



MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
DIRECCION GENERAL DE DESARROLLO DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA
DIVISION DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y ACUÍCOLA



Foto: Cifuentes M, 2015

FORTALECIMIENTO AL SECTOR PESQUERO MEDIANTE EL DESARROLLO UN PROGRAMA PILOTO DE ARRECIFES ARTIFICIALES, EN LA ZONA COSTERO MARINA DE EL SALVADOR, PROMOVRIENDO LA SUSTENTABILIDAD Y EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS PESQUEROS A TRAVÉS DEL COMANEJO.

SANTA TECLA, 21 DE FEBRERO, DE 2017.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

Dirección General de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA)
Santa Tecla-La Libertad, El Salvador, C.A.

Dirección

Final 1ª. Avenida Norte y Av. Manuel Gallardo, Santa Tecla

Tel. Conmutador: (503) 2210-1700- Ext. 6103 – 2210-1760 Fax: (503) 2534-9885

E-mail: gustavo.portillo@mag.gob.sv

Directorio

Lic. Orestes Fredesman Ortéz Andrade
Ministro de Agricultura y Ganadería

Lic. Hugo Alexander Flores
Viceministro Ministro de Agricultura y Ganadería

Ing. Gustavo Antonio Portillo Portillo
**Director General de la Dirección General de Desarrollo de la Pesca y la
Acuicultura**
Msc. Alberto Olivares
Asesor Dirección

MSc Lic. Numa R. Hernández Rodríguez
Jefe División de Investigación Pesquera y Acuicola

MSc. Licda. Diana Barahona
Jefa Departamento Investigación Pesquera
Investigadora:

Licda. Celina De Paz: celina.depaz@gmail.com

Equipo Apoyo:

Msc. Georgina Marino

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

MSc. Manoel José Cifuentes

Consultor OSPESCA

Lic. Carlos Tobar

Municipalidad Metalío

Asociación Cooperativa de Pesca, Turismo y similares, Sicahuite, Metalío.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	5
II. OBJETIVOS	6
III. MARCO TEORICO	7
3.1 Clasificación de arrecifes artificiales.....	8
3.1.1 Módulos arrecifales de protección.....	9
3.1.2. Módulos o elementos arrecifales alveolares o de producción	9
3.1.3 Evaluación biológica pesquera	10
3.1.4 Arrecifes Artificiales en El Salvador	10
3.1.5 Creación de un marco normativo.....	12
3.1.6 Experiencia Guatemala.....	12
3.1.6.1 Reconocimiento de las zonas de estudio	12
3.1.6.2 Elaboración de estructuras.....	12
3.1.6.3 Hundimiento de estructuras de arrecifes artificiales	13
3.1.6.4 Utilización de Ecosonda para evaluar los arrecifes artificiales colocados.....	14
3.1.6.5 Inmersiones subacuáticas.....	15
IV. MATERIALES Y METODOS	15
4.1 Documentación de información sobre arrecifes artificiales existentes.	15
4.2 Georreferenciación de arrecifes artificiales	16
4.3 Talleres de consulta con actores locales o entrevistas personales.	16
4.4 Descripción básica de la situación actual de los arrecifes marino costero.	16
4.5 Implementación de un modelo piloto de arrecifes artificiales.	16
4.6 Área de estudio	17
4.7 Estructuración del equipo interinstitucional.....	17
4.8 Visitas de reconocimiento a la zona de estudio	18
4.9 Componente Ambiental	18
4.10 Socialización del proyecto	18
4.11 Validación y Réplica de la metodología utilizada en Guatemala.....	18
4.12 Descripción Metodológica.....	19

4.12.1 Fabricación:	19
4.12.2 Armado:	19
4.12.3 Mezcla y llenado de moldes	20
4.12.4 Desarmado de moldes y estructuras terminadas	20
4.12.5 Traslado y Hundimiento	21
V. ANÁLISIS DE DATOS	21
5.1 Análisis multivariados en las comunidades demersales	21
5.2 Análisis de la Diversidad	22
5.3 Evaluación Pesquera	24
VI. EVALUACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES	25
VII. RESULTADOS ESPERADOS	26
VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	27
IX. PRESUPUESTO	28
X. BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXO 1. ENCUESTA PARA EL DIAGNOSTICO CUALITATIVO DE ARRECIFES ARTIFICIALES	30
ANEXO 2. PATENTE REEF BALL	¡Error! Marcador no definido.

I. INTRODUCCIÓN

En condiciones normales, las áreas rocosas son de alta productividad por que proporcionan alimento y refugio a una diversidad de peces, langostas, ostras, jaibas y otros organismos que son la fuente de ingresos económicos para muchas de las comunidades que viven cerca de la zona costera. Durante los últimos años la productividad de las áreas rocosas ha sufrido alteraciones por fenómenos naturales, que las han cubierto de arena o por sedimento que es desplazado por los ríos. Otro factor que contribuye a la reducción de la productividad, es la sobreexplotación a la que están sometidos los recursos pesqueros, porque cada día aumenta la demanda por estos recursos. Los arrecifes artificiales son construidos para crear nuevos hábitat que pueden ser utilizados por estas especies y aumentar la productividad de las áreas en donde sean reducidos los niveles de pesca y de extracción de los recursos. (JICA 2007)

Uno de los rasgos importantes de los arrecifes artificiales es la protección y/o restauración de los hábitats naturales marinos, por lo que representan una herramienta de ordenación y protección ecológica respondiendo medidas de restauración y rehabilitación de ecosistemas costeros. Hay numerosos ejemplos a nivel mundial donde estas estructuras se han usado para realizar varias funciones, entre ellas la protección física de ecosistemas sensibles y frágiles, la adición o reposición de la complejidad de hábitat, la creación de nuevos sustratos y la sustitución de un recurso socioeconómico (Ramos - Existen os-Esplá, 2002).

En El Salvador se han realizado numerosos ejemplos de la instalación de arrecifes artificiales en fondo marino, la mayor parte poco documentados y evaluados en cuanto a la funcionabilidad y efecto sobre las pesquerías locales, en 2003, El Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, CENDEPESCA, con el apoyo de La Agencia de Cooperación del Japón, JICA, realizó el hundimiento de estructuras en Barra de Santiago, San Marcelino, Los Blancos, Puerto de La Libertad, Los Cóbanos, El Cordoncillo y la Desembocadura del Río Lempa.

