

**COLONIZACIONES ÍCTICAS ASOCIADAS A ARRECIFES
ARTIFICIALES EN LA BAHÍA DE CHARAGATO, ISLA DE
CUBAGUA, ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA**

MANUEL MANEIRO MÉRIDA¹, LUIS LEÓN SALAZAR² Y ELIZABETH MÉNDEZ DE E.³

¹*Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, UDO-NE, Venezuela.* ²*Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, UDO-NE, Venezuela.*

³*Escuela de Ciencias, UDO-Sucre.*

*Correo electrónico: mpamaneiro@gmail.com, luisleon@ne.udo.edu.ve,
ibaiondo2006@gmail.com*

Resumen. Se evalúan las colonizaciones ícticas asociadas a hábitats artificiales de tipo domo, colocados en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua. Fueron censadas visualmente durante un período de 8 meses, observándose un total de 26 especies pertenecientes a 16 familias. *Diplectrum formosum*, *Orthopristis ruber*, *Haemulon aurolineatum* y *Paralabrax dewegeri* fueron las primeras especies avistadas en todas de las estaciones, y las más comunes a lo largo de todo el estudio. El valor de diversidad más elevado se observó en la estación 3 (2,89 bits/ind) en el mes de febrero 2008 y el más bajo (0,73 bits/ind) en la estación 2, en septiembre 2007, en esta variable se detectó una diferencia significativa entre las 4 estaciones pero no entre los meses del muestreo, debido principalmente a los valores elevados de la estación 3. El registro de equitabilidad más alto fue de 0,95, determinado en la estación 4 en el mes de febrero del 2008, mientras que el más bajo (0,28) correspondió a la estación 2 y ocurrió en el mes de septiembre 2007. No se detectaron diferencias significativas ni entre los 4 grupos de hábitats artificiales ni entre los meses del muestreo para la equitabilidad. Se encontraron diferencias significativas entre las estaciones respecto al número de especies. El valor más elevado se constató en la estación 3 (17 especies) en febrero 2008 y el valor más bajo (4) en la estación 4 para noviembre 2007 y enero 2008. En los meses de muestreo se observó un número de especies semejante para todas las estaciones. La diferencia significativa observada en la estación 3 tanto en la variable diversidad como el de número de especies pudo deberse a su cercanía con un sistema de cultivo de peces y de bivalvos, los cuales atraen peces juveniles y

adultos que pudieron migrar a los domos. *Recibido: 13 Enero 2011, aceptado: 31 Mayo 2011.*

Palabras clave. Peces, arrecifes artificiales, colonización, censos visuales, Mar Caribe.

EVALUATION OF FISH COLONIZATION ASSOCIATED WITH DOME-TYPE ARTIFICIAL REEFS PLACED IN CHARAGATO BAY, CUBAGUA ISLAND, NUEVA ESPARTA STATE, VENEZUELA

Abstract. The fish colonization associated with artificial reef habitats placed in Charagato Bay, Cubagua Island was evaluated. The resulting habitats created were visually surveyed during an eight-month period, and a total of 26 species, belonging to 16 families, were observed. *Diplectrum formosum*, *Orthopristis ruber*, *Haemulon aurolineatum* and *Paralabrax dewegeri* were the first species to be found in every station, being also the most common species found during the survey. The highest diversity value was found in station number 3 (2,89 bits/ind) in February 2008, and the lowest value (0,73 bits/ind) was found in station number 2 in September 2007. Due mainly to the exceptional calculated values of station 3, a significant difference in the diversity value was observed among the stations; however the differences between the monthly surveys were not significant. The highest equitability value found was 0.95 at station 4 in February 2008, and the lowest value of 0,28 was found at station 2 in September 2007. In reference to the dominance, no statistical difference was found among the four stations, or between the different monthly surveys. The highest number of species found was 17 at station 3 in February 2008, while the lowest number of species (4) occurred during November 2007 and January 2008 in station 4. According to this parameter, significant differences were found among the stations, caused by the exceptional results obtained from station 3, but there were no differences between the months. In conclusion, the significant differences found at station 3, both in the number and in the diversity of species could have been caused by the near location of a fish and mollusk aquaculture facility, which might have attracted young and adult fish that could have then migrated to the artificial habitat, thus raising the values of the evaluated parameters at station 3. *Received: 13 January 2011, accepted: 31 May 2011.*

Key words. Fish, artificial reefs, colonization, visual surveys, Caribbean Sea.

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas marinos más productivos del planeta, poseen la mayor diversidad por unidad de área y alojan unas 91000 especies que representan entre el 4 y el 5 % de todas las especies del planeta (James *et al.* 2004). Además, mantienen pesquerías costeras, ofrecen medicinas potenciales, protegen las costas de la erosión y ayudan a sostener la industria del turismo en zonas litorales (Strong *et al.* 2004). No obstante, el desarrollo industrial y los efectos antropogénicos en general, han contribuido a la degradación de las costas, hábitats marinos, ecosistemas y pesquerías, lo cual ha generado una creciente preocupación global.

El Congreso Mundial de Pesquerías (World Fisheries Congress) realizado en el 2004 sirvió de escenario para cuantificar el agotamiento de esta actividad, por tamaño, área y nivel trófico así como la destrucción estructural y la alteración del funcionamiento de los sistemas ecológicos. En este escenario, es claro que la ciencia y la tecnología de la restauración deben enfocar sus esfuerzos para mejorar las funciones o valores de los ecosistemas y así enfrentar y mitigar diversos problemas ambientales (Ramos 2002). Entre estas nuevas tecnologías se encuentran los hábitats artificiales, cuyas primeras construcciones datan de los años 1790 en Japón. El arrecife artificial consta de uno o más objetos de origen natural o contruidos por el humano y colocados a propósito en el suelo marino para influenciar procesos físicos, biológicos o socioeconómicos, relacionados con los recursos marinos vivos. Físicamente, los arrecifes artificiales pueden estar definidos por el diseño, tipo de materiales utilizados en su construcción y funcionalidad de acuerdo a su propósito (Seaman 2000).

En Venezuela, entre los trabajos realizados sobre arrecifes artificiales destacan el de García (1985), el cual desarrolló un sistema de estructuras conformadas por neumáticos y varas de bambú, en la bahía de Pampatar, Isla de Margarita. Perdomo (1999) construyó arrecifes artificiales a base de cemento y de forma cuadrada, apilados en pirámide, como medio para el incremento de comunidades de peces, algas, moluscos, crustáceos y de otros organismos marinos. Asimismo, Cruz (2008) evaluó la colonización de peces en dos tipos de arrecifes: 4 de tipo domo y 4 piramidales, colocados en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, cerca de parches coralinos, y concluyó que los arrecifes artificiales son útiles para la repoblación y atracción de peces, y que la colonización fue similar para ambos tipos.

