

## **¿Atracción o Producción en Hábitats Artificiales? Una Revisión**

ALBERTO ROSALES, ERNESTO RON, y GABRIELA PÉREZ-CASTRESANA

*Universidad de Oriente Boca del Rio, Isla de Margarita, Porlamar, Nueva Esparta, Venezuela*

### **RESUMEN**

Durante décadas el papel de los hábitats artificiales ha sido aumentar la captura artesanal de peces de diferentes especies para el consumo local, en la actualidad con la aplicación de una mejor tecnología estos hábitats se han convertido en una valiosa herramienta para el manejo medioambiental. Sin embargo, aún existen muchas preguntas sobre el papel de los hábitats artificiales como entes productivos capaces de establecer el equilibrio con su entorno, o si su función es convertirse en entes atrayentes de las poblaciones de organismos de los arrecifes naturales cercanos, propiciando la redistribución de las poblaciones, aumentando la susceptibilidad a la mortalidad por pesca y/o natural. Investigaciones señalan que los hábitats artificiales son herramientas eficientes en la producción de peces, incrementando la biomasa total en el ecosistema, pero alguna de estas evaluaciones no toman en consideración aspectos de la dinámica poblacional y ecología de las especies que colonizan estos hábitats como: las interacciones entre ellas y el medio ambiente, además con los diseños experimentales utilizados durante las experiencias es difícil sustentar con fuerza la hipótesis de producción; dejando una brecha que da paso a la hipótesis de atracción para explicar el patrón de "producción", y determinar los efectos que puede tener la colocación de estos hábitats en el área de distribución de las poblaciones que lo colonizan. También se ha señalado, que estos hábitats pueden convertirse en buenas herramientas para comprobar las hipótesis existentes sobre el mantenimiento de la diversidad en los arrecifes naturales, con base en diferentes aspectos como el reclutamiento y la competencia en peces. En este trabajo se discuten aspectos de diferentes ensayos experimentales que han utilizado estas estrategias y su utilidad para la preservación y uso sustentable de los ecosistemas.

**PALABRAS CLAVES:** Hábitats artificiales, atracción, producción, peces

### **Attraction or Production of Fishes by Artificial Habitats? A Review**

For decades the role of artificial habitats has been to increase the artisanal catch of different species of fish for local consumption. Now with the implementation of better technology, these habitats have become a valuable tool for environmental management. However, there are still many questions about the role of artificial habitats as productive entities capable of establishing equilibrium with their environment, or whether their role is to become attractive to local populations of organisms from natural reefs nearby, encouraging the redistribution of populations and increasing the susceptibility to fishing mortality and/or natural mortality. Research indicates that artificial habitats stimulate the production of fish to increase total biomass in the ecosystem, but some assessments that support this hypothesis do not take into account aspects of population dynamics and ecology of species that colonize these habitats, as well as the influence of physico-chemical parameters in these habitats to support more strongly the hypothesis of production. This leaves a gap for the attractive hypothesis to explain and determine the effects, which may have the placement of these habitats in the range of populations that colonize it. Also, it is suggested that these habitats can be good tools to test hypotheses on the maintenance of existing diversity in the natural reefs based on different aspects, such as recruitment and competition in fish. This work discusses various aspects of experimental trials that have used these strategies and their usefulness to the preservation and sustainable use of ecosystems.

**KEY WORDS:** Artificial habitats, attraction, production, fish

### **L'Attraction ou la Production des Poissons dans les Habitats Artificiels? Une Évaluation**

Depuis des décennies, le rôle des habitats artificiels est d'augmenter les captures artisanales de différentes espèces de poissons pour la consommation locale, maintenant avec la mise en œuvre de meilleures technologies, ces habitats sont devenus un outil précieux pour la gestion de l'environnement. Toutefois, il existe encore de nombreuses questions sur le rôle des habitats artificiels comme des entités productives de nature à établir l'équilibre avec leur environnement, ou si son rôle est de devenir attractif pour les populations locales d'organismes provenant de récifs naturels à proximité, en favorisant la redistribution des populations, l'augmentation de la sensibilité à la mortalité par la pêche et/ou la mortalité naturelle. Des recherches indiquent que les habitats artificiels stimulent la production de poissons pour augmenter sa biomasse totale dans l'écosystème, mais certaines évaluations qui appuient cette hypothèse ne tiennent pas compte des aspects de la dynamique des populations et de l'écologie des espèces qui colonisent ces habitats, ainsi que l'influence des propriétés physico-chimiques des paramètres dans ces habitats pour soutenir plus fortement l'hypothèse de la production, laissant un vide qui mène à l'hypothèse séduisante d'expliquer et de déterminer les effets, qui pourrait avoir le placement de ces habitats dans la gamme de populations qui les colonise. Aussi, il est suggéré que ces habitats pourraient être de bons outils pour tester les hypothèses sur le maintien de la diversité existante dans les récifs naturels, basées sur différents aspects tels que le recrutement et la concurrence chez le poisson. Cet ouvrage examine différents aspects des tests expérimentaux qui ont utilisé ces stratégies et leur utilité pour la préservation et l'utilisation durable des écosystèmes.

