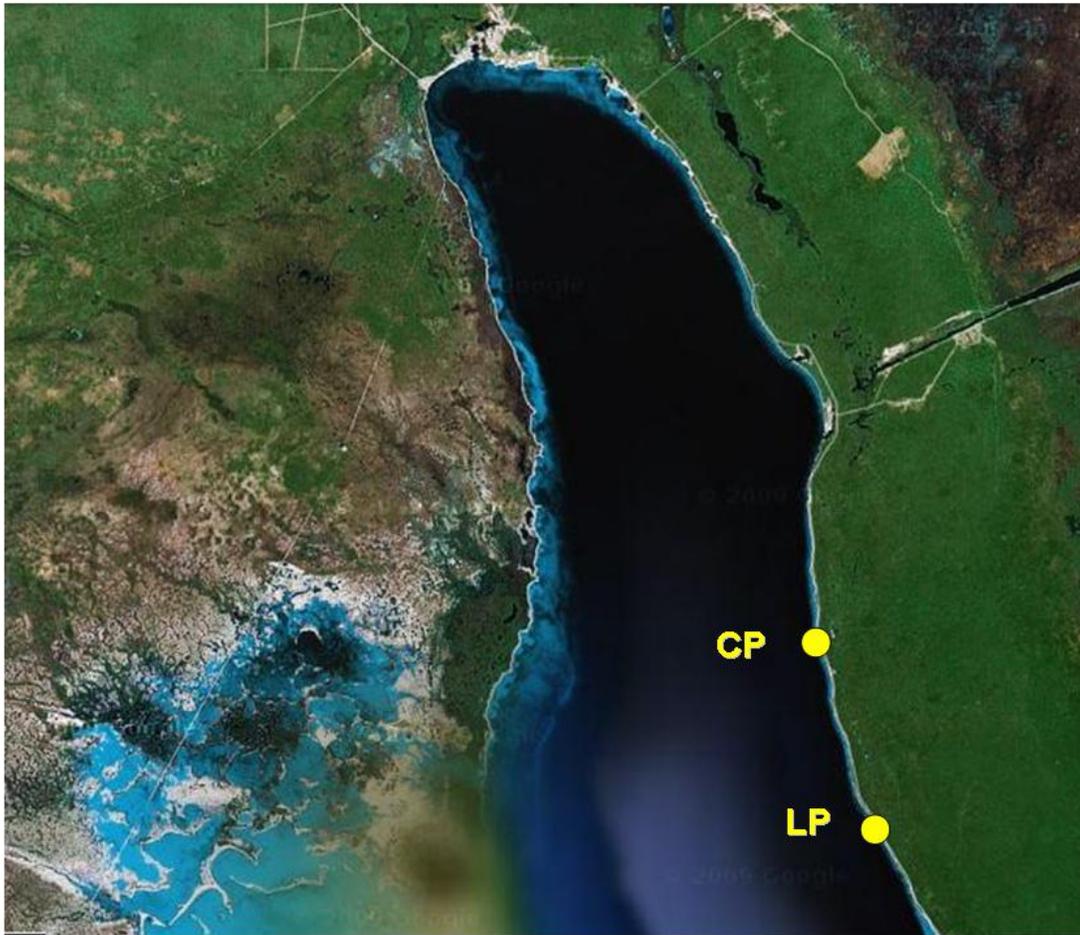


Figura 3. Estaciones de muestreo durante la segunda etapa de censos visuales en Bahía de Cochinos, Matanzas. CP - Cueva los Peces, LP - Los Pinos.