Se propuso evaluar las comunidades ícticas asociadas a hábitats artificiales tipo domo, colocados en fondos arenosos desprovistos de sustratos duros, en la

Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Estado Nueva Esparta, Venezuela, mediante la realización de censos visuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Se realizó en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, situada en la región nororiental de Venezuela sobre la plataforma continental, entre los paralelos $10^{\circ} 47'$ y $10^{\circ} 51'$ de latitud norte y los meridianos $61^{\circ} 8'$ y $64^{\circ} 14'$ de longitud oeste (Figura 1), a 8 km al sur de la isla de Margarita (Punta de Piedras) y a 20 km al norte de la península de Araya. Cubagua tiene una superficie de $22,4 \text{ km}^2$ con unos 7 km en el eje este oeste y 5 km desde la punta de Charagato, en el norte, hasta la punta de la Vaquita en la costa sur (Cervigón 1997) (Figura 1).

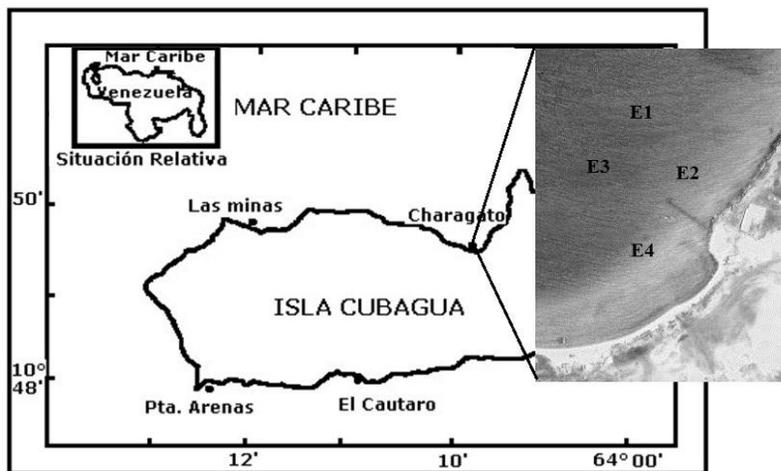


Figura 1. Ubicación de las estaciones donde se colocaron los hábitats artificiales en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua (Fuente: Parra *et al.*, 2007 y Google Earth).

El régimen de corrientes predominante en el norte de la isla es hacia el oeste, y por la configuración geográfica de la bahía existe la posibilidad de que ocurra en esta una refracción de la corriente, originando una circulación de la masa de agua en forma continua; en lo referente al oleaje, se presentan movimientos poco pronunciados durante todo el año, debido a la protección geográfica que representa la isla de Margarita (Tróccoli 1989).

CONSTRUCCIÓN DE LOS HÁBITATS ARTIFICIALES DE TIPO DOMO

Se construyeron 20 unidades de hábitats artificiales utilizando para ello un molde fabricado con planchas de aluminio de 2 mm y cabilla metálica de 5 mm que se cortó en trozos iguales y se le dio forma de domo o iglú con puntos de soldadura. A esta armazón se le colocó por partes la lámina de aluminio hasta recubrirla por completo para posteriormente aplicar una mezcla de concreto compuesta por cemento y arena de premezclado.

El peso final de cada uno de éstos estuvo entre 95 y 100 kg, y con un diámetro de base de 1 metro y 0,60 de altura. Los 20 hábitats fueron colocados en 4 estaciones, a razón de 5 hábitats por estación. La estación 1 estaba a 4,5 m de profundidad y a 220 m de la costa, las estaciones 2 y 4 se ubicaron a 3 m de profundidad y a 50 y 60 m de la costa respectivamente, y la estación 3 a 8 m de profundidad y 234 m de la costa.

MUESTREOS

Los censos visuales fueron realizados una vez al mes, entre las 9am y 12m siempre por el mismo observador, por un periodo continuo de 8 meses, siguiendo los lineamientos generales del protocolo AGRRA – RAP (Atlantic and Gulf Reef Assessment – Rapid Assessment Protocol) (Kramer 2003; Lang 2003). La identificación de las especies se realizó con la ayuda de la guía de identificación de Humann y Deloach (2002). Los datos fueron anotados *in situ* en una tabla acrílica. Cada inmersión (scuba) tuvo una duración de entre 20 y 35 min. El censo visual fue apoyado por fotografías de las especies observadas y videos de las mismas. Además, se hicieron estimaciones del porcentaje de cobertura de los organismos invertebrados y tunicados sésiles que se fijaron sobre las estructuras.

PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS

Se llevaron a cabo registros de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno disuelto y se tomaron muestras de sedimentos en cada estación, los cuales se procesaron según lo indicado en Buchanans (1971). Igualmente se hicieron observaciones mensuales de la transparencia del agua a nivel de los domos.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con los datos de presencia promedio de las especies en los muestreos, se determinó la frecuencia de ocurrencia de las mismas (Bodenheimer 1965; según

Krebs 1989). Asimismo, se elaboraron las curvas de acumulación de especie para cada estación.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa MVSP (Multi-Variate Statistical Package) versión 3.1 (Servicio de Computación Kovach 2010) con el cual se efectuaron los cálculos de diversidad de Shannon-Wiener (H') y equitatividad de Pielou (J). La riqueza se expresó como número de especies. Para comparar los valores de H' , J y riqueza, obtenidos en los diferentes grupos de estructuras entre los meses de muestreo y entre las estaciones, se utilizó la prueba de Kruskal – Wallis y se elaboraron gráficos de cajas y bigotes (Sokal y Rohlf 1979). También se usó el software mencionado para realizar un análisis de disimilaridad de Bray-Curtis (Krebs 1989) entre las abundancias de las especies en las 4 agrupaciones de hábitats artificiales.

RESULTADOS

Los hábitats artificiales construidos con el proceso descrito mantuvieron su integridad y no se movieron durante todo el periodo de muestreo. En los cuatro grupos de hábitats se identificaron un total de 26 especies (Tabla 1) pertenecientes a 16 familias y 4 órdenes.

Los hábitats atrajeron los peces desde el inicio de la experiencia, inmediatamente después de colocar las estructuras en el agua se observaron peces circulando el área donde fueron ubicadas. *Diplectrum formosum*, *Orthopristis ruber*, *Haemulon aurolineatum* y *Paralabrax dewegeri* fueron las primeras especies observadas en todas las estaciones durante el primer muestreo de la experiencia y fueron las más comunes en las 4 estaciones a lo largo de todo el periodo. Las especies más abundantes fueron *Coryphopterus glaucofraenum*, los representantes de la familia Haemulidae y *Diplectrum formosum* (Tabla 1).

Es de mencionar que *Haemulon aurolineatum*, *Haemulon steindachneri*, *Orthopristis ruber* y *Diplectrum formosum* son especies de interés comercial. En las 4 estaciones se observó un asentamiento continuo y constante de invertebrados y tunicados sésiles incluyendo algas y algunos corales, cubriendo desde el primer mes parte de la superficie de los hábitats artificiales (25%), en los meses posteriores se observó un aumento del área cubierta por dichos organismos hasta alcanzar una cobertura mayor estimada del 70% de la estructura para el último mes del muestreo, creando heterogeneidad de origen biológico en la superficie e interior de los módulos. En cuanto a la constancia,

un 29,6 % de las especies censadas fueron constantes, 11,2 % accesorias y un 59,2 % fueron accidentales (Tabla 1).

Tabla 1. Ordenes, familias, especies, nombre común de los peces censados en los domos y su abundancia total y constancia promedio por estación.