**MOTS CLÉS:** Habitats artificiels, attraction, production, poisson

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo señalado en la literatura, hasta la fecha se han creado muchos modelos de hábitats artificiales (Fujita *et al.* 1996, Relini *et al.* 2007, Sherman *et al.* 1999, Szedlmayer 1994), considerándose diferentes materiales en el diseño de las estructuras en términos de su composición química y niveles de heterogeneidad estructural (Kress *et al.* 2002, Luckens 1997, Relini *et al.* 2007, Thanner *et al.* 2006) así como la aplicación de mecanismos que incrementan la tasa de calcificación y el crecimiento de las comunidades coralinas (electrodeposición) (Hilbertz, 1979).

A lo largo de la historia se han sumergido estructuras de madera (Seaman 1995), concreto (Bohnsack *et al.* 1994, Leitão *et al.* 2008, Seaman 1995, Seaman 2007, Sherman *et al.* 1999), cauchos (Collins *et al.* 2002, Sinis 2000), metales (Chandler *et al.* 1985, Kerr 1996) etc., de dimensiones variadas, abarcando desde una pequeña superficie de 1m<sup>2</sup> (Reef Ball) (Sherman *et al.* 1999) hasta centenares de metros, cuando se han hundido barcos y diferentes maquinarias de grandes dimensiones (Luckens 1997).

Actualmente en varios países del mundo, se están incrementando los esfuerzos en la mejora del diseño, la colocación y la evaluación de los hábitats artificiales (Bortone 2006). Entre estos países se encuentran: Australia, Filipinas, Japón, Italia, España, Portugal, Turquía, Grecia, Israel, Brasil, Cuba y México (Seaman 2002); por otra parte en Venezuela, hace no más de seis meses, (Universal, 06 de Marzo y 01 de Abril de 2009) se dio a conocer en la prensa nacional una iniciativa para fomentar el despliegue de un plan nacional de creación de arrecifes artificiales a partir de los barcos pesqueros en desuso.

Desde sus principios, el papel de los hábitats artificiales en ambientes acuáticos ha sido aumentar la captura artesanal de peces y otros organismos para el consumo local (Lindberg 1997, Medina y Serra 1987). En la actualidad, con la aplicación de una mejor tecnología, estos hábitats se han convertido en una exitosa herramienta para el manejo medioambiental (Seaman 2007). Carr y Hixon (1997) señalan que los hábitats artificiales pueden mitigar el impacto generado por el crecimiento de las pesquerías sobre los ecosistemas naturales y contribuir con el mantenimiento de los stocks de las especies explotadas.

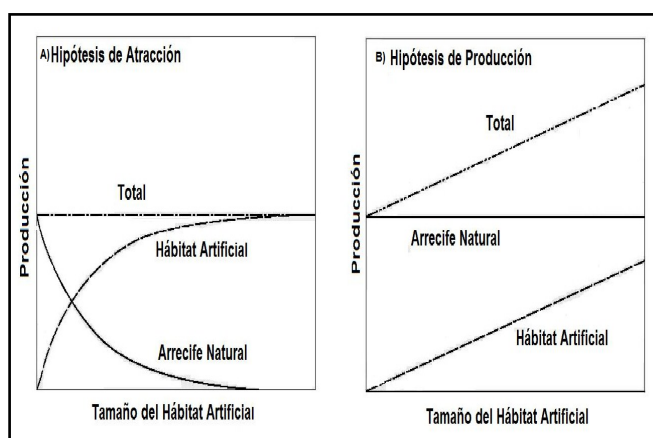
Sin embargo, estos planteamientos no han sido bien sustentados, y existen muchas interrogantes al respecto. Aún no se sabe con certeza si los hábitats artificiales actúan como entes productivos capaces de establecer el equilibrio con su entorno y autosostenerse en el tiempo, o si simplemente son entes atrayentes de los organismos de los arrecifes cercanos, que propician la redistribución de las poblaciones, haciéndolas más susceptibles aún a la mortalidad por pesca o a la mortalidad natural (Bohnsack 1989, Carr y Hixon 1997, Lindberg 1997).