El presente estudio tiene como objetivo realizar el diagnostico de los arrecifes artificiales existentes en la costa Salvadoreña e implementar un programa piloto, en el cual, con el apoyo de la municipalidad de Metalío, pescadores de la zona, se construyan, instalen y de seguimiento a un programa de arrecifes artificiales, que permita implementar un marco normativo que contribuya a la protección, conservación y recuperación de la biodiversidad de la playa Metalío.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar una metodología de ordenamiento de los arrecifes artificiales en la zona costero marino, para desarrollar herramientas que fortalezcan al sector pesquero promoviendo la pesca responsable.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar y sistematizar la información de los arrecifes artificiales costero marino existente, para realizar una descripción básica de la situación actual.
- Validar el modelo de manejo de arrecifes artificiales utilizado en la región e implementación de un modelo piloto de arrecifes artificiales en la zona costero marina.
- Proponer lineamientos básicos para el manejo de arrecifes artificiales en la zona costero marina a nivel nacional.

III. MARCO TEORICO

El término Arrecifes Artificiales (AA), se refiere a uno o más objetos de origen natural o antrópico depositado a propósito en el fondo marino para influenciar procesos físicos, químicos, biológicos o socioeconómicos relacionados con los recursos vivos marinos, y reproducir características de los arrecifes naturales (Jensen, 1997) (Fig. 1) . Los arrecifes artificiales se han utilizado en diversos países alrededor del mundo con la finalidad de aumentar la producción de especies asociadas a sustratos duros (macroalgas, invertebrados y peces) y favorecer o incrementar las capturas de especies asociadas a los arrecifes (Seaman 1991), frecuentemente por la necesidad de mitigar las pérdidas de rendimiento por sobrepesca, contaminación o destrucción de hábitat. La escasez de conocimientos sobre la ecología de los arrecifes artificiales ha constituido un obstáculo en el debate sobre lo apropiado de su uso en la gestión de los recursos marinos litorales y ha frenado su aplicación como herramienta para mitigar impactos sobre el medio marino. (Seaman, 1997)

Una de las principales funciones de los arrecifes artificiales es aumentar la biomasa de los recursos pesqueros, incrementando la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los mismos. Pueden ser estructuras muy variadas, cuyo diseño y material depender de las especies cuya producción se pretenda maximiza (Ramos-Esplá, 2002).



Fig. 1. Diseños de arrecifes artificiales destinados a la concentración de organismos marinos

Con la instalación de los arrecifes artificiales se crean refugios y se incrementa la disponibilidad de sustrato el cual es utilizado para la fijación de algas, pequeños moluscos, crustáceos, que sirven de alimento a muchas especies marinas que son de importancia económica para muchas de las comunidades que viven en la zona costera. Con los arrecifes artificiales se crean áreas que agregan especies juveniles y les permite crecer, desarrollarse y hasta reproducirse convirtiendo este ecosistema cada día más productivo (JICA 2007).

Todo arrecife artificial debe cumplir cuatro condiciones:

- **Funcionalidad:** relacionado con la adecuación del material elegido en cuanto a que sea capaz de cumplir el objetivo deseado.
- **Compatibilidad:** en relación con su posible toxicidad y contaminación del medio ambiente.
- **Durabilidad:** sobre el tiempo de vida medio del material, que debe estar en consonancia con el tiempo que se pretende que perduren sumergidos y con la capacidad de desempeñar su función.
- **Estabilidad:** para mantener la estructura en el lugar y con la configuración deseada. (López W, 2015)

3.1 Clasificación de arrecifes artificiales

Seaman et al 1991, proponen una denominación de los elementos que forman un arrecife artificial de forma jerarquizada en orden ascendente de tamaño:

- 1) unidad arrecifal, referido a un bloque individual.
- 2) set arrecifal, reúne a varios módulos arrecifales o unidades.
- 3) grupo arrecifal, se refiere a la reunión más o menos ordenada de varias unidades
- 4) complejo arrecifal, se refiere al conjunto de varios grupos arrecifales y tiene una escala local o regional.

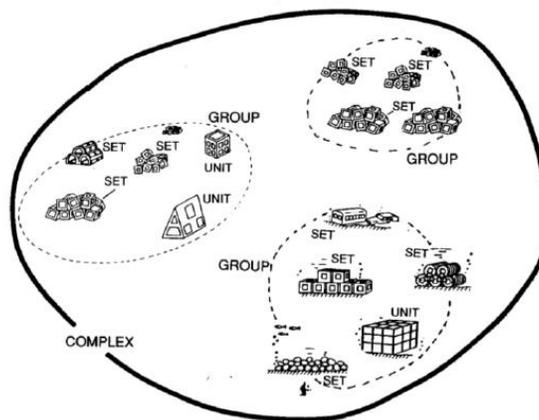


Fig. 2. Tipos de agregacion de unidades

Considerando en sentido amplio el concepto tipología, solo existen dos tipos de módulos para Arrecifes artificiales que se distinguen tanto por diseño, como por disposición y funcionalidad:

3.1.1 Módulos arrecifales de protección

Se distinguen por una baja relación de su volumen aparente frente a su peso. En el extremo de esa escala esta relación se hace igual a la densidad del material con que se construye. Con este tipo de módulos la función de protección puede ser para el medio físico, para el ecosistema o para otros usos. Un módulo de protección puede ser un bloque de escollera de hormigón o roca natural que cuando se trata de proteger el medio físico se disponga agrupado con estructuras continuas que hacen una ocupación exhaustiva del fondo marino, con elementos en contacto entre ellas y amontonados, pudiendo alterar de esta forma alguna característica física del ecosistema (energía del oleaje, profundidad de rotura de la ola, morfología litoral y transporte etc.) (Seaman et al 1991).

3.1.2. Módulos o elementos arrecifales alveolares o de producción

Desde el punto de vista de diseño tiene una relación elevada del volumen aparente con respecto a su peso alejándose del valor de la densidad del material del que está constituido (puede ser hormigón en un elemento arrecifal artificial de nueva construcción o del casco de un barco fuera de uso que se emplease para servir de arrecife artificial cuya relación volumen aparente/peso era tan alta que en su función original flotaba). Además de por esta característica de diseño, los módulos arrecifales alveolares generalmente se distribuyen próximos entre sí (incluso amontonados), tratando de asegurar su funcionalidad biológica individual. (Figura 3.)