Orden-Familia-Especie	Nombre común	E1	E2	E3	E4	Constancia
Orden Anguilliformes						
Familia Ophichthidae						
<i>Ophictus ophis</i>	tieso	2	1	3	3	Accesoria
Familia Muraenidae						
<i>Lycodontis moringa</i>	morena	0	0	5	0	Accidental
Orden Batrachoidiformes						
Familia Batrachoididae						
<i>Amphichthys cryptocentrus</i>	sapo bocón	0	2	2	0	Accidental
<i>Thalassophryne maculosa</i>	sapo cano	0	1	3	1	Accidental
Orden Perciformes						
Familia Gobiidae						
<i>Coryphopterus glaucofraenum</i>	góbido	542	637	328	87	Constante
Familia Labridae						
<i>Lachnolaimus maximus</i>	pargo gallo	0	0	1	0	Accidental
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	loro azul	3	0	2	0	Accidental
Familia Scaridae						
<i>Scarus iseri</i>	loro gris	19	11	18	14	Accesoria
<i>Sparisoma viride</i>	loro manchado	1	0	0	2	Accidental
<i>Nicholsina usta</i>	loro jabonero	3	10	34	8	Accesoria
Familia Carangidae						
<i>Trachinotus falcatus</i>	pampano	0	0	0	5	Accidental
Familia Gerreidae						
<i>Gerres cinereus</i>	mojarra	1	3	5	1	Accidental
Familia Haemulidae						
<i>Haemulon aurolineatum</i>	cuji	476	935	813	777	Constante
<i>Haemulon boschmae</i>	ruyiruyi	237	67	159	112	Constante
<i>Haemulon steindachneri</i>	cherechere	80	49	67	228	Constante
<i>Orthopristis ruber</i>	congo	11	6	16	107	Constante
Familia Lutjanidae						
<i>Lutjanus analis</i>	pargo sebal	0	0	2	0	Accidental
<i>Lutjanus griseus</i>	dientón	0	0	12	0	Accidental
Familia Mulloidichthys						
<i>Mulloidichthys artinicus</i>	salmonete	0	2	1	0	Accidental

Tabla 1. Cont.

Orden-Familia-Especie	Nombre común	E1	E2	E3	E4	Constancia
Familia Priacanthidae						
<i>Priacanthus arenatus</i>	catalana	0	0	25	0	Accidental
Familia Serranidae						
<i>Diplectrum formosum</i>	bolo	106	111	214	336	Constante
<i>Mycteroperca phenax</i>	cuna	1	1	15	1	Constante
<i>Paralabrax dewegeri</i>	vieja	19	10	25	2	Constante
Familia Sparidae						
<i>Archosargus homboidalis</i>	cagalona	3	2	0	0	Accidental
Orden Pleuronectiformes						
Familia Bothidae						
<i>Bothus sp.</i>	lenguado	4	0	2	1	Accidental
Orden Scorpaeniformes						
Familia Triglidae						
<i>Prionotus punctatus</i>	gallineta	0	0	3	0	Accidental

DIVERSIDAD

Los valores de diversidad no mostraron un patrón claro en las estaciones 1, 2 y 4, sin embargo en la estación 3 la diversidad fue en aumento hasta la finalización del muestreo. El valor de diversidad más elevado se observó en la estación 3 (2,89 bits/ind) en el mes de febrero 2008 y el más bajo (0,73 bits/ind) en la estación 2, en septiembre 2007 (Figura 2). Los valores promedios de diversidad fueron 1,51; 1,28; 2,09 y 1,76 para las estaciones 1, 2, 3 y 4 respectivamente (Figura 2).

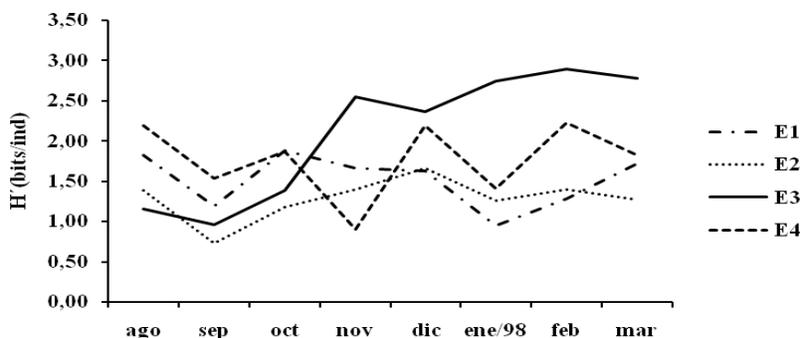


Figura 2. Diversidad íctica (bits/ind) calculada de censos visuales en cuatro grupos de hábitats artificiales colocados en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, entre agosto de 2007 y marzo 2008.

El análisis Kruskal-Wallis ($KW= 6,14$, $P < 0,05$) realizado entre los valores de H' determinados en las 4 estaciones detectó diferencias significativas entre ellas, esta diferencia es originada principalmente por los valores elevados de H' en la estación 3 (Figura 3).

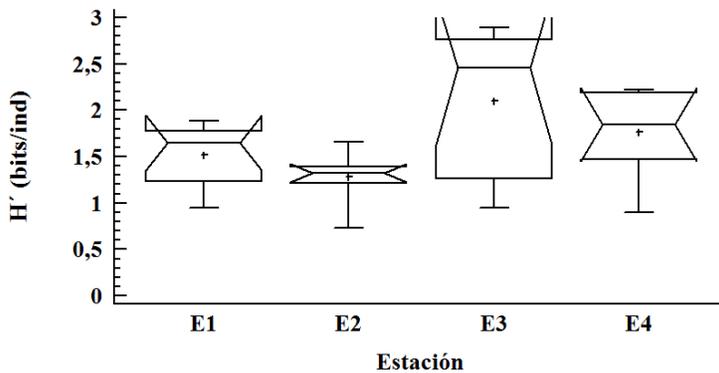


Figura 3. Variación espacial de los valores de diversidad (H') determinados en 4 grupos de hábitats artificiales ubicados en la Bahía de Charagato, Isla deCubagua.

Por otra parte, el análisis realizado entre los valores de H' calculados en los 8 meses de muestreo no detectó diferencia significativa entre ellos ($KW= 7,32$; $P > 0,05$) (Figura 4).

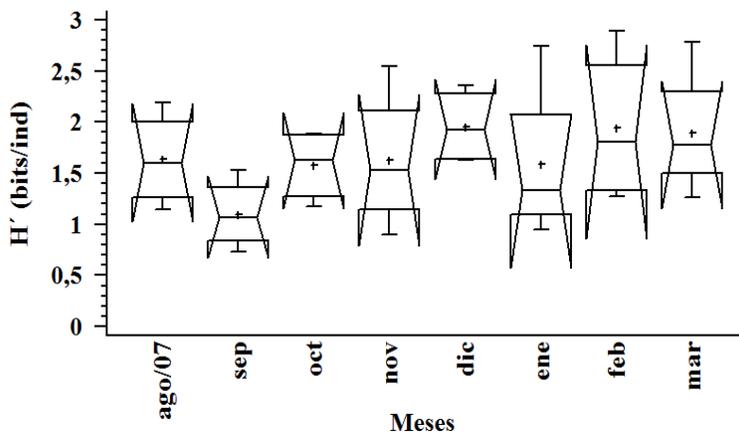


Figura 4. Variación mensual de los valores de diversidad determinados en cuatro grupos de hábitats artificiales, desde agosto/07 hasta marzo/08, en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua.