Dentro de este contexto, la siguiente revisión intenta describir y discutir algunas experiencias previas, basadas en la construcción y despliegue de hábitats artificiales a fin de evaluar las siguientes dos hipótesis en cuanto al papel de

los hábitats artificiales y su aporte a la producción total de peces del sistema.

### Hipótesis de ATRACCIÓN de Peces

La hipótesis de atracción predice que los hábitats artificiales simplemente redistribuyen y atraen a los peces, que se han asentado previamente en los arrecifes naturales cercanos (Bohnsack 1989, Brickhill *et al.* 2005). Osenberg *et al.* (2002) plantean que los hábitats artificiales no incrementan la producción total de peces en el medio marino, ya que el aparente incremento en la producción de peces en dichos hábitat artificiales, es producto del desplazamiento de los peces de los arrecifes naturales aledaños (Figura 1).



**Figura 1.** Representación esquemática de la relación entre la producción de peces de arrecifes y el tamaño del arrecife artificial, en la visión de las hipótesis de: A) Atracción y B) Producción. Tomada y modificada de Osenberg *et al.* (2002).

Estos investigadores sostienen que un incremento en el tamaño del hábitats artificial puede favorecer el desplazamiento de peces, pero hasta un nivel máximo, luego del cual, un incremento en el área no producirá un mayor desplazamiento o un incremento de las poblaciones de peces. No se produce un incremento, ya que el número máximo de peces que puede habitar en un arrecife artificial, más que depender del tamaño del mismo, depende de la cantidad de peces presente en el arrecife natural aledaño, puesto que son ellos (y no los hábitats artificiales) los que actúan como entes productores de peces y por lo tanto regulan el tamaño de las poblaciones de peces presentes en el hábitat artificial.

En este sentido se plantea que los hábitats artificiales actúan como entes atrayentes, más que productores, generando una disminución de las poblaciones de peces de los arrecifes naturales (por el desplazamiento hacia los hábitat artificiales) (Polovina 1989).

Se argumenta entonces, que no ocurre un aumento en la producción total del sistema; esta permanece constante, ya que el único efecto que genera el arrecife artificial es el cambio en la distribución de los peces en el espacio.

### Hipótesis de PRODUCCIÓN de Peces

Esta hipótesis parte del principio de que los hábitats artificiales sí contribuyen o aumentan la producción total de peces en el medio marino, porque existe un aumento en la capacidad de carga (Figura 1). Estos hábitats artificiales no actúan como entes atractores de peces y no afectan la dinámica de los arrecifes naturales (Bohnsack 1989).

En este sentido, Osenberg *et al.* (2002) sostienen, que la producción de peces en el hábitat natural permanecerá inalterada en presencia del hábitat artificial, ya que no se producirán desplazamientos o migraciones de peces fuera del mismo. Asimismo, el arrecife artificial proporcionará hábitats disponibles que pueden ser colonizados por peces juveniles, que por el efecto de la competencia (por el espacio) en los arrecifes naturales no podrían reclutarse exitosamente.

En consecuencia, la producción total del sistema aumentará en respuesta al incremento en la producción de peces en el hábitat artificial (más no en el natural), ya que estos aumentan la capacidad de carga del sistema.

Es importante señalar que las hipótesis planteadas son pocos flexibles en sus consideraciones teóricas, y aparentemente están enmarcadas en una escala temporal limitada, sin hacer consideraciones a largo plazo.