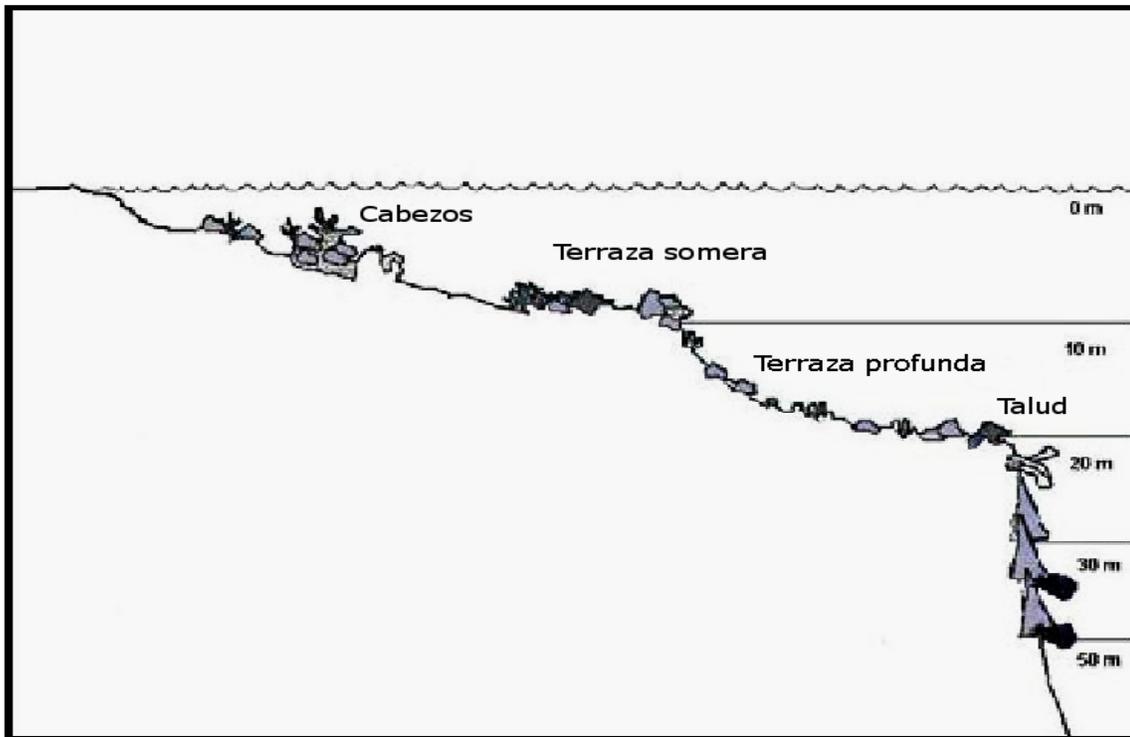


Figura 4. Representación esquemática del lecho marino en las estaciones censadas: Cueva de los Peces y Los Pinos, Matanzas. Cuba.

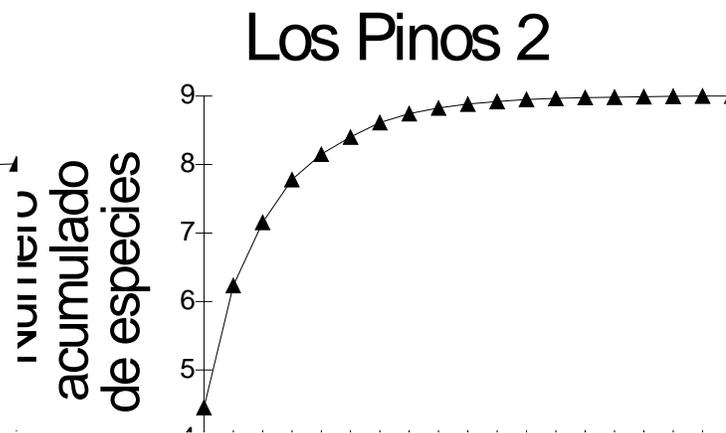
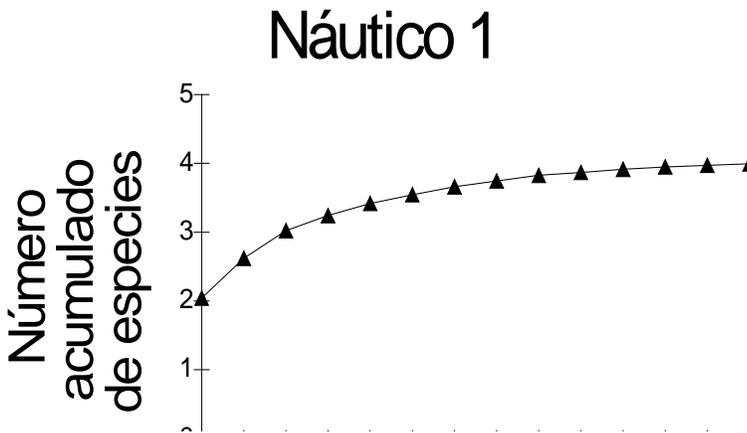
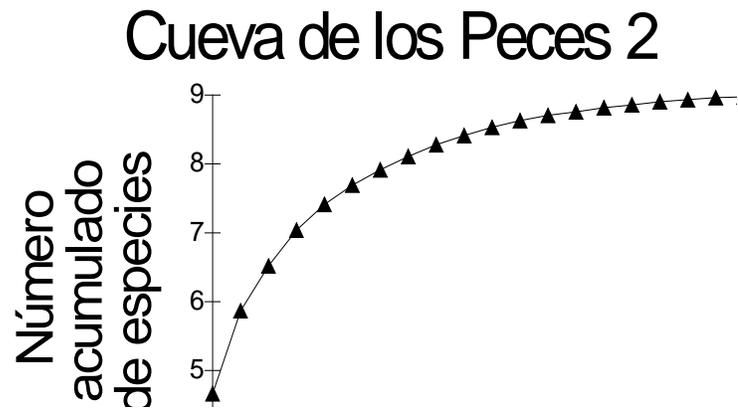
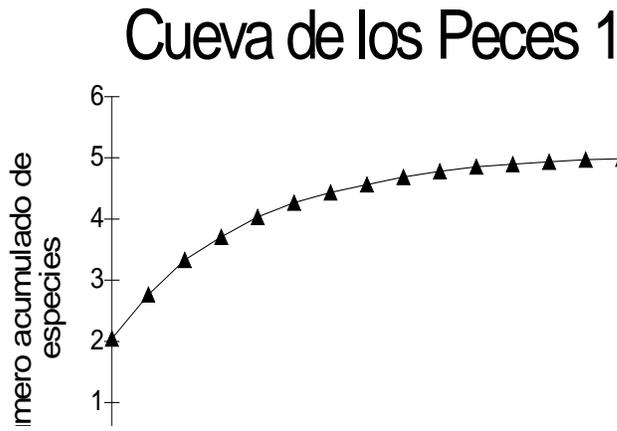
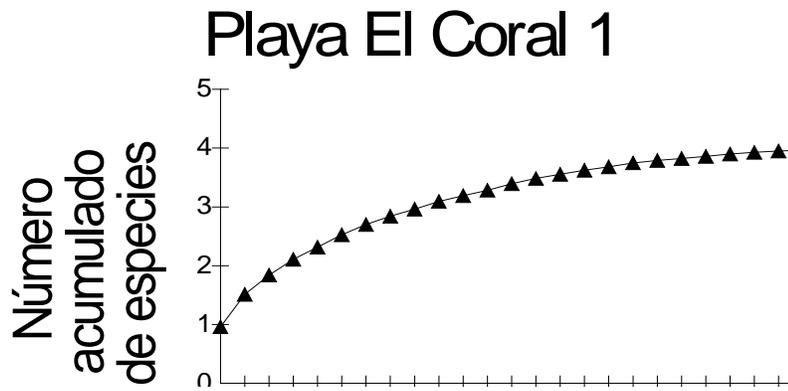