EQUITABILIDAD

Los valores de equitabilidad más elevados (0,95) se determinaron en la estación 4, en el mes de febrero del 2008, mientras que el valor más bajo (0,28) correspondió a la estación 2 y ocurrió en el mes de septiembre 2007 (Figura 5). Los valores promedios de Equitabilidad fueron 0,56; 0,51; 0,59 y 0,72 para las estaciones 1, 2, 3 y 4 respectivamente (Figura 6)

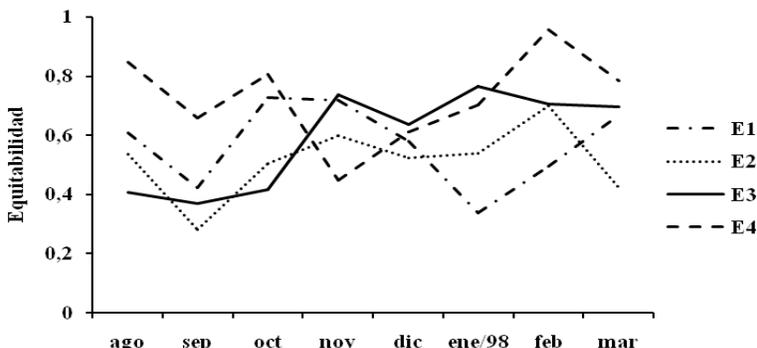


Figura 5. Valores de equitabilidad de la comunidad de peces calculada de censos visuales realizados en cuatro grupos de hábitats artificiales colocados en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, entre agosto de 2007 y marzo 2008.

La prueba de Kruskal- Wallis no detectó diferencias significativas entre los valores de equitabilidad determinados en la comunidad íctica asociada a los 4 grupos de hábitats artificiales ($KW= 7,36$; $P> 0,05$) (Figura 6). Asimismo, la prueba mencionada no mostró diferencias significativas entre los valores determinados en los 8 meses de muestreo ($KW= 5,64$; $P> 0,05$) (Figura 7).

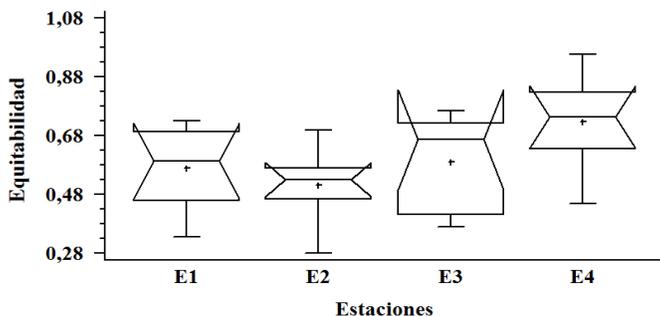


Figura 6. Variación espacial de los valores de equitabilidad (J) determinados de la comunidad de peces asociados a 4 grupos de hábitats artificiales ubicados en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua.

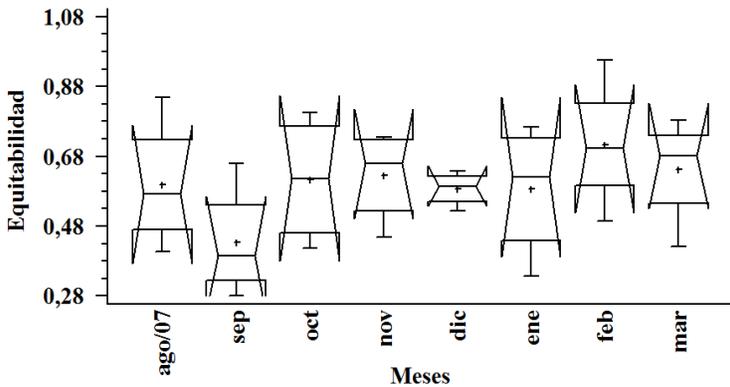


Figura 7. Variación mensual de los valores de equitabilidad (J) determinados en la comunidad de peces asociados a cuatro grupos de hábitats artificiales, desde agosto/07 hasta marzo/08, en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua.

RIQUEZA

La estación 3 mostró un incremento de esta variable a medida que pasaba el tiempo, el valor más elevado fue de 17 especies en el mes de febrero 2008, mientras que el más bajo (4 especies) se observó en las estación 4 en los meses de noviembre 2007 y enero 2008 (Figura 8) Los valores promedio de riqueza fueron: 7; 6; 12 y 6 para las estaciones 1, 2, 3 y 4 respectivamente (Figura 9)

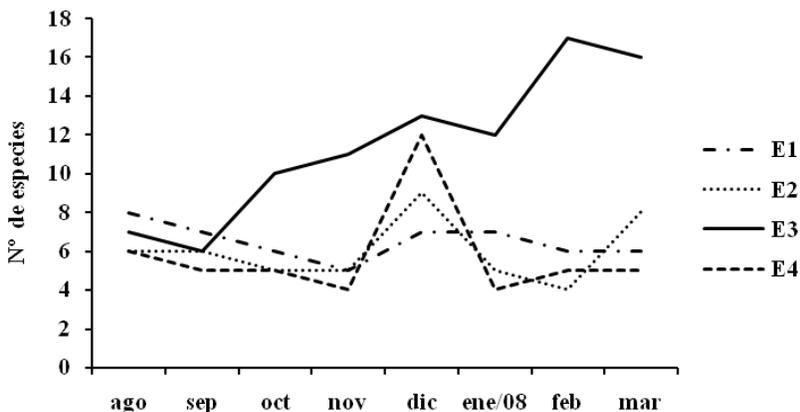


Figura 8. Número de especies de peces determinada en censos visuales realizados en cuatro grupos de hábitats artificiales colocados en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, entre agosto de 2007 y marzo 2008.

La prueba de Kruskal-Wallis detectó diferencias significativas entre las cuatro estaciones (KW= 14,51; $P < 0,05$), originada por los altos valores observados en la estación 3 (Figura 9), la cual está ubicada en las cercanías de las líneas de cultivo de moluscos y de las jaulas de cultivo de peces que posee el Instituto de Investigaciones Científicas (UDO-NE) en la Bahía de Charagato y también de otros hábitats artificiales colocados con fines docentes en el 2006.

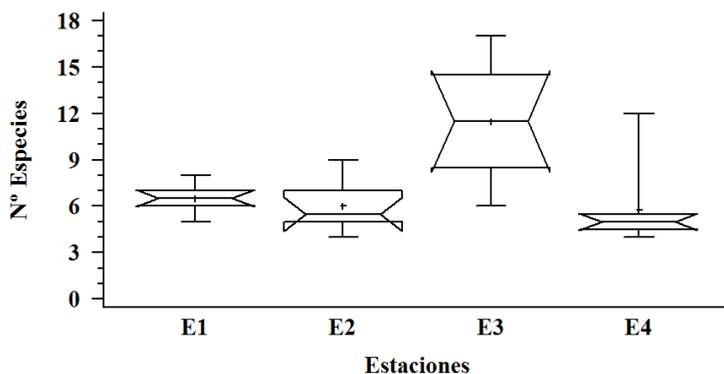


Figura 9. Variación espacial del número de especies observadas en 4 grupos de hábitats artificiales ubicados en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua.