En la hipótesis de ATRACCIÓN se plantea que el hábitat artificial no contribuye con el incremento de la producción total del sistema. Simplemente se produce una redistribución de peces, lo cual afecta la dinámica de las poblaciones de peces de los arrecifes naturales cercanos (Osenberg *et al.* 2002); no obstante las preguntas que surgen al respecto son las siguientes:

¿Los espacios disponibles que se crearían en el arrecife natural (producto del desplazamiento de los adultos) no podrían ser colonizados por peces juveniles? ¿Esto no incrementaría la producción total del sistema? Asimismo, ¿La disminución del tamaño de las poblaciones de peces del arrecife natural no reduciría el efecto de competencia? ¿Esto no tendría un efecto favorable sobre el crecimiento individual (peso-talla) y la fecundidad de los individuos, y se traduciría en un incremento de la producción total del sistema?

Por otro lado, aún cuando se plantea en la hipótesis de PRODUCCIÓN que, la producción total de peces del sistema se incrementa por el aumento en su capacidad de carga producto del establecimiento del arrecife artificial, sin afectar la dinámica del arrecife natural, esto es difícil de considerar, ya que dichos arrecifes no se encuentran aislados y están espacialmente aproximados. En este sentido, un aumento de la producción de peces de un grupo trófico en particular (Bohnsack *et al.* 1994, Jordan *et al.* 2005, Randall 1963) (en el hábitat artificial), podría afectar el equilibrio del ecosistema natural si ocurre un desplazamiento de estas especies hacia los arrecifes naturales (Leitão *et al.* 2008). Un aumento de las poblaciones de carnívoros probablemente generaría una mayor presión sobre los herbívoros disminuyendo sus poblaciones. Esto

podría desencadenar un efecto en cascada, es decir un efecto sucesivo sobre los niveles tróficos inferiores. En consecuencia, la disminución en las poblaciones de herbívoros pudiese favorecer el crecimiento de las algas, las cuales al poseer tasas de crecimiento muy superiores a los corales, podrían ocupar los lugares disponibles a ser reclutados por las larvas de coral. Asimismo, las algas podrían crecer sobre los corales, afectando su salud, así como la estabilidad de las comunidades arrecifales (Burke y Maidens 2005).

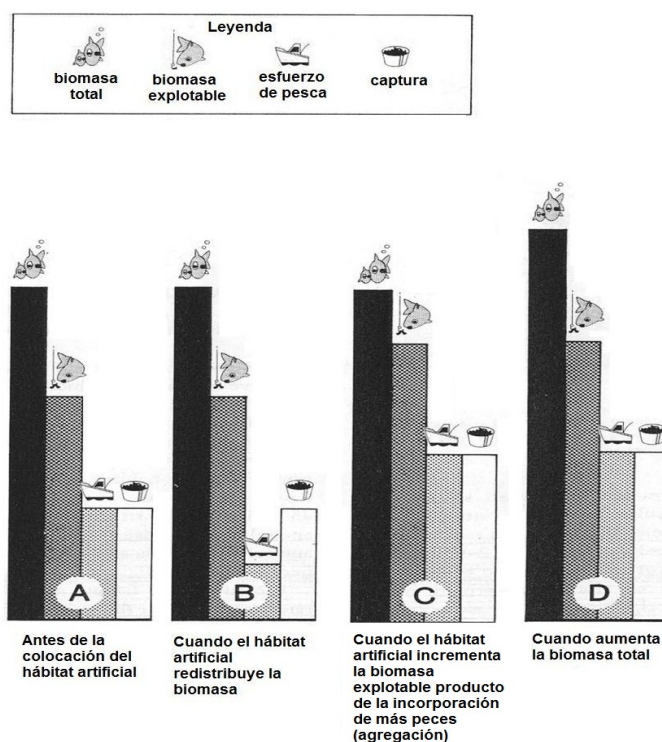
Ahora bien, independientemente de las debilidades de las hipótesis propuestas, es necesario evaluar la influencia que pueden generar los arrecifes artificiales sobre el esfuerzo y la producción pesquera considerándose los escenarios descritos por las hipótesis de atracción y producción.

Al respecto, Seaman (1995) ha descrito 4 diferentes escenarios donde se muestra la relación entre la biomasa total del sistema, la fracción explotable de esa biomasa, el esfuerzo pesquero aplicado y la producción pesquera obtenida, de acuerdo a si el arrecife artificial actúa como un ente productor o atractor de peces. En la Figura 2, se muestra el primer escenario ilustrándose la relación entre las variables mencionadas pero en ausencia de estructuras artificiales. Este primer escenario sirve como punto de partida o referencia para comparar los escenarios en presencia de arrecifes artificiales.