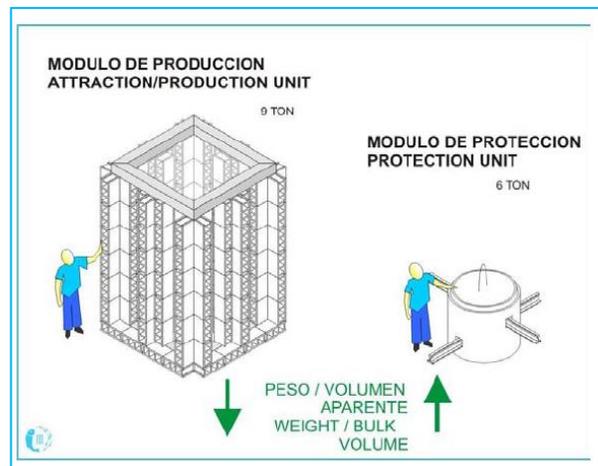


Fig. 3. Módulos arrecifales de protección, módulos arrecifales de producción.

Aunque los arrecifes artificiales suelen carecer de efectos sobre la fauna y la flora terrestre, la presencia de estas estructuras en zonas cercanas a la costa puede llegar a generar efectos significativos sobre la franja litoral. Estos efectos pueden manifestarse siguiendo dos patrones diferentes de comportamiento:

- a) Dependiendo del lugar donde se ubiquen estas estructuras y su densidad de distribución, la presencia de las mismas pueden llegar a ocasionar modificaciones en el sistema local de corrientes, lo que puede incidir en la deriva litoral y el transporte sedimentario de la zona y, por consiguiente, en los perfiles y plantas de los cordones arenosos próximos.
- b) Dependiendo de la profundidad a la que se situó el arrecife artificial, de las dimensiones y características de permeabilidad a las corrientes, éste podría ejercer de barrera al flujo, provocando así un déficit de arena en las playas situadas aguas abajo del arrecife o un exceso o desequilibrio en los ecosistemas circundantes y podría llegar a modificar la tasa de sedimentación de áreas oleadas. (Bayle & Ramos-Esplá, 2003)

La actividad pesquera con la presencia de arrecifes artificiales, supondrá una mejora de la actividad pesquera según el arte utilizado, normalmente, las artes artesanales pueden llegar a beneficiarse de la presencia de estas estructuras ya que las características intrínsecas de las mismas permiten su calado en las proximidades de estos arrecifes, los cuales suelen atraer a especies comerciales, sin embargo, puede llegar a resultar un impedimento para que determinadas artes puedan operar con normalidad, caso de la pesca de arrastre, e incluso se diseñan arrecifes con objeto de impedir o limitar el uso de las mismas en determinadas zonas en las que se pretenden proteger los fondos marinos. (Bayle & Ramos-Esplá, 2003)

Si se da una nula o mala planificación y control de la actividad pesquera, que permita la sobreexplotación en la zona del arrecife, las consecuencias pueden llegar a ser muy negativas tanto para la actividad como para los recursos, los arrecifes artificiales de gestión pesquera tienen un efecto directo sobre la pesca, facilitan un aumento de las capturas, esto repercute positivamente en el sector pesquero. (Bayle & Ramos-Esplá, 2003).

3.1.3 Evaluación biológica pesquera

Evaluación biológica Proporciona una valiosa información respecto a la evolución de la comunidad que se establecerá en el Arrecife Artificial. El control biológico de los arrecifes es un factor crítico en la identificación de prioridades de investigación para obtener una mejor comprensión de su funcionamiento. Dependerán de la visibilidad y en la manera de lo posible se llevaran a cabo a través de la metodología de censos visuales de peces (López, 2007; 2010).

3.1.4 Arrecifes Artificiales en El Salvador

Existen numerosos ejemplos de la instalación de arrecifes artificiales en fondo marino de El Salvador, la mayor parte poco documentados y evaluados en cuanto a la funcionabilidad y efecto sobre las pesquerías locales. La información documentada con la que se cuenta, hace alusión a Los Cóbano

Bahía de Jiquilisco y La Unión. En el Complejo Jaltepeque se cuenta con poca información de los arrecifes instalados, sin embargo recientemente la Fundación Domenech bajo el auspicio de FIAES hundió módulos de concreto en la zona de El Zapote. En Los Cóbano, a finales del año 2003, se identificaron sitios para la instalación de módulos de concreto en forma bola, los cuales serían arrecifes artificiales que funcionarían como: refugio, alimentación y reproducción, incrementando la vida marina en los Cóbano, por lo que se colocaron módulos a 3 kilómetros de distancia en dirección a la zona Residencial La Privada, a una profundidad de 10 metros, y donde la presencia de vida marina era muy escasa (Molina, 2004) los primeros arrecifes se hundieron con el apoyo de la escuela de buceo ES Divers, en los posteriores años FUNDARRECIFE con el apoyo de FIAES logró adquirir equipo de buceo SCUBA y la capacitación necesaria para continuar con el proyecto de restauración del fondo marino, auspiciado también por PNUD a través del programa de pequeñas donaciones (SGP). En total se han colocado 69 módulos en el fondo arenoso, realizado evaluaciones posteriores con la finalidad de conocer el efecto de la instalación para la diversidad local.

En diferentes sectores del Complejo Jiquilisco se han instalado estructuras artificiales como tubos, ramas, llantas y bloques de cemento con el fin de mejorar las pesquerías estuarinas o fijación de moluscos, auspiciadas principalmente por PNUD/SGP, JICA-CENDEPESCA, DAI/USAID, Asociación Mangle y La Coordinadora de Puerto Parada, ECOVIVA, MARN/PACAP y FIAES (López, 2014 en prensa).

En 2008 “cubos” y “cilindros” se instalaron en las zonas de La Venada y La Zapateta, durante los meses de enero, febrero, junio y julio, se introdujeron 164 “cubos” y 38 “cilindros” a 100 m de la línea de costa en La Venada y 140 m en La Zapateta (Tada, 2009).