Por otra parte, la prueba no detectó diferencias (KW= 7,08; $P > 0,05$) entre los valores del número de especies censadas en los 4 grupos de hábitats en los diferentes meses de muestreo (Figura 10)

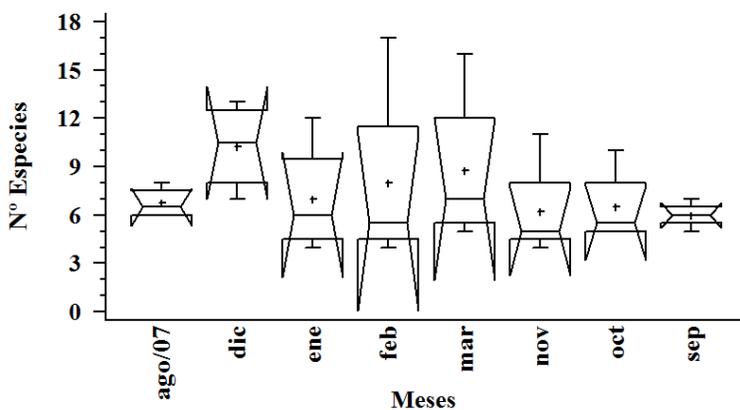


Figura 10. Variación mensual del número de especies observadas en cuatro grupos de hábitats artificiales, desde agosto/07 hasta marzo/08, en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua.

Las curvas de acumulación de especies muestran que en la estación 3 hubo un incremento constante, mientras que en las estaciones 1, 2 y 4 el número de especies que fueron censadas se estabilizó después del quinto muestreo (Figura 11)

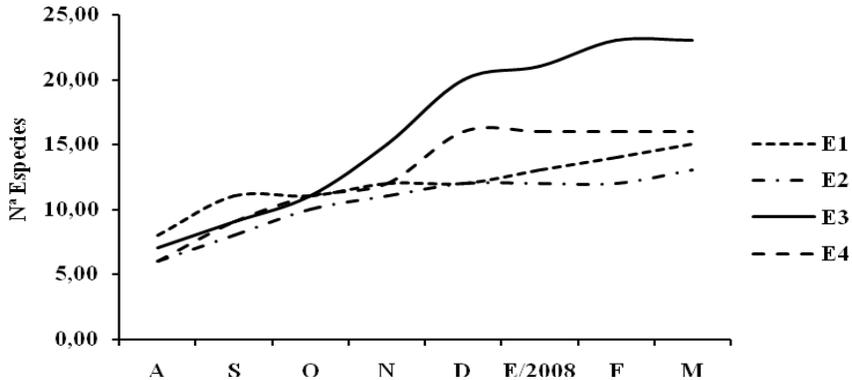


Figura 11. Curvas de acumulacion de especies ícticas en habitats artificiales tipo domo colocados en las Cabeceras, Isla de Cubagua.

DISIMILARIDAD

El mayor valor de disimilaridad se registró entre las estaciones 4 y 1 (0,279) y el menor entre las estaciones 1 y 2 (0,168), Tabla 2. Un valor de cero señala máxima similitud.

Tabla 2. Matriz de disimilitud de Bray Curtis calculada en 4 grupos de habitats artificiales colocados en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua.

ESTACIONES	E1	E2	E3	E4
E1	0			
E2	0,168	0		
E3	0,224	0,215	0	
E4	0,279	0,273	0,263	0

VARIABLES AMBIENTALES

La temperatura superficial promedio fue de 25,4 °C, presentándose el valor más elevado en el mes de noviembre (27,1) y el más bajo en marzo (23,7). La

salinidad promedió 37,1, determinándose el valor más elevado en agosto (37,7) y el más bajo en marzo (36,5). Por otra parte, la concentración de oxígeno disuelto mostró un promedio de 4,7 ml.l⁻¹, encontrándose el valor más elevado de 5,4 ml.l⁻¹ en el mes de marzo y el más bajo de 4,2 en enero (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto determinados en el área de colocación de los hábitats artificiales.

Mes	Temperatura °C	Salinidad	Oxígeno ml.l ⁻¹
Agosto	25,1	37,7	4,3
Septiembre	26,2	37,5	4,5
Octubre	27,0	37,6	5,0
Noviembre	27,1	37,1	4,6
Diciembre	25,0	37,0	4,5
Enero/2008	25,2	36,8	4,2
Febrero	23,9	36,7	5,1
Marzo	23,7	36,5	5,4
Promedio	25,4	37,1	4,7

SEDIMENTOS

Los porcentajes de las distintas fracciones granulométricas de los sedimentos en las 4 estaciones se presentan en la Tabla 4. Como se observa, los sedimentos de los fondos donde se colocaron los hábitats estaban compuestos mayoritariamente por arena media y arena fina, y la fracción limo – arcilla presenta porcentajes bajos, lo que indica que en la zona predominan corrientes que impiden la acumulación de esas fracciones.

Tabla 4. Fracciones granulométricas (%) de los sedimentos colectados en 4 estaciones donde se colocaron grupos de hábitats artificiales, en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua.

Est.	Arena muy Gruesa (%)	Arena Gruesa (%)	Arena Media (%)	Arena Fina (%)	Arena muy Fina (%)	Grava (%)	Limo-Arcilla(%)
E1	4	14	25	49	2	1	5
E2	4	14	25	49	1	1	6
E3	1	16	39	35	2	1	6
E4	1	14	34	30	2	1	18

DISCUSIÓN

Los censos visuales, que comprenden una serie de métodos de identificación y conteo de peces y macroinvertebrados, han sido utilizados en las últimas décadas, y estandarizados por la comunidad científica después de probar con diferentes técnicas (Tessier *et al.* 2005). Una de las ventajas de los censos visuales es que, a pesar de existir métodos comprobados y estandarizados con una metodología específica, estas se pueden adaptar de acuerdo a las condiciones en donde se va a realizar el muestreo, lo que convierte a esta técnica en una herramienta útil en el caso del presente censo en hábitats artificiales.

Existen desventajas en el uso de esta técnica, la más común es la dependencia de la visibilidad que se pueda tener en la zona al momento del muestreo y la subestimación de las especies crípticas (Stewart y Beukers 2000). Otra limitación es la profundidad, se coloca un límite de ella para la aplicación de la técnica (Seaman, 2000).

Los hábitats artificiales construidos con el proceso descrito, mantuvieron su integridad durante todo el muestreo y, aun en julio de 2009, permanecían sin daños aparentes. Seaman (2000) sugiere, entre las condiciones que debe tener un hábitat artificial, que las estructuras deben ser construidas de manera tal que no se desintegren o se fracturen con el paso del tiempo, esto para evitar que los fragmentos puedan ser dispersados y causar problemas de contaminación, como los provocados por hábitats construidos con neumáticos de desecho (EPA 2006) colocados en las costas de Florida, los cuales fueron fragmentados por oleaje fuerte, ocurriendo una dispersión de los neumáticos por una zona de arrecifes naturales. Es de vital importancia mencionar que hay que considerar la posibilidad de que sea necesario mover o retirar las estructuras por causas imprevistas, lo que sería inviable si los hábitats se fracturan.