Figura 5. Curvas de número acumulado de especies con relación a las unidades de muestreo para las estaciones censadas durante la primera (1) y segunda (2) etapas de trabajo.

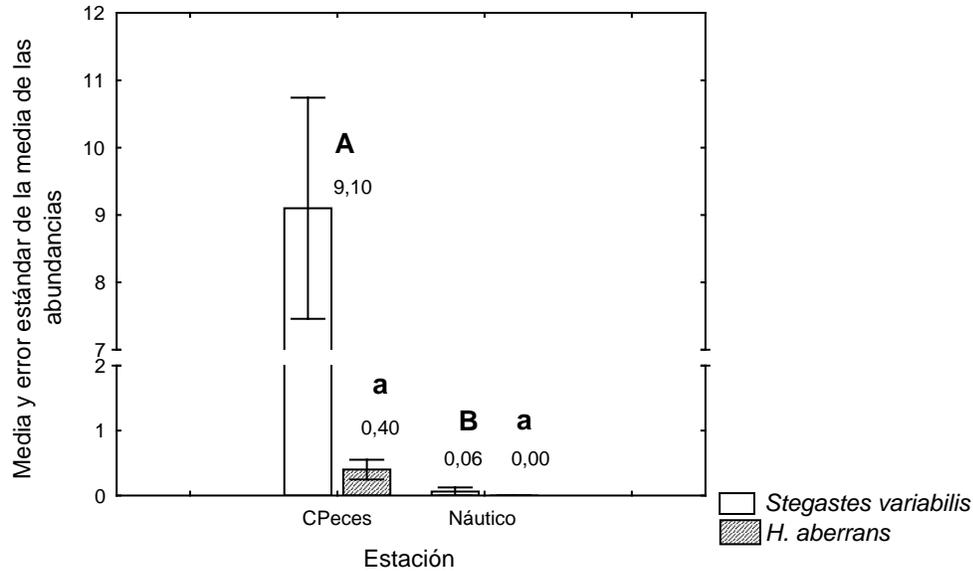


Figura 6. Comparación múltiple de medias (prueba Dunn) de las abundancias de la pareja mimética *Stegastes variabilis* x *Hypoplectrus aberrans* en las estaciones de muestreo. Se usaron mayúsculas diferentes para representar las diferencias significativas entre especies modelos y minúsculas para los mímicos ($\alpha= 0,01$).