En 2010 USAID/DAI a través del proyecto Mejor Manejo y Conservación de Cuencas Hidrográficas Críticas (IMCCW), promovió el uso de arrecifes artificiales tipo “dado” y “cilindro” como alternativa económica para la conservación de tortugas marinas y uso sostenible de recursos pesqueros en cinco comunidades del Complejo Jiquilisco (Cojollón, La Pirraya, El Icacó, Corral de Mulas II e Isla de Méndez), donde suscribió convenio con el MARN para coordinar acciones de promoción sobre el uso sostenible de recursos marinos. En febrero de 2011, el proyecto realizó el traspaso de los arrecifes y materiales de buceo a la Asociación Mangle, quien junto a los beneficiarios se encargó de instalar 150 estructuras tipo “dado” y 150 “cilindros” en el fondo estuarino previamente evaluado por el MARN.

Para la zona de La Unión, se ha documentado específicamente las playas Icacó, Playas Blancas cercano a Maculís, durante los años de 2006 a 2008, CENDEPESCA instaló 360 arrecifes artificiales tipo “pirámide” y 200 tipo “cubo” a profundidades comprendidas entre 5 y 8 m con el apoyo de JICA, para el establecimiento de bancos de ostras y langostas En el golfo de Fonseca y la zona de Icacó, Playas Blancas cercano a Maculís.

3.1.5 Creación de un marco normativo

Se pretende hacer uso de los arrecifes artificiales para la gestión de zonas costeras, es necesario controlar o regular correctamente su construcción, hundimiento y usos pesqueros. Si bien algunos países ya cuentan con una normativa en materia de arrecifes artificiales, nuestro país carece de ella. Tampoco existe un marco normativo explícito en esta materia a nivel internacional. Por ello, esta investigación respaldará normativas y directrices con el fin de ofrecer orientaciones para un marco de ámbito nacional destinado a controlar o regular los arrecifes artificiales en la zona costero marina.

3.1.6 Experiencia Guatemala

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala – MAGA -, a través de La Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura, desarrolló el proyecto “Creación de Arrecifes Artificiales”, en las comunidades pesqueras de El Chico, Tilapa, Tahuexco, Rama Blanca y El Paredón, del Litoral Pacífico de Guatemala. Dicho proyecto contribuyó al desarrollo productivo de la pesca artesanal, construyeron estructuras (Reef Balls) que al ubicarlas en el fondo del mar sirven para dar refugio a especies de interés comercial en todos sus estadios de desarrollo, favorecen el incremento de las poblaciones de especies marinas costera, sirven como nuevas áreas de pesca para el sector artesanal y disminuyen la presión de pesca ejercida sobre los escasos arrecifes naturales, las fases que realizaron son las siguientes:

3.1.6.1 Reconocimiento de las zonas de estudio

El proyecto de Guatemala se desarrolló en en las comunidades pesqueras de El Chico, Tilapa, Tahuexco, Rama Blanca y El Paredón, del Litoral Pacífico de Guatemala.

3.1.6.2 Elaboración de estructuras

El diseño que se utilizó en el proyecto se denomina reefball, (Reefball Foundation), semeja una semiesfera hueca de concreto con agujeros de distintos tamaños en su cuerpo, que por la técnica empleada en su fabricación, cada una sería única y diferente al resto. El concreto que se utiliza para la fabricación de este tipo de arrecife artificial, permite un mejoramiento de sus características químicas y mecánicas mediante la adición de aditivos probados y compatibles con el medio ambiente *marino*.



Fig. 4 Construcción de Arrecifes Artificiales, Guatemala 2015.

Las estructuras se realizan con moldes de fibra de vidrio, todos los materiales de construcción (arena, piedrín, cemento y algunos accesorios) fueron adquiridos directamente en el área donde se ha realizado la construcción con la finalidad de dinamizar las economías locales.

La fabricación con lleva tres fases:

1. Armado
2. Mezcla y llenado de moldes
3. Desarmado de moldes (OSPESCA, 2015).



Fig. 5. Fabricación de arrecifes artificiales, experiencia Guatemala, OSPECA 2015

3.1.6.3 Hundimiento de estructuras de arrecifes artificiales

Todo el proceso de construcción y hundimiento de las estructuras se trabajó con el apoyo de los pescadores artesanales de la zona de estudio, esto con la finalidad de que ellos se identificaran plenamente con el proyecto y además se familiarizaran con las áreas donde se depositan las estructuras para que posteriormente pudieran encontrarlas como sitios de pesca y monitoreen su uso sostenible.

3.1.6.4 Utilización de Ecosonda para evaluar los arrecifes artificiales colocados.

Realizaron un muestreo sistemático desde diciembre del 2010, utilizaron la eco detección la cual es utilizada en países de Sur América como Perú, Ecuador y Chile para la captura de sardinas la cual se conoce como integrador, para verificar la información del modelo, combinaron con inmersiones sub acuáticas en el área de muestreo, donde se levanta información digital, la cual es posteriormente analizada.

Suposiciones del modelo

- a. La apertura del haz del ecosonda se toma a un tercio de la profundidad hallada en el momento del muestreo sobre las áreas de arrecifes artificiales



Fig. 6 Ecosonda utilizada para el monitoreo, haciendo arrastre virtual

- b. El pez ocupa un volumen determinado que puede variar dentro del su espacio: entre 0.5 - 1.0 m³, esta información se verifico a través de inmersiones subacuáticas.
- c. Se realizó pesca con caña y anzuelo, para determinar el peso promedio de los peces presentes en ese momento y la composición de especies.



Fig 7. Peces capturados durante el muestreo.

- d. El número de peces capturados están en números y son los que se pescaron con anzuelo.

- e. El área que ocupan los arrecifes artificiales dentro de la zona de estudio tiene una estimación de aproximadamente 2.0 Ha., sin embargo puede variar entre 1 y 2 Ha.
- f. Tiempo de toma de datos con la ecosonda (arrastre virtual) fue aproximadamente 15 minutos.

La información obtenida fue trasladada a una base de datos usando como herramienta de cálculo el Excel, la cual fue fortalecida con la herramienta @RISK de Palisade. En un sentido amplio, análisis de riesgo es cualquier método — cualitativo y/o cuantitativo— de estimar el impacto del factor riesgo en situaciones de decisión

3.1.6.5 Inmersiones subacuáticas

Se realizaron con la finalidad de observar y documentar a través de videos y fotografías el proceso de colonización de los arrecifes; al mismo tiempo se identifican y cuantifican los organismos que se fijan a estas estructuras, tomando muestras de las partes externas analizándolas en laboratorio. Con esta metodología también se identificaron los organismos que se encontraron dentro de los arrecifes para determinar si existe un cambio del comportamiento o siempre son la misma especie, y los patrones de azolvamiento en porcentaje. Todas las inmersiones fueron realizadas bajos los patrones de PADI (Asociación Profesional de Instructores de Buceo) garantizando la seguridad de las personas que las realizaron.