En dicho escenario A, se observa que la biomasa explotable es evidentemente, una fracción de la biomasa total, y existe una relación directa entre el esfuerzo y la producción pesquera. En el resto de los escenarios se evalúan las relaciones entre las variables descritas pero en presencia de hábitats artificiales. No obstante, estos escenarios no son iguales, y varían en virtud de los diferentes efectos que generan los arrecifes artificiales sobre la distribución y/o producción de la biomasa de peces en el sistema.

En el escenario B se asume que el arrecife artificial ha generado una redistribución de la biomasa, tal como lo planteado por la hipótesis de atracción. En la figura se observa que es requerido un menor esfuerzo de pesca para mantener una producción pesquera similar al escenario anterior. Esto indica que cuando el arrecife artificial actúa como un ente atractor y produce una redistribución de la biomasa de peces, estos son más susceptibles a la mortalidad por pesca.

Por otro lado, cuando los hábitats artificiales actúan incrementando la biomasa explotable a través de la agregación de los recursos objeto de captura (Escenario C), se requerirá un mayor esfuerzo pesquero y se obtendrá una producción pesquera mayor en relación a los escenarios anteriores. En el último escenario participa la hipótesis de producción, ya que Seaman (1995) plantea que con la colocación del hábitat artificial se incrementa la biomasa total del sistema y por tanto la fracción explotable de los recursos de interés comercial. Esto implica un mayor



**Figura 2.** Posibles efectos de los hábitats artificiales sobre los peces sujetos a la captura. A) En ausencia del arrecife artificial, B) Cuando el arrecife artificial redistribuye la biomasa, C) Cuando el hábitat artificial incrementa la biomasa explotable a causa de la agregación de peces y D) cuando el arrecife incrementa la biomasa total. Tomado y modificado de Seaman (1995).

esfuerzo pesquero en relación al escenario A y B, alcanzando una mayor producción de captura.

Sobre la base del análisis de Seaman (1995) es razonable desear que los arrecifes artificiales actúen como entes productores más que como entes atrayentes de peces, ya que no sólo se incrementaría la producción total del sistema sino que además se incrementaría la producción pesquera. Sin embargo, tal como se mencionó en párrafos anteriores, es necesario evaluar los efectos de la atracción y producción de peces desde diversas perspectivas y considerando escalas de tiempos mayores.

A pesar de haberse realizado una gran cantidad de ensayos tendientes a evaluar el efecto de los arrecifes artificiales, la gran diversidad de materiales empleados para su construcción, diseños experimentales, y las diferentes condiciones ambientales que caracterizan las zonas donde se han evaluado estas estructuras, no han permitido generar información concluyente que ayuden a determinar de qué manera exactamente pueden afectar los arrecifes artificiales a las comunidades de peces y al medio ambiente.

Al respecto, Grossman *et al.* (1997) señalan que la mayoría de los estudios que examinan el efecto de las construcciones de arrecifes artificiales son:

- Relativamente cortos (de uno a cinco años),
- Carentes de un sitio control adecuado, y
- No utilizan réplicas (un solo arrecife es examinado). Por lo que algunas investigaciones son limitadas en su valor científico.

Esto también ocurre con muchos estudios de arrecifes naturales por lo que cuesta aún más realizar comparaciones, que permitan entender cuál es el efecto de estas estructuras sobre las comunidades de peces y su entorno natural.

Brickhill *et al.* (2005), señalan que para poder aportar información relevante que ayude a entender mejor los procesos que se desarrollan en los hábitats artificiales es necesario generar estudios enfocados en conocer:

- ¿cómo el diseño de los hábitats artificiales afecta la abundancia de los peces?,
- ¿cuál es la influencia de la ubicación de un arrecife artificial en los peces asentados (considerando el aporte larval, antecedentes de

heterogeneidad espacial y el estatus trófico) y

- iii) La transferencia de la biomasa proveniente de los productores hacia los consumidores.