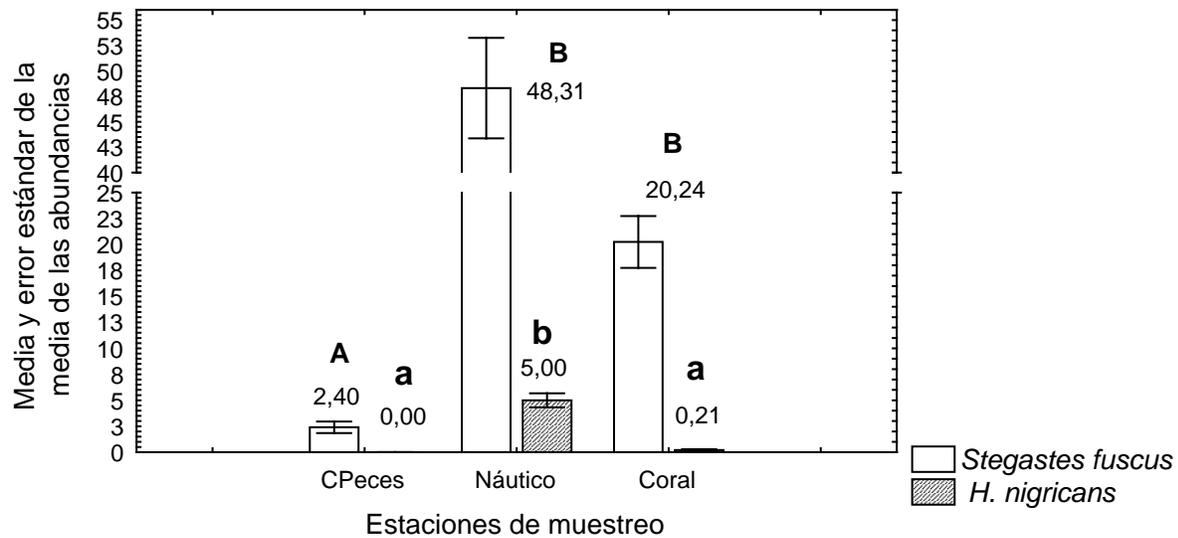


Figura 7. Comparación múltiple de medias (prueba Dunn) de las abundancias de la pareja mimética *Stegastes fuscus* x *Hypoplectrus nigricans* en las estaciones de muestreo. Se usaron mayúsculas diferentes para representar las diferencias significativas entre especies modelos y minúsculas para los mímicos ($\alpha= 0,01$).