IV. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se desarrollará en dos etapas, en la primera se recopilará y sistematizará información de los arrecifes artificiales costero marino existentes, para realizar una descripción básica de la situación actual.

4.1 Documentación de información sobre arrecifes artificiales existentes.

Se desarrollará un diagnostico de la situación actual de los arrecifes artificiales existentes en la zona costero marina, se consultará el material bibliográfico que se haya generado en CENDEPESCA y en otras instituciones que hayan trabajado en el diseño, creación y hundimiento de arrecifes artificiales. Basados en la información recolectada se procederá a la georreferenciación de las estructuras y a la obtención de información de sus usos y legislación existente.

4.2 Georreferenciación de arrecifes artificiales

Se visitaran los sitios en los que el Centro de Desarrollo para la Pesca y Acuicultura CENDEPESCA, u otras instituciones hayan realizado hundimientos de arrecifes artificiales, para verificar la existencia de las estructuras y georreferenciar su ubicación para su sistematización en un mapa.

4.3 Talleres de consulta con actores locales o entrevistas personales.

En los mismos sitios de verificación donde se hayan realizado las georeferenciaciones, se desarrollaran grupos focales con el objetivo de determinar el uso que los pescadores de las zonas dan a los arrecifes artificiales, beneficios o desventajas que han existido a través de los años en las localidades pesqueras, si el lugar no permite el desarrollo de esta reunión se realizaran entrevistas personales a pescadores de la zona. (Anexo 1.)

4.4 Descripción básica de la situación actual de los arrecifes marino costero.

Se realizará un diagnostico biológico – pesquero, mediante inmersiones que realizaran colaboradores de la zona, se determinaran las especies pesqueras que ocurren en cada uno de los núcleos arrecifales y se determinará su composición y biometría, mediante el uso de una ecosonda se determinaran detalles batimétricos sobre el terreno y sobre la tipología del fondo, la presencia de rocas, arrecifes coralinos o arrecifes artificiales y bancos de peces, para realizar el levantamiento de una línea base a nivel nacional.

4.5 Implementación de un modelo piloto de arrecifes artificiales.

La segunda etapa, consiste en validar el modelo de manejo de arrecifes artificiales utilizado en la región e implementación de un modelo piloto de arrecifes artificiales en la zona costero marina.

“Programa de Arrecifes artificiales, en la Playa Metalío, departamento de Sonsonate”.

Replicando la experiencia de Guatemala, se desarrollará la construcción, instalación, monitoreo y manejo de arrecifes artificiales tipo reefball en Playa Metalío, departamento de Sonsonate, así mismo, se desarrollara un marco normativo que garantice el uso sostenible de los recursos pesqueros en los sistemas de arrecifes, incluyendo todas las instituciones competentes en la materia.

4.6 Área de estudio

La Playa Metalío, se encuentra ubicada en el municipio de Acajutla, del departamento de Sonsonate, en las coordenadas geográficas L13.6294, N89.8875, Esta playa posee una población pesquera aproximada de 200 pescadores, que buscan diversificar las actividades pesqueras y turísticas.

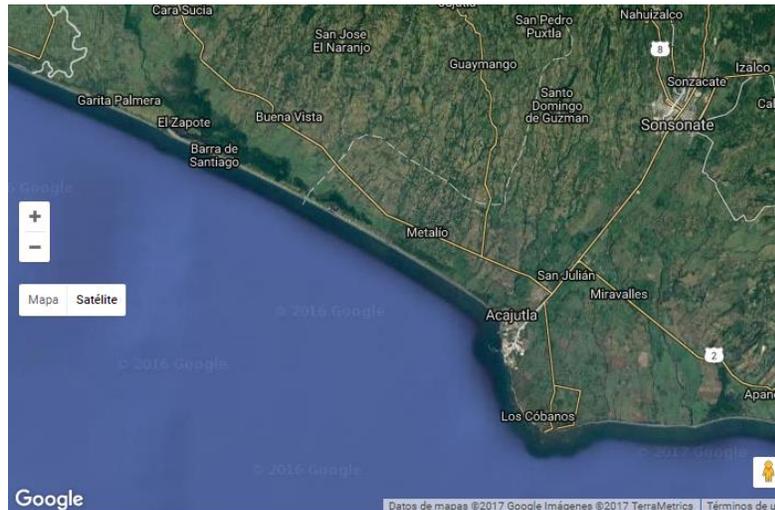


Fig.8 Playa Metalío, Municipio de Acajutla, Departamento de Sonsonate.

4.7 Estructuración del equipo interinstitucional

Para que la implementación de la presente investigación sea exitosa, es necesaria la coordinación de acciones con las instituciones gubernamentales, respetando cada una de sus competencias, se designarán técnicos enlaces del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de la municipalidad de Metalío, de la Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano OSPESCA, Sector Pesquero de la Comunidad, Academia, del Ministerio de Agricultura y Ganadería a través del Centro de Desarrollo para la Pesca y Acuicultura CENDEPESCA.

Se desarrollaran una serie de reuniones en donde se creará el marco de convenio de establecimiento de arrecifes artificiales con los técnicos jurídicos del Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Agricultura y Ganadería, se realizará el levantamiento de línea base a nivel nacional y se planearan las actividades a realizar.

4.8 Visitas de reconocimiento a la zona de estudio

Es importante, que la autoridad competente realice un estudio oceanográfico (corrientes marinas superficiales, mapeo con ecosonda, turbidez del agua, temperatura del agua superficial, oxígeno disuelto, pH, etc.) en la zona, lo que permitirá establecer los puntos más idóneos para la instalación de Arrecifes Artificiales. Posterior a estos análisis se establecerán los lugares para la colocación de las estructuras de arrecifes artificiales.

Se realizaran visitas de reconocimiento de posibles puntos sugeridos por los pescadores de la zona para el hundimiento de las estructuras arrecifales, dichos sitios deben poseer sustratos solidos, estar cerca de las comunidades pesqueras y tener una profundidad de mayores de 4.5 m.