En conclusión, a fin de contrarrestar el impacto que se está generando en los ecosistemas naturales en la actualidad, es necesario que se tomen medidas y se desarrollen planes de manejo y preservación de las especies marinas. La única forma de desarrollar planes eficientes, es que dichos planes estén sustentados en modelos y teorías ecológicas. Una de las metas de los arrecifes artificiales es aumentar la producción de las poblaciones de peces y mantener la diversidad biológica (Seaman 1995, Seaman 2007). Sin embargo, poco se conoce sobre la dinámica de las poblaciones demográficamente abiertas (Caley *et al.* 1996), y no hay una única explicación sobre el mantenimiento de la diversidad, ya que se cuentan con una serie de hipótesis al respecto (Doherty 1982, Sale 1977, Sale 1980, Smith y Tyler 1972, Talbot *et al.* 1978, Victor 1983). En este sentido, es necesario antes de tomar una decisión y aplicar una medida, que se realicen una serie de estudios que permitan conocer el efecto de los hábitats artificiales en el ecosistema marino, de lo contrario todo esfuerzo sería en vano y más que generar un efecto mitigador de los impactos actuales, se podría generar un efecto perjudicial.

#### LITERATURA CITADA

- Bohnsack, J.A. 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference?. *Bulletin of Marine Science* **44** (2):631-645.
- Bohnsack, J.A., Harper, D.E., McClellan, and D.B. Hulsbeck. 1994. Effects of reef size on colonization and assemblage structure of fishes at artificial reefs off southeastern Florida, U.S.A. *Bulletin of Marine Science* **55** (2-3):796-823.
- Brickhill, M.J., S.Y. Lee, and R.M. Connolly. 2005. Fishes with artificial reefs: attributing changes to attraction or production using novel approaches. *Journal of Fish Biology* **67** (Supplement B):53-71.
- Bortone, S.A. 2006. A perspective of artificial reef research: the past, the present, and future. *Bulletin of Marine Science* **78**(1):1-8.
- Burke, L. y J. Maidens. 2005. *Arrecifes en Peligro en el Caribe*. World Resources Institute, Washington D.C. USA. 80 pp.
- Caley, M.J., M.H. Carr, M.A. Hixon, T.P. Hughes, G.P. Jones, and B.A. Menge. 1996. Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annual Review of Ecological Systems* **27**:477-500.
- Carr, M. and M.A. Hixon. 1997. Artificial reefs: the importance of comparisons with natural reefs. *Fisheries* **22**(4):28-33.
- Chandler, C.R., R.M. Sanders, and A.M. Landry. 1985. Effects of three substrate variables on two artificial reef fish communities. *Bulletin of Marine Science* **37**(1):129-142.
- Collins, K.J., A.C. Jensen, J.J. Mallinson, V. Roenelle, and I.P. Smith. 2002. Environmental impact assessment of a scrap tyre artificial reef. *ICES Journal of Marine Science* **59**:S243-S249.
- Doherty, P.J. 1982. Some effects of density on the juveniles of two species of tropical, territorial damselfishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **65**:249-261
- Grossman, G., G. Jones, and W. Seaman, Jr. 1997. Do artificial reef increase regional fish production? A review of existing data. *Fisheries* **22**(4):17-23.
- Fujita, T., D. Kitagawa, Y. Okuyama, Y. Jin, Y. Ishito, and T. Inada. 1996. Comparison of fish assemblages among an artificial reef, a natural reef and a sandy-mud bottom site on the shelf off Iwate, northern Japan. *Environmental Biology of Fishes* **46**:351-364.
- Hilbertz, W.H. 1979. Electrodeposition of Mineral in sea water: experiments and applications. *IEEE Journal on Oceanic Engineering*. **4**(3):94-113.
- Jordan, L.K.B., D.S. Gilliam, and R.E. Spieler. 2005. Reef fish structure affected by small-scale spacing and size variations of artificial patch reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **326**:170-186.
- Kerr, L.M. 1996. Developmental defects in damselfish (*Abudefduf sordidus*: Pomacentridae) embryos from metal artificial reefs. *The Biological Bulletin* **191**:306-307.
- Kress, N., M. Tom, and E. Spanier. 2002. The use of coal fly ash in concrete for marine artificial reefs in the southeastern Mediterranean: compressive strength, sessile biota, and chemical composition. *ICES Journal of Marine Science* **59**:S231-S237.