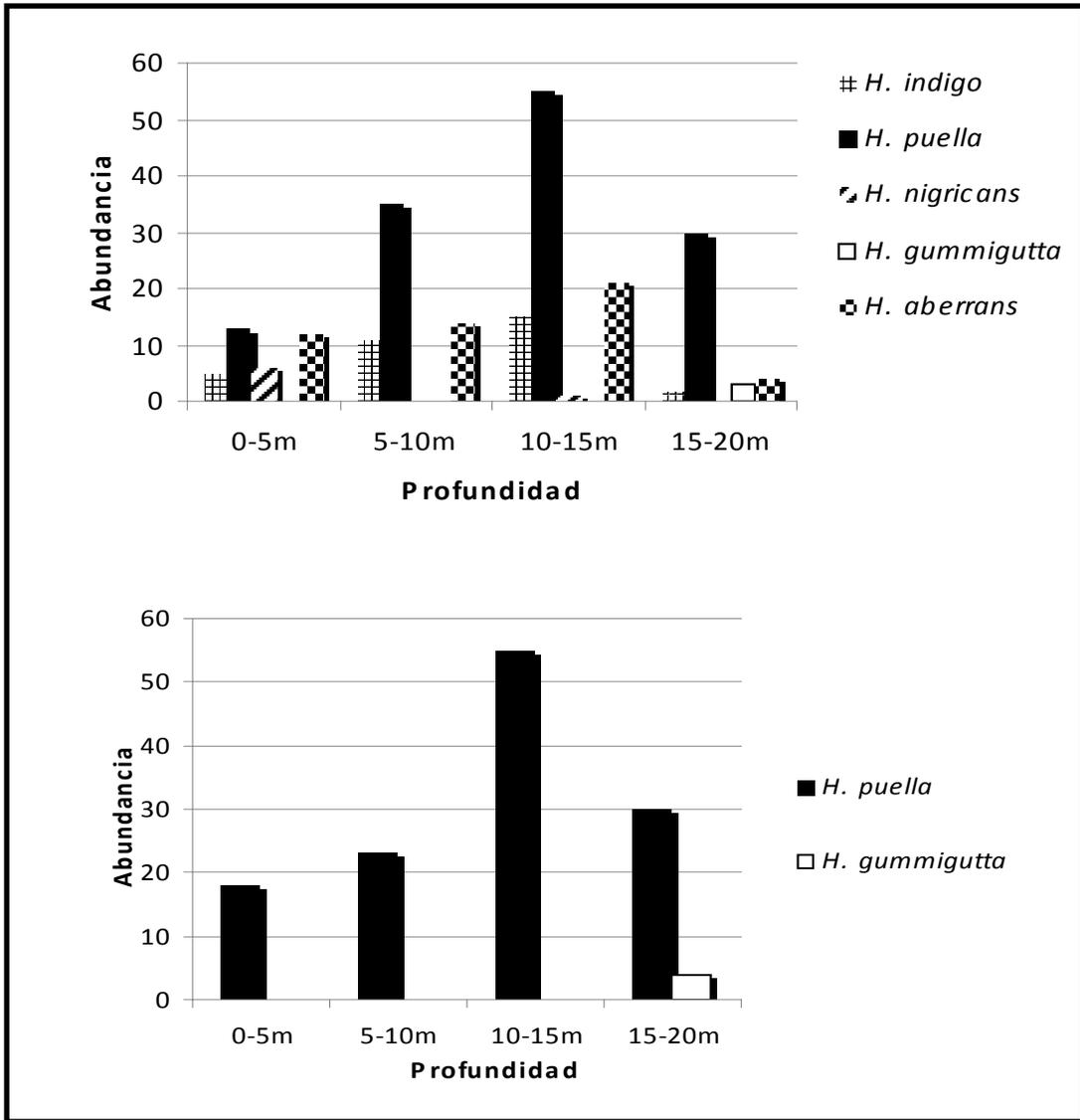


Figura 8. Abundancia de las especies de *Hypoplectrus* que mostraron diferencias con relación a la profundidad según el test de Kruskal-Wallis. Arriba: Cueva de los Peces. Debajo: Los Pinos

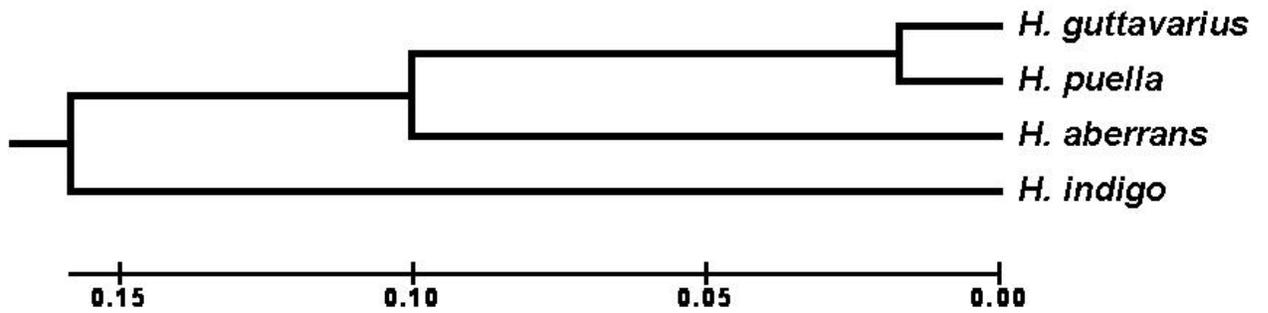


Figura 9. Árbol construido, para el locus Pam013, a partir de las distancias genéticas de Nei (1978) empleando el método de distancias UPGMA.