4.9 Componente Ambiental

Se validaran los modelos propuestos por el **“Convenio de Londres y Protocolo/PNUMA Directrices relativas a la colocación de arrecifes artificiales”**, que sugiere la evaluación de las propuestas de colocación de arrecifes artificiales sobre la base de criterios científicos sólidos y propone modelos para desarrollar un marco reglamentario adecuado.

4.10 Socialización del proyecto

Se realizaran visitas de campo a la “Asociación Cooperativa de Pesca, Turismo y similares, Sicahuite, Metalío” y se realizaran reuniones con los pescadores de la zona, para darles a conocer el proyecto de implementación del programa de arrecifes artificiales, con el objetivo que se involucre al comunidad desde el inicio del proyecto y se empodere para poder realizar un aprovechamiento sostenible de los arrecifes artificiales que se colocaran.

4.11 Validación y Réplica de la metodología utilizada en Guatemala.

Se realizará una visita a Guatemala, en la que se conocerán las experiencias aprendidas en el proceso del desarrollo del proyecto “Arrecifes Artificiales”, en dicha misión asistirán pescadores y técnicos del grupo interinstitucional, se validaran las experiencias que pueden ser aplicadas a la situación de nuestro país.

4.12 Descripción Metodológica

Todos los materiales de construcción (arena, piedra grava, cemento y accesorios) serán adquiridos en los municipios de Metalío y Acajutla, con la finalidad de dinamizar las económicas locales. Se contratará el servicio laboral de pescadores artesanales para la construcción de las estructuras tipo Reef ball de la comunidad de Metalío. En un inicio se tiene prevista la construcción de 200 arrecifes artificiales, que se colocaran en cuatro zonas.

4.12.1 Fabricación:

La calidad del concreto a utilizar para la fabricación es básica sus características químicas y mecánicas se mejorarán mediante la implementación de aditivos aprobados y que son compatibles con el medio ambiente marino. Primeramente, al concreto se le agregará microsilica para que al entrar en contacto del agua de mar, mantenga el mismo pH de su entorno, luego al concreto se le agrega fibra de vidrio para incrementar su fuerza adhesiva y aumentar su resistencia a la integridad mecánica con el paso de los años, las estructuras tipo Reef balls, no llevan acero de refuerzo, la rugosidad o textura de la superficie de las estructuras también se controla a voluntad durante el colado, esto se logra mediante un baño de agua con azúcar a la superficie de los moldes y su posterior lavado con agua a presión, la rugosidad es importante pues ello permite el establecimiento de vida marina.

La fabricación de las estructuras Reef Balls conlleva tres fases:

4.12.2 Armado:

Durante esta fase se ensamblan los moldes disponibles, cada molde consta de las siguientes piezas: 3 piezas de fibra de vidrio (molde), una base de madera, 12 pelotas, boya central y 9 pines.

El primer paso consistirá en ensamblar las 3 piezas de fibra de vidrio a la base de madera utilizando 3 pines, otros 6 pines irán dispuestos, dos por cada pieza de fibra de vidrio del molde, seguidamente se instalaran las 12 pelotas que lleva el molde en su interior para dar forma a los agujeros del Reef ball luego, se coloca la boya central la que le da a la estructura su forma cóncava y finalmente, se procederá a inflar las pelotas y la boya superior previo a verter la mezcla de concreto dentro del molde.



Fig. 9. Batería de moldes armados



Fig.10. Interior del molde armado

4.12.3 Mezcla y llenado de moldes

Una vez lista la batería de los moldes disponible, se procederá a la elaboración de la mezcla de concreto, la cual esta compuesta de:

Material	Cantidad	Unidad de medida
Piedrin de 1/4	0.5	metro cúbico
Arena de río	0.5	metro cúbico
Cemento	2	Bolsa de 42 Kg.
Silka 100	0.5	libras
Aditivo Fraguado	0.25	litro
Fibra de vidrio	1	Onzas

Antes de llenar los moldes con la mezcla de concreto, estos serán rociados en su interior con agua de azúcar para evitar que la mezcla de concreto se pegue al molde y lograr que la estructura quede con una superficie rugosa, la mezcla de concreto debe de tener la cantidad adecuada de agua, ya que de esto depende el tiempo de fraguado de la estructura.



Fig. 11. Llenado de los moldes con la mezcla de concreto.

4.12.4 Desarmado de moldes y estructuras terminadas

Una vez fraguada totalmente la estructura, se procede a desmoldar sacando el aire de la boya central, quitando pines, piezas de fibra de vidrio y removiendo las piezas de adentro. Algunas veces es necesario contar con un martillo y cincel para removerlas.



Fig. 12. Estructuras Desmoldadas

4.12.5 Traslado y Hundimiento

Para el traslado de las estructuras a su sitio de hundimiento se coordinará con La Fuerza Naval, que posee embarcaciones tipo fragatas. El hundimiento estará a cargo del equipo técnico y los pescadores de la zona.



Fig. 12. Embarcación Fragata, Fuerza Naval El Salvador

V. ANÁLISIS DE DATOS

5.1 Análisis multivariados en las comunidades demersales

Se realizó un análisis de la estructura de la comunidad de peces arrecifales en cada uno de los sitios, esto mediante análisis multivariado, así como también se analizarán los cambios en cuanto a biodiversidad en cada uno de ellos y mes a mes. Para este punto, se utilizarán los siguientes análisis:

- Escala Multidimensional no Paramétrica
- Análisis de Componentes Principales
- CLUSTER análisis
- Determinación de los siguientes índices de diversidad: Shannon, Pielou, Margalef y Simpson, como los más importantes.

El objetivo principal en el análisis de los datos será identificar los grandes grupos de asociaciones de especies, se han adoptado dos métodos multivariados para el análisis de los datos, siendo ellos 1) CLUSTER y 2) Escala Multidimensional No-Paramétrica (MDS). El primero de ellos parte del análisis de

los coeficientes de similitud de una matriz generada entre varios pares de muestras. Dentro de la matriz de datos, las variables biológicas consisten en renglones (especies) y columnas (estaciones). Para primeramente analizar los datos, se parte de que la matriz está construida por número de individuos o biomasa dada en Kg., partiendo de lo anterior se efectuará el análisis de similitud de la matriz iniciando antes con la conversión de todos los datos, utilizando para ello la distancia Bray - Curtis.

Tradicionalmente el análisis por CLUSTER es un método de clasificación que consiste en identificar grupos de especies y estaciones en forma jerárquica, donde la información obtenida se representa en una estructura denominada "Dendrograma" que forman grupos que representan a las diferentes comunidades bióticas (Ludwig y Reynolds, 1988).