Las primeras especies de peces atraídas a los hábitats forman parte de la comunidad íctica asociada a los parches arrecifales naturales (Humann y Deloach 2002); como se mencionó, para el primer censo estaban asociados a los hábitats 4 especies *Diplectrum formosum*, *Orthopristis ruber*, *Haemulon aurolineatum*, *Paralabrax dewegeri*. Cruz (2008) en una investigación realizada en dos tipos de arrecifes artificiales, observó una estructura comunitaria íctica muy similar a la reportada en el presente trabajo, cabe mencionar que sus estructuras estaban colocadas en las cercanías de parches de corales escleractinios y hexacoralarios.

La familia Haemulidae fue la más abundante, resultados similares fueron obtenidos por Arena *et al.* (2007) los cuales compararon el asentamiento de peces en un hábitat artificial formado por un barco hundido y un arrecife natural en el sur de Florida y observaron que Haemulidae fue la familia más abundante en el hábitat artificial representando el 46% del total de la abundancia de peces, en cambio en el arrecife natural fue la familia Labridae la que representó el 24% del total de la abundancia. Para estos trabajos también se utilizó el censo visual como técnica de muestreo.

La comunidad íctica que se observó asociada a las estructuras artificiales tienen cierta similitud a las comunidades asociadas a arrecifes naturales como se puede observar en los resultados obtenidos por Méndez *et al.* (2006), donde señalan en un arrecife natural del Parque Nacional Mochima, que las familias Haemulidae y Labridae son las mejores representadas en esa comunidad coralina; lo que también concuerda con los resultados de Alayón (2006) en el Golfo de Cariaco, Estado Sucre, que reportó 4 especies de la familia Haemulidae: *Haemulon aurolineatum*, *H. steindachneri*, *H. flavolineatum* y *H. bonariense*, y 3 de la familia Scaridae: *Scarus iseri*, *Sparisoma viride* y *Nicholsina usta usta*. En lo que mostraron diferencias fue en los valores de constancia ya que las especies accidentales fueron más abundantes que las constantes y accesorias. En los arrecifes naturales son las especies constantes y accesorias las que predominan (Alayon 2006, Rivas 2005). El hecho de ser una comunidad en formación con un corto periodo de vida puede ser la razón de esta diferencia.

Por otra parte, Golani y Diamant (1999) en el golfo de Elat, en Israel, observaron que muchas de las especies censadas durante su experiencia en un arrecife artificial del mar rojo, fueron claramente reclutados de un arrecife natural adyacente. Un ejemplo notable en la rápida aparición de peces mariposa adultos *Chaetodon paucifaciatus* y el dominio de la damisela *Dascyllus trimaculatus*, solo unos días después de haber sido colocadas las estructuras. Estos mismos autores notaron que el asentamiento de invertebrados fue lento y de baja diversidad comparado con estudios similares de otras regiones tropicales, un elemento que retardó potencialmente la llegada, reclutamiento y asentamiento de especies que dependen de los invertebrados para obtener sus nutrientes.

Es posible que la cobertura de los domos utilizados en el presente estudio por parte de invertebrados y tunicados haya favorecido la colonización de estos por los peces; al respecto Boaventura *et al.* (2006) señalaron que la colonización de organismos macrobentónicos en arrecifes artificiales, en la

costa sureste de Portugal, son de vital importancia para las especies de peces que habitan en él, ya que estos proveerán alimento y refugio a especies de interés comercial. En sus resultados, mencionan que 3 meses después de haber comenzado con el experimento, el porcentaje de cobertura total de la superficie de los cubos de concreto colocados como hábitats artificiales excedió el 50% y luego de 6 meses, las muestras estaban totalmente cubiertas y colonizadas. En este trabajo se alcanzó el 70% de cobertura en 8 meses, lo que también es significativo. El crecimiento de organismos sésiles y macrobentónicos, es una demostración clara de que los hábitats artificiales son capaces de iniciar, mantener y en algunos casos aumentar la diversidad y la abundancia de estos organismos, que son similares a los que se encuentran en una arrecife natural (Seaman 1995).

Los valores más elevados de diversidad en la estación 3 pudieron estar asociados al hecho de que esta estación fue la que se ubicó a mayor profundidad (8 m) y con relativa cercanía (30 m aprox.) a los cultivos de peces en jaulas, de ostras perlíferas en linternas y de mejillones en cuerdas (long lines). Dentro de las linternas de cultivo como alrededor de las cuerdas con mejillones, se observaron juveniles y adultos de peces que también eran censados en los arrecifes de la estación 3, a pesar de que no existían arrecifes naturales a menos de 190 m. La agregación de peces a sistemas de cultivo ha sido reportada por varios autores. Es notable en granjas de peces (Dempster *et al.* 2002; Boyra *et al.* 2004; Dempster *et al.* 2005) y también ha sido descrita para granjas de mejillones (Brehmer *et al.* 2003; León y Trujillo 2008). Es posible que parte de los peces que pudieran haberse reclutado en estos sistemas de cultivo o haber llegado como adultos, pasen a los hábitats artificiales adyacentes.

Otro factor importante es la existencia en las cercanías de la estación 3 de algunas estructuras de asbesto-cemento, colocadas como parte de una práctica docente (León, com. pers.). Estas estructuras ya tenían 16 meses en el fondo cuando se iniciaron los censos y pueden haber atraído asentamientos de peces que migraran a los hábitats censados en el presente estudio.

En las otras estaciones, los valores de diversidad mostraron variaciones pero sin un patrón claro. Es posible que estos hábitats de las estaciones 1, 2 y 4 no recibieran tantos reclutas ni migraciones de hábitats naturales, debido a que distaban más de 200 metros de estas. Un comportamiento muy particular se observó en la estación 4, la cual estaba a 3 m de profundidad y cercana a la costa arenosa de esa zona de la bahía, donde se observaron ejemplares de pámpano *Trachinotus falcatus* que no se censaron en otras ubicaciones. En

trabajo realizado en arrecifes naturales de Las Cabeceras en Cubagua, Rivas (2005) señala que los valores de diversidad obtenidos fue de 2,4 y 3,2 bits/ind y los del presente trabajo 2,89 bits/ind. Ambos están por encima del promedio de diversidad para todo el Caribe que varía entre 2,30 y 2,50 bits/ind. (Alevizon *et al.* 1984).