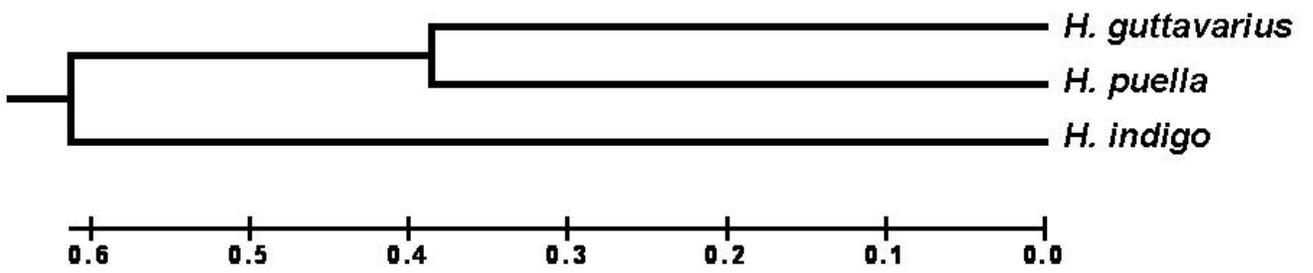


Figura 10. Árbol construido, para el locus Gag010, a partir de las distancias genéticas de Nei (1978) empleando el método de distancias UPGMA.

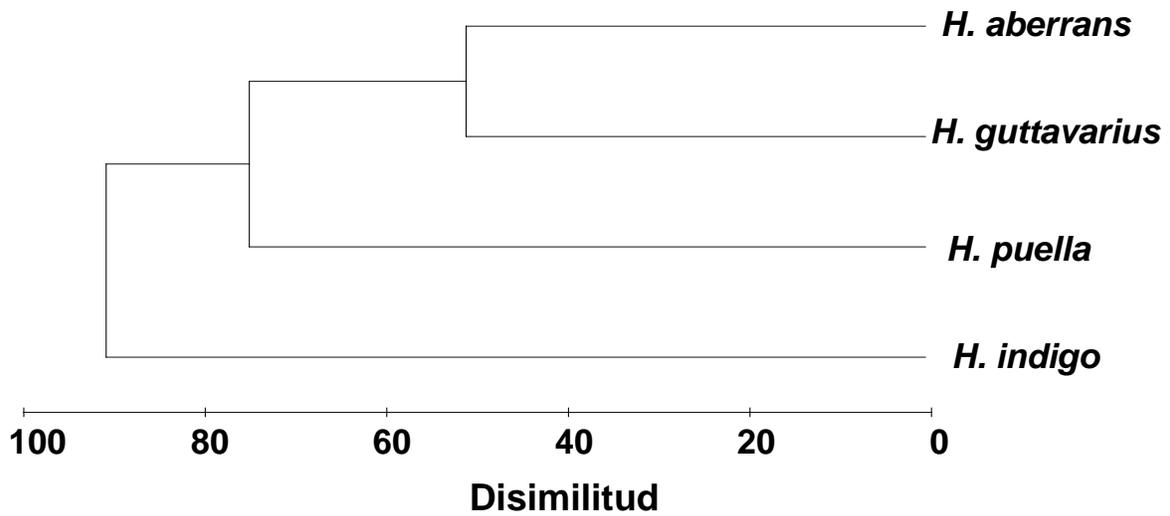


Figura 11. Dendrograma que muestra los resultados de la clasificación de las especies basado en la composición de sus dietas expresada por el método frecuencial.

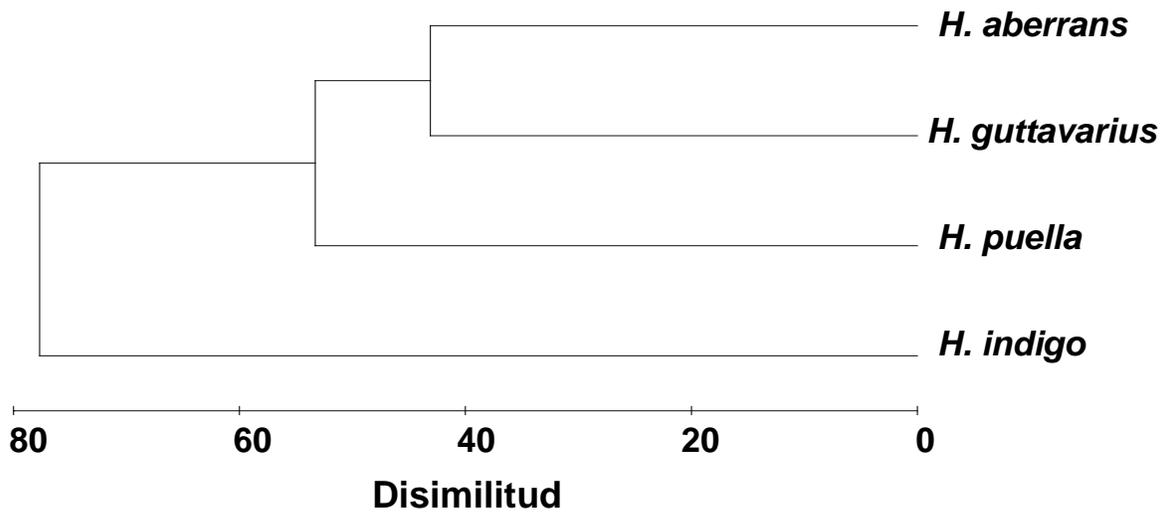


Figura 12. Dendrograma que muestra los resultados de la clasificación de las especies basado en la composición de sus dietas expresada por el método numérico.