- Leitão, F., M.N. Santos, K. Erzini, and C.C. Monteiro. 2008. The effect of predation on artificial reef juvenile demersal fish species. *Marine Biology* **153**:1233-1244.
- Lindberg, W.J. 1997. Can science resolve the attraction- production issue? *Fisheries* **22**(4):10-13.
- Lukens, R.R. 1997. *Guidelines for Marine Artificial Reef Materials*. Copied by the Artificial Reef Subcommittee of the Technical Coordinating Committee (38). Gulf States Marine Fisheries Commission, Tampa, Florida USA. 118 pp.
- Medina, J.R. y J. Serra. 1987. Arrecifes artificiales (I). Problemas pesqueros y protección de costas. *Revista de Obras Públicas* **1**:725-735.
- Osenberg, C.W., C.M. St. Mary, J.A. Wilson, and W.J. Lindberg. 2002. A quantitative framework to evaluate the attraction-production controversy. *ICES Journal of Marine Science* **59**:S214-S221.
- Polovina, J.J. 1989. Artificial Reefs: Nothing more than benthic fish aggregators. *CalCOFI Reports* **30**:37-39.
- Randall, J. 1963. An analysis of the fish populations of artificial and natural reefs in the Virgin Islands. *Caribbean Journal Science* **3** (1):31-46.
- Relini, G, M. Relini, G. Palandri, S. Merello, and E. Beccornia. 2007. History, ecology and trends for artificial reefs of the Ligurian Sea, Italy. *Hydrobiologia* **580**:193-217.
- Sale, P. 1977. Maintenance of high diversity in coral reef fish communities. *The American Naturalist* **111**:337-359 In: J. Nybakken. 2001. *Marine Biology: An Ecological Approach*. 5ta Edición. Editorial Benjamin Cummings. San Francisco, California USA. 516 pp.
- Sale, P. 1980. The ecology of fishes on coral reefs. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* **18**: 367-421 In: J. Nybakken. 2001. *Marine Biology: An Ecological Approach*. 5ta Edición. Editorial Benjamin Cummings. San Francisco, California USA. 516 pp.
- Sale, P. 2004. Connectivity, recruitment variation, and the structure of reef fish communities. *Integrative and Comparative Biology* **44**: 390-399.
- Seaman, W., Jr. (ed.). 1995. *Encyclopedia of Environmental Biology, Volume I*. Academic Press, Inc., San Diego, California USA. 767 pp.
- Seaman, W., Jr. 2002. Short communication: Unifying trends and opportunities in global artificial reef research, including evaluation. *Journal of Marine Science* **59**:S14-S16.
- Seaman, W. Jr. 2007. Artificial habitats and the restoration of degraded marine ecosystems and fisheries. *Hydrobiologia* **580**:143-155.
- Sherman, R.L., D.S. Gilliam, and R.E. Spieler. 1999. A preliminary examination of depth associated spatial variation in fish assemblages on small artificial reefs. *Journal Applied Ichthyology* **15**:116-121.
- Sinis, A.I., C.C. Chintiroglou, and K.I. Stergiou. 2000. Preliminary results from the establishment of experimental artificial reefs in the N. Aegean Sea (Chalkidiki, Greece). *Belgian Journal Zoology* **130** (1):139-143.
- Smith, C. and J. Tyler. 1972. Space resource sharing in a coral reef fish community. *Bulletin of the American Museum of Natural History, Los Angeles County* **14**:125-170 In: J. Nybakken. 2001. *Marine Biology: An Ecological Approach*. 5ta Edición. Editorial Benjamin Cummings. San Francisco, California USA. 516 pp.

- 
- Szedlmayer, S.T. 1994. *Artificial Reefs: Design, Placement, and Permitting*. Auburn University Marine Extension and Research Center. 10 pp.
- Talbot, F., B. Russell, and G. Anderson. 1978. Coral fish communities unstable high diversity systems? *Ecological Monographs* **48**:425-440 In: J. Nybakken. 2001. *Marine Biology: An Ecological Approach*. 5ta Edición. Editorial Benjamin Cumings. San Francisco, California USA. 516 pp.
- Thanner, S.E., T.L. McIntosh, and S.M. Blair. 2006. Development of benthic and fish assemblages on artificial reef materials compared to adjacent natural reef assemblages in Miami-Dade County, Florida. *Bulletin of Marine Science* **78**(1):57-70.
- Victor, B. 1983. Recruitment and population dynamics of coral reef fish. *Science* **219**:419-420 In: J. Nybakken. 2001. *Marine Biology: An Ecological Approach*. 5ta Edición. Editorial Benjamin Cumings. San Francisco, California USA. 516 pp.