Los valores de equitabilidad medidos (promedio entre 0,51 y 0,72) sugieren que no hubo dominancia acusada marcada de ninguna especie en particular, unido a esto no se detectaron diferencias significativas para esta variable, ni entre las 4 estaciones ni entre los meses de muestreo; esto quiere decir que el número de individuos para cada especie fue proporcional, lo que indica un equilibrio entre las especies que se encontraron en el arrecife, que es una característica de las comunidades coralinas. Valores parecidos de equitabilidad fueron obtenidos por Alayón (2006) en un parche coralino en el Golfo de Cariaco con una equitabilidad media de 0,733 y Parra *et al.* (2007) reporta en 7 arrecifes frangeantes del golfo de Cariaco equitabilidades entre 0,637 y 0,868. Teixeira (2006) en un arrecife en Río de Janeiro, Brasil, reporta un valor de equitabilidad de 0,88. Los valores obtenidos en este trabajo se asemejan a los valores de equitabilidad de un arrecife natural lo que indica un equilibrio adecuado para el desarrollo de la fauna asociada a la estructura artificial, corroborando las hipótesis de que los hábitats artificiales si pueden parecerse, ecológicamente hablando, a un arrecife natural con cierto grado de madurez.

Las 9 especies constantes fueron también las de mayor abundancia, hecho que fue similar en las 4 estaciones, (Tabla 1), eso determinó, en gran parte, que los valores de la disimilaridad señalen una alta semejanza entre los 4 grupos de arrecifes artificiales, ya que todos los valores estaban más próximos a cero que es la máxima similitud. En ambientes naturales próximos se dan resultados semejantes, Méndez *et al.* (2008) reporta en 9 arrecifes de la costa sur del golfo de Cariaco valores de similaridad inferiores a 0,5, atribuyéndolo a que la estructura coralina es muy parecida entre ellos (predominio de *Millepora alcornis* en un 40%), que la profundidad es muy poca (promedio de 3 m) y que la extensión de cada arrecife también era similar, en promedio 200 m, condiciones semejantes a las que presentan los arrecifes colocados en Cubagua.

El número de especies en arrecifes naturales cercanos supera lógicamente los valores observados en el presente trabajo. Por ejemplo, Rivas (2005) reportó un total de 34 especies en un arrecife natural en las Cabeceras en la Isla de Cubagua, que poseía un área aproximada de 1600 m², y el área total ocupada

por los arrecifes artificiales en el presente estudio fue de 400 m² aproximadamente, área mucho menor que el arrecife natural en las Cabeceras. Asimismo, Cruz (2008) observó en su trabajo unas 32 especies asociadas a los arrecifes artificiales, siendo este, un número mayor de especies observadas que las censadas en el presente trabajo (26 especies). Esto pudo deberse a que los hábitats utilizados por Cruz 2008 fueron colocados entre parches coralinos naturales, mientras que los arrecifes utilizados en el presente trabajo fueron colocados alejados de comunidades arrecifales.

Goliani y Diamant (1999) reportaron un total de 80 especies en el Golfo de Eilat en tres arrecifes artificiales construidos con un vehículo anfíbio hundido, un evaporador cilíndrico de metal y un andamiaje de metal para construcción, en un período de 3 años, pero detallan que en los primeros 8 meses obtuvieron un total de 21 especies, valor que se acerca al observado en el presente trabajo. Teixeira (2006) reportó en un arrecife natural en las costas de Río de Janeiro en Brasil, 67 especies de peces en un periodo de 2 años, estos resultados comparados con hábitats artificiales muestran que pudieran alcanzar y en algún momento inclusive superar a los arrecifes naturales en número de especies presentes.

Es importante destacar que en algunos de los muestreos se observaron nasas de pesca cercanas a las estaciones 3 y 4, lo que pudiese evitar el asentamiento de nuevas especies al ser atraídas y capturadas por esos artes de pesca y explicaría la escasa presencia de especies de las familias Lutjanidae y Serranidae. Se ha evidenciado que la extracción indiscriminada de peces de estas familias, trae como consecuencia el aumento del número de especies e individuos de Haemulidae, ya que no tendrían depredadores naturales ni competencia (Caballero *et al.* 2004).

El fondo donde se colocaron los arrecifes era arenoso y no es común observar en esas zonas peces como *Mycteroperca phenax* y *Paralabrax dewegeri*, entre otros característicos de sustratos más estructurados. Pero observando la tabla de abundancia se puede inferir que los arrecifes sí influyeron en la aparición de peces de interés comercial como: *T. falcatus*, *H. steindachneri*, *O. ruber*, *L. griseus*, *L. analis*, *P. arenatus*, *D. formosum*, *M. phenax* y *P. dewegeri*. Seaman (1995, 2000) menciona que el aumento de ciertas pesquerías en áreas donde se han colocado arrecifes artificiales, se debe a la disponibilidad inmediata de refugio y de alimento que ofrecen estas estructuras después de cierto tiempo de haber sido colocados en el fondo marino. Este es el valor agregado de tales elementos, como beneficio para las

comunidades de pescadores artesanales al ver incrementado su potencial de pesca.

Las variables ambientales medidas se encontraban dentro de los límites soportados por los arrecifes y siguiendo el patrón anual de la surgencia costera que ocurre en esta región (Muller-Karger *et al.* 2001; León y Trujillo 2008; Pirela 2005; Tróccoli 1989). Seaman (2000) menciona, que es importante tomar en cuenta estas variables ya que cambios bruscos en la temperatura del agua en el lugar donde están colocados los hábitats artificiales, podrían alterar la vida de los organismos asociados a la estructura y a los que dependen de ella, y que bajos niveles de oxígeno podrían ser perjudiciales para su desarrollo. Este no es el caso en la isla de Cubagua donde se demostró que el empleo de los arrecifes artificiales contribuye a incrementar la comunidad íctica en zonas de escasa diversificación del espacio como son los fondos arenosos.

LITERATURA CITADA

- ALAYÓN R. 2006. Análisis de la comunidad íctica de un parche arrecifal del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de grado, Dpto. de Biología, Univ. de Oriente, Cumana, 45 pp.
- ALEVIZON W., RICHARDSON R., PITTS P. Y SERVISS G. 1984. Coral zonation and patterns of community structure in Bahamian reef fishes. *Bol. Cien. Mar.* 36(1B): 304-318.
- ARENA P., K. JORDAN Y R. SPIELER. 2007. Fish Assemblages on Sunken Vessels and Natural Reefs in Southeast Florida, USA. *Hydrobiologia.* 580:157-171.
- BOAVENTURA D., A. MOURA, F. LEITÃO, S. CARVALHO, J. CÚRDIA, P. PEREIRA, L. CANCELA Y M. SANTOS. 2006. Macrobenthic colonization of artificial reefs on the southern coast of Portugal (Acão, Algarve). *Hydrobiologia.* 555: 335-343.
- BOYRA A., P. SÁNCHEZ-JEREZ, F. TUYA, F. ESPINO Y R. HAROUN. 2004. Attraction of wild coastal fishes to Atlantic subtropical cage fish farms, Gran Canaria, Canary Islands. *Environ. Biol. Fish.* 70(4):393-401.
- BREHMER P., F. GERLOTTO, J. GUILLARD, F. SANGUINÈDE, Y. GUÉNNEGAN Y D. BUESTEL. 2003. New applications of hydroacoustic methods for monitoring shallow water aquatic ecosystems: the case of mussel culture grounds. *Aquat. Living Resour.* 16 (3): 333-338.
- BUCHANANS J.B. 1971. Measurement of the physical and chemical environment. Sediments. In *Methods for the study of the marine benthos*, Holme, N. A. and A. D. McIntyre (Eds). IBP Handbook 16. Blackwell, Oxford and Edinburg. pp 30-52.
- CABALLERO H., P. CHEVALIER, G. VARONA, A. CÁRDENAS, L. PASTOR, A. PÉREZ-HERNÁNDEZ Y Y. GARCÍA. 2004. Componentes más comunes de la fauna del arrecife de coral de la costa oriental de la Bahía de Cochinos, Cuba: corales, esponjas, gorgonaceos y peces. *Rev. Invest. Marinas* 25(1):37-44.
- CERVIGÓN F. 1997. Cubagua 500 años. Fundación Museo del Mar. Caracas Venezuela. 96 pp.