Dentro de las técnicas de ordenación, que es un término utilizado para describir un grupo de técnicas de medición en que las estaciones y/o especies son ordenadas en relación a uno o más ejes, esto proporciona así información sobre sus similitudes geográficas. Para el presente estudio se utilizará la Escala Multidimensional No-Paramétrica (MDS), muy común en investigaciones comunitarias marinas (Clarke y Warwick, 1994; Miller, 1995 y Clarke y Ainsworth, 1993). El MDS es un método de ordenación que trabaja de manera no lineal, esto quiere decir, que considera los gradientes ambientales existentes (temperatura, salinidad, concentración de oxígeno, etc.) que puedan provocar interpretaciones erróneas como sucede con otros modelos de ordenación, tales como: Análisis de Componentes Principales (PCA) y el Análisis de Correspondencia (CA). De acuerdo con Clarke y Warwick (1994) el MDS es una de las mejores técnicas de ordenación existentes hoy día, debido principalmente a su simplicidad algebraica y su mayor ventaja es que llega a representar mejor complejas relaciones ecológicas dentro de un sencillo espacio dimensional.

5.2 Análisis de la Diversidad

El conocimiento integral y de evaluación de las comunidades, como recurso, debe basarse en la interpretación cuantitativa de los diversos parámetros ecológicos que intervienen en su estructura y funcionamiento. En las comunidades demersales, el conocimiento de la diversidad específica es un punto de partida para comprender su complejidad. Generalmente el concepto de diversidad implica el número de especies o riqueza, el número de individuos proporcional de cada especie o equitabilidad, y el número total de individuos de todas las especies, de tal forma que en la estimación de este parámetro se utilizan diversas expresiones numéricas que toman en cuenta la interacción y variación de estos factores. Así, las expresiones de Shannon-Wiener (1963), que resulta complementaria en la evaluación de la diversidad por medio de la abundancia en peso. Otros índices ecológicos ayudan a evaluar la diversidad por medio de la riqueza de especies como el propuesto por Margaleff (1969), donde el número total de especies en una captura está con relación al número total de individuos de la colecta.

También puede evaluarse la diversidad por medio de la equitabilidad de las especies como lo ha propuesto Pielou (1966), obteniéndose información sobre la desviación de la diversidad máxima e indirectamente se estima la abundancia relativa. Frente a la complejidad que implica estudiar la diversidad de las comunidades demersales y su relación con la potencialidad pesquera, en los últimos años ha tomado fuerza el concepto de Especies Dominantes, que consideran cuatro parámetros principales en la determinación de las especies dominantes: 1) La abundancia numérica, 2) La abundancia en volumen/peso, 3) Su amplia distribución entre los límites del área de estudio y, 4) Su frecuencia de aparición (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988).

Así la diversidad de las muestras se obtendrá utilizando el índice de Shannon-Wiener (H'), el cual se basa en la Teoría de la Información y que mide el grado de "incertidumbre" de aparición de las especies, cuando estas son tomadas al azar dentro de una comunidad. El grado de incertidumbre se incrementa en la medida que el número de especies y su distribución se ve aumentada; calculándose este a partir de la siguiente expresión (Ludwig & Reynolds, 1988):

$$H' = \sum_{n=1}^S (P_i)(\ln P_i)$$

Donde: S = número de especies
 $P_i = n_i/N$ es decir la proporción del número total de individuos que ocurren en la especie i
 H' = Índice de la diversidad de especies.

Cuando $H'=0$ esto representa el valor de que solamente se encuentra una especie en la muestra y cuando H' es máximo, esto indica que todas las especies están incluidas en un mismo número de individuos dentro de la muestra.

Como complemento a la información proporcionada por el índice de Shannon-Wiener se utiliza también el índice de Simpson, en donde los valores varían desde 0 a 1, los valores así obtenidos nos mostrará que al tomar una muestra, cuál sería la oportunidad de que dos individuos de una población puedan pertenecer a la misma especie. Si la probabilidad es alta de que dos individuos de la misma especie puedan ser extraídas, esto representa que la diversidad en esa comunidad es baja. El índice es el siguiente:

$$D = 1 - \sum_{n=1}^S (P_i)^2$$

Donde D = Índice de diversidad de Simpson.

El que se utilicen dos índices de diversidad se hace por que existen dos grupos de ellos, los cuales se basan en la sensibilidad a cambiar, de acuerdo a la composición de especies dentro de una comunidad. El índice de Shannon-Wiener es más sensible a cambios en la composición de especies raras y el índice de Simpson es más sensible a cambiar cuando la composición es de especies comunes.

El siguiente índice de Riqueza nos indica el número de especies presentes en una comunidad, el cual es independiente del tamaño de la muestra y su valor es representativo de toda ella. Para el presente estudio se utilizará el índice de Margalef (Ludwig y Reynolds, 1988), el cual está dado por:

La medida de equitabilidad dentro de una comunidad representa un valor que indica que es máximo en 1, cuando todas las especies presentes son igualmente abundantes y 0 cuando la relación entre estas abundancias relativas para $S-1$ especies diverge mucho dentro de la comunidad.

$$d = \frac{S-1}{\ln N}$$

La equitabilidad puede ahora ser definida por la relación:

$$E = \frac{H}{H_{max}}$$

Donde: **E** = Índice de equitabilidad
H = Diversidad de especies observada
Hmax = diversidad máxima de especies = $\ln S$

Tanto el análisis por CLUSTER y el Modelo Multidimensional No-Paramétrico (MDS) al igual que los análisis de diversidad biológica, serán ejecutados a través de los subprogramas CLUSTER y MDS del paquete PRIME.

Esta experiencia será considerada como referencia para replicarla y establecer un programa de arrecifes artificiales en la zona costero marina, que permita el uso sostenible de los recursos pesqueros, mediante el co - manejo y la coordinación interinstitucional.