TABLAS:

Tabla I: Resultados del ANOVA no paramétrico (Test de Kruskal- Wallis) para las distintas especies del género *Hypoplectrus* durante la primera etapa. En negrita los valores que reflejan diferencias significativas para $\alpha= 0,01$ y $\alpha= 0,001$.

Especies	H	p - nivel
<i>H. indigo</i>	3,800168	0,1496
<i>H. puella</i>	27,97183	0,0000
<i>H. unicolor</i>	3,060465	0,2165
<i>H. nigricans</i>	38,83068	0,0000
<i>H. guttavarius</i>	3,060465	0,2165
<i>H. aberrans</i>	10,89855	0,0043
Tan hamlet	2,0000	0,3679

Tabla II: Resultado del test de Nemenyi de comparación múltiple de medias de las vacas por estación de muestreo. Valores en negrita indican la existencia de diferencias significativas para $\alpha= 0,05$.

<i>Hypoplectrus nigricans</i>	CP	Coral
CP		
Coral	1,473214286	
Náutico	7,526785714	6,05357143
<i>Hypoplectrus puella</i>	Coral	Náutico
Coral		
Náutico	0,714285714	
CP	6,678571429	5,96428571

Tabla III: Número de modelos y mímicos por metro cuadrado en las tres localidades censadas durante la primera etapa. Área muestral total (Amtot), número total de mímicos (Ntot mím), número total de modelos (Ntot mod).

Estaciones	Cueva de los Peces	Náutico	El Coral
Amtot (m²)	4000	3200	4000
Ntot mím	117	111	27
Ntot mod	909	831	494
<i>Hypoplectrus unicolor</i>	0,0008	0,0006	-
<i>Chaetodon capistratus</i>	0,0145	0,0025	0,0273
<i>H. nigricans</i>	-	0,0250	0,0015
<i>Stegastes fuscus</i>	0,0120	0,2416	0,0188
<i>H. guttavarius</i>	0,0008	-	0,0005
<i>Holacanthus tricolor</i>	0,0020	0,0006	0,0053
<i>H. aberrans</i>	0,0020	-	-
<i>Bodianus rufus</i>	0,0028	0,0097	0,0668
<i>Stegastes variabilis</i>	0,0455	0,0003	-
Tan hamlet	0,0003	-	-
<i>Stegastes planifrons</i>	0,1503	-	-

Tabla IV. Número de modelos y mímicos por metro cuadrado en las dos estaciones censadas durante la segunda etapa. Área muestral total (Amtot), número total de mímicos (Ntot mím), número total de modelos (Ntot mod).

Sitios	Estaciones	0-5	5-10	10-15	15-20
	Amtot(m²)	512	332	216	48
	Ntot mim	69	77	92	31
	Ntot mod	3791	3151	3288	699
Cueva de los peces	<i>Hypoplectrus unicolor</i>	0,05	0,06	0,06	0,1
	<i>Chaetodon capistratus</i>	1,26	0,57	0,72	1,49
	<i>Hypoplectrus nigricans</i>	0,03	0	0	0
	<i>Stegastes fuscus</i>	4,31	2,19	0,53	0,11
	<i>Hypoplectrus guttavarius</i>	0	0,01	0,02	0,05
	<i>Holacanthus tricolor</i>	0	0,04	0,01	0,1
	<i>Hypoplectrus aberrans</i>	0,07	0,05	0,16	0,22
	<i>Stegastes variabilis</i>	0,26	1,18	1,76	3,11
	Tan hamlet	0	0	0,02	0
	<i>Stegastes planifrons</i>	3,15	3,64	5,26	3,38
	<i>Hypoplectrus indigo</i>	0,03	0,06	0,54	0,05
	<i>Chromis cyanea</i>	2,31	4,59	6,05	7,27
Los Pinos	<i>Hypoplectrus unicolor</i>	0,05	0,06	0,05	0,05
	<i>Chaetodon capistratus</i>	0,96	0,85	1,29	3,1
	<i>Hypoplectrus nigricans</i>	0,01	0	0,02	0,05
	<i>Stegastes fuscus</i>	3,2	4,82	2,3	0,05
	<i>Hypoplectrus guttavarius</i>	0	0,02	0,02	0,21
	<i>Holacanthus tricolor</i>	0	0,07	0,05	0,01
	<i>Hypoplectrus aberrans</i>	0,02	0,02	0,12	0,16
	<i>Stegastes variabilis</i>	0,13	0,8	2,09	4,16
	Tan hamlet	0	0,01	0,05	0,11
	<i>Stegastes planifrons</i>	1,89	2,56	6,36	3,72
	<i>Hypoplectrus indigo</i>	0,04	0,1	0,08	0,11
	<i>Chromis cyanea</i>	3,79	9,89	13,62	24,31