- CRUZ A. 2008. Comparación de dos diseños de arrecifes artificiales en relación a la ictiofauna en la Isla de Cubagua, Estado Nueva Esparta, Venezuela. Trabajo de Grado. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias Básicas Bogotá, Colombia. 63 pp.
- DEMPSTER T., P. SÁNCHEZ-JEREZ, J. BAYLE-SEMPERE, F. GIMÉNEZ-CASALDUERO Y C. VALLE. 2002. Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term temporal variability. *Marine Ecology Progress Series*. 242: 237–252.
- DEMPSTER T., D. FERNÁNDEZ-JOVER, P. SÁNCHEZ-JEREZ, F. TUYA, J. BAYLE-SEMPERE, A. BOYRA Y R. HAROUN. 2005. Vertical variability of wild fish assemblages around sea-cage fish farms: implications for management. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 304: 15–29.
- ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY OF UNITED STATES (EPA). 2006 National Guidance: Best Management Practices For Preparing Vessels Intended to Create Artificial Reefs [documento en línea] disponible: <http://www.epa.gov/owow/oceans/habitat/artificialreefs/index.html>. Fecha consulta 24 septiembre 2008.
- GARCÍA S. 1985. Arrecifes Artificiales en la Bahía de Pampatar, Estado Nueva Esparta. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Departamento de Biología. Cumaná, Estado Sucre. 65 pp.
- GOLANI D. Y A. DIAMANT. 1999. Fish Colonization of an Artificial Reef in the Gulf of Eilat, Northern Red Sea. *Environ. Biol. Fishes*. 54: 275-282.
- HUMANN P. Y N. DELOACH. 2002. Reef Fish Identification. Edit. New World Publications, INC. Florida, 3ra edición. 481 pp.
- JAMES W., NY B. Y D. MARK. 2004. Marine Biology an Ecological Approach. Edit. Pearson. San Francisco, USA. 35: 52-56.
- JIMÉNEZ J.L., C. ROMÁN-VALENCIA Y M. CARDONA. 1998. Distribución y constancia de las comunidades de peces en la quebrada San Pablo, cuenca del Río La Paila, Alto Cauca, Colombia. *Rev. Actual. Biol.* 20: 21-27.
- KRAMER R. Y J.C. LANG. 2003. Appendix One. The Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) protocols: former Version 2.2. Pp. 611-624 in J.C. Lang (ed.), Status of Coral Reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program. *Atoll Res. B.* 496.
- KREBS C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row Publishers, New York. 654 pp.
- LANG J.C. 2003. Caveats for the AGRRA “Initial Results Volume.” Pp. xv-xx in J.C. Lang (ed.), Status of Coral Reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program. *Atoll Res. B.* 496.
- LEÓN L. Y E. TRUJILLO. 2008. Crecimiento y engorde de la ostra perlífera *Pinctada imbricata* cultivada en long-line, en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. Informe presentado al FONACIT, proyecto 2000001360. 56 pp.
- MÉNDEZ E., L. RUIZ, A. PRIETO, A. TORRES, A. FARIÑA, S. SANT, J. BARRIOS Y B. MARIN. 2006. Comunidad íctica de una franja arrecifal del parque Nacional Mochima, Venezuela. *Cienc. Mar.* 32(4):683-693.

- MÉNDEZ DE E.E., A. FARIÑA, P. SUAREZ, J.G. NUÑEZ, R. ALAYÓN Y C. RIVAS. 2008. Ictiofauna arrecifal de la costa sur del golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. I Congreso Ibero-Americano de Oceanografía. Fortaleza, Brasil
- MULLER-KARGER F., R. VARELA, R. THUNELL, M. SCRANTON, R. BOHRER, G. TAYLOR, J. CAPELO, Y. ASTOR, E. TAPPA, T. HO Y J. WALSH. 2001. Annual cycle of primary production in the Cariaco Basin: Response to upwelling and implications for vertical export J. Geophys. Res, 106: 4527–4542.
- PARRA B., L. RUIZ Y A. PRIETO. 2007. Índices Ecológicos y Parametros Biométricos de Haemulidae en la Zona Costera de la Isla de Cubagua, Venezuela. Zootecnia Tropical. 25(1): 51-61.
- PERDOMO C. 1999. Caracterización Biológica de la Formación Coralina de la Refinería El Palito, y la Utilización de arrecifes artificiales como medida de recuperación. Trabajo de Grado. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. Boca del Río, Estado Nueva Esparta. 79 pp.
- PIRELA E. 2005. Hidrografía y cambios estructurales del fitoplancton de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, durante el período abril 2003 marzo 2004. Tesis de Grado. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Boca de Río. 84 pp.
- RAMOS A. 2002. Arrecifes Artificiales como Medidas de Restauración de Habitats Marinos Costeros. Ecosistemas. Año XL.1.
- RIVAS C. 2005. Estructura de las comunidades ícticas asociadas a formaciones coralinas en “Las Cabeceras” isla de Cubagua, Venezuela. Tesis de Grado. Universidad de Oriente. Núcleo Nueva Esparta. Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Boca de Río, Nueva Esparta, Venezuela. 69 pp.
- SEAMAN W. 2000. Artificial Reef Evaluation, With Application to Natural Marine Habitats. CRC Press. Boca Raton, Florida. USA.
- SEAMAN W. JR. 1995. Artificial habitats for fish. Encyclopedia of Environmental Biology. Academic Press, New York. pp. 93-94.
- SOKAL R. Y F. ROHLF. 1979. Biometría. Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica. H. Blume Ediciones. 832 pp.
- STEWART B.D. Y J.S. BEUKERS. 2000. Baited technique improves censuses of cryptic fish in complex habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser. 197: 259-272.
- STRONG A., G. LIU, J. MEYER, J. HENDEE Y D. SAXO. 2004. Coral Ref. Watch 2002. B. Mar. Sci. 75 (2): 259-268.
- TEIXEIRA L. 2006. Estrutura das comunidades de peixes recifais em três localidades no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Universidad federal Fluminense, Rio de Janeiro. Brasil. 57 pp.
- TESSIER E., P. CHABANET, K. POTHIN, M. SORIA Y L. LASSERRE. 2005. Visual censuses of tropical fish aggregations on artificial reefs: slate versus video recording techniques. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 315(1):17-30.
- TRÓCCOLI L.E. 1989. Análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. Tesis de Postgrado. Universidad de Oriente. Instituto Oceanográfico. 71 pp.