5.3 Evaluación Pesquera

Se realizarán monitoreos mensualmente con la finalidad de observar y documentar a través de videos y fotografías el proceso de sucesión ecológica de los arrecifes; al mismo tiempo se identificarán y cuantificarán los organismos que se fijan a estas estructuras, tomando muestras de las partes externas de estas y analizándolas en laboratorio y se realizaran estimaciones de los siguientes descriptores pesqueros:

- Números de peces de interés comercial
- Especies de peces estuarinos que visitan la estructura
- Abundancia de peces comerciales por sitio
- Características del sustrato
- Captura por unidad de esfuerzo
- Especies comerciales capturadas en las faenas de pesca
- Longitudes y pesos de peces comerciales

Esta cuantificación de los cambios en la producción pesquera del sistema posibilitará la toma de decisiones respecto a la necesidad de nuevas regulaciones o cambios en las prácticas de pesca.

VI. EVALUACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES.

Para la evaluación de los Arrecifes Artificiales se establecen las siguientes actividades

Estudios de las comunidades y especies objetivos a largo plazo;

Conducta de la captura de la flota artesanal marina que pesca cerca de los Arrecifes Artificiales;

Identificar épocas de desove y ciclos de reproducción para poder hacer un manejo ecosistémico de los arrecifes artificiales y crear su marco normativo

Evaluación efectividad o fracaso de los Arrecifes Artificiales.

VII. RESULTADOS ESPERADOS

1. Mejorar la biodiversidad costero marina en la Playa Metalío, Sonsonate
2. Aumento de la disponibilidad de recursos de importancia comercial para la pesca artesanal.
3. Mejoramiento de la condición socioeconómica de los pescadores del área de influencia.
4. Obtener áreas de reproducción de organismos.
5. Crear nuevos atractivos para el turismo de aventura, en especial el buceo deportivo.
6. Incrementar el conocimiento del estado del recurso promoviendo la adopción voluntaria de las “buenas prácticas para la extracción de productos pesqueros, y la adopción de los mismos”.
7. Elaboración de un marco jurídico y normativo que permita el uso sostenible de los recursos pesqueros en las áreas de arrecifes artificiales en la zona costero marina.
8. Crear procedimientos de co – manejo de los arrecifes artificiales.

VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Entrega de perfil de investigación												
Georreferenciación de sitios de muestreo												
Inmersiones para evaluación pesquera (Consultor OSPESCA)												
Crear marco de convenio de establecimiento de arrecifes artificiales (Reunión Jurídicos)												
Realizar visitas e iniciativas para adquirir experiencias aprendidas (intercambio), mejores prácticas, pargo vivo												
Levantamiento de línea base a nivel nacional												
Talleres de consulta con actores locales												
Validación de metodología utilizada en la Región												
Elaboración de perfil del proyecto piloto técnico económico de la región												
Postulación de proyectos de arrecifes												
Evaluación ecológica rápida de zonas potenciales												
Plan de capacitación para construcción de arrecifes												
Elaboración y Hundimiento de estructuras												
Marco Jurídico y normativo CENDEPESCA – MARN												
Monitoreo biológico pesquero												
Análisis de la información												
Elaboración de informe preliminar												
Entrega de informe final												

IX. PRESUPUESTO

Las actividades a realizar estarán siendo financiadas por la Organización del Sector Pesquero Acuícola del Istmo Centroamericano OSPESCA y por el Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura CENDEPESCA.

Actividad 1. Monitoreos y Visitas a zonas de estudio (CENDEPESCA)

Detalle	Cantidad	Costo Unitario US\$ (dólares)	Total US\$ (dólares)
Transporte/por viaje	100 galones	4*100*10=1,000.00	4,000.00
Viático/ 3 veces/semana/2 técnicos	96 *2	192*(US\$11)	2,112.00
Talleres de socialización y focus grupales	10	200	2,000.00
Subtotal			8,112.00

Actividad 2. Visita a Guatemala, Intercambio de experiencias (OSPECA)

Financiamiento en proceso.

Actividad 3. Fabricación, Hundimiento y Traslado de estructuras arrecifales (CENDEPESCA – OSPESCA)

Detalle	Cantidad	Costo Unitario US\$ (dólares)	Total US\$ (dólares)
Estructura formadora de arrecife artificial	200	96.50	19,312
Subtotal			19,312

X. BIBLIOGRAFÍA

- Bayle Sempere, J. T. & A. A. Ramos Esplá. 2003. Evaluación de la efectividad del arrecife artificial de Tabarca (Alicante) (sureste de la península Ibérica). Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 19 (1-4):183-197
- Clarke, K. P. & Warwick R. M. (1994). Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. Mar. Biol. 118:167-176.
- Clarke, K. P. & Ainsworth, M. (1993). A method of linking multivariate community structure to environmental variables. Mar. Ecol. Prog. Ser. 92:205-219.
- Jensen, A. 1997. European Artificial Reef Research. Proceedings of the first EARRN conference, March 1996, Ancona, Italy. Southampton Oceanography Centre. Southampton.
- JICA 2007. Guía para la construcción y colocación de arrecifes artificiales
- López, W. A. 2010. Caracterización socioeconómica y biofísica de madrigueras artificiales instaladas en la zona Central y Oriental de la Bahía de Jiquilisco. CODEPA/ADESCOPIP/CCAD/MARN. 33 pp.
- López Wifredo, 2015 "Directrices de ordenamiento espacial y temporal para la implementación y manejo de arrecifes artificiales en los humedales costeros de complejos Jaltepeque y Bahía de Jiquilisco n° 07/2015".
- Ludwig, J. A. and Reynolds, J. F. (1988). Statistical ecology. Wiley: New York.
- OSPESCA 2015, Creación y desarrollo de arrecifes artificiales en el Océano Pacífico de Guatemala.
- Seaman, W. 2000. Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats. Boca Raton, CRC Press, 247p.
- Ramos Esplá, A. A. 2002. Arrecifes artificiales como medidas de restauración de hábitats marinos costeros. Ecosistemas 11(1):1-8.
- Yañez-Arancibia, A. (1986). Ecología de la zona costera. AGT EDITOR S.A. México.

ANEXO 1. ENCUESTA PARA EL DIAGNOSTICO CUALITATIVO DE ARRECIFES ARTIFICIALES.

EJEMPLO DE ENCUESTA

DIAGNOSTICO DEL USO DE ARRECIFES ARTIFICIALES

Lugar: _____

Nombre de Proyecto: _____

Encuestador: _____

Ubicación Geográfica del Arrecife Artificial _____

- ¿Conoce el proyecto de arrecifes artificiales _____?

- ¿Realizan actividades de pesca en la zona de los arrecifes artificiales?

- ¿Qué comunidades realizan estas actividades?