Tabla V: Resultados del ANOVA no paramétrico (Test de Kruskal- Wallis) para las distintas especies del género *Hypoplectrus* durante la segunda etapa. En negrita los valores que reflejan diferencias significativas para $\alpha= 0,01$ y $\alpha= 0,001$.

	Especie	H	p - nivel
Cueva de los Peces	H. sp. (Tan hamlet)	3,74552	0,2903
	H. aberrans	11,83902	0,0080
	H. gummigutta	9,19355	0,0268
	<i>H. guttavarius</i>	6,25124	0,1000
	H. nigricans	9,02627	0,0289
	<i>H. unicolor</i>	5,70747	0,1267
	H. puella	26,57638	0,0000
	H. indigo	15,40676	0,0015
Los Pinos	H. sp. (Tan hamlet)	6,25164	0,1000
	<i>H. aberrans</i>	6,55002	0,0877
	H. gummigutta	12,39130	0,0062
	<i>H. guttavarius</i>	6,45787	0,0913
	<i>H. nigricans</i>	4,31818	0,2291
	<i>H. unicolor</i>	6,33990	0,0962
	H. puella	11,70920	0,0084
	<i>H. indigo</i>	5,67219	0,1287

Tabla VI. Resultados de la correlación de Spearman aplicada para las parejas miméticas muestreadas durante la primera etapa. En negrita parejas miméticas que presentan correlación positiva. Tamaño Muestral (N). Probabilidad (p).

Parejas miméticas	N	Rangos Spearman	p - nivel
<i>H. unicolor</i> y <i>C. capistratus</i>	65	-0,03279083	0,79539743
<i>H. nigricans</i> y <i>S. fuscus</i>	65	0,60048272	0,00000012
<i>H. guttavarius</i> y <i>H. tricolor</i>	65	0,23066993	0,06450803
Tan hamlet y <i>S. planifrons</i>	65	0,24859432	0,04584589
<i>H. aberrans</i> y <i>B. rufus</i>	65	-0,37134111	0,00232329
<i>H. aberrans</i> y <i>S. variabilis</i>	65	0,48737075	0,00003831

Tabla VII. Resultados de la correlación de Spearman aplicada para las parejas miméticas muestreadas durante la segunda etapa. En negrita parejas miméticas que presentan correlación positiva. Tamaño Muestral (N). Probabilidad (p).

Parejas miméticas	N	Rangos Spearman	p - nivel
<i>H. unicolor</i> & <i>C. capistratus</i>	192	0,218027	0,002382
<i>H. nigricans</i> & <i>S. fuscus</i>	192	0,243618	0,000661
<i>H. guttavarius</i> & <i>H. tricolor</i>	192	0,250644	0,000454
Tan hamlet & <i>S. planifrons</i>	192	0,217442	0,002449
<i>H. aberrans</i> & <i>S. variabilis</i>	192	0,145078	0,044668
<i>H. indigo</i> & <i>C. cyanea</i>	192	0,334529	0,000002

Tabla VIII. Estimación por locus y total de los estadísticos *Fis*, *Fst* y *Fit*.

Locus	Fis	Fst	Fit
Pam013	0.188	0.006	0.193
Gag010	0.453	0.107	0.511
Total	0.313	0.056	0.351

Tabla X. Test de SIMPER. Valores de porcentaje de contribución por las principales entidades a la disimilitud entre los grupos, tanto del método frecuencial como del método numérico.

Método	Entidad	Pares de grupos		
		A-B	B-C	A-C
		Contrib%	Contrib%	Contrib%
Numérico	Periclímenes	38,72	43,33	14,12
	camarones	24,39	0,00	17,03
	C. cyanea	0,00	22,64	20,90
	M. orgánica	0,00	21,91	20,25
Frecuencial	Periclímenes	5,76	14,29	12,06
	camarones	21,58	7,14	8,99
	C. cyanea	0,00	28,57	17,10
	M. orgánica	1,99	28,57	15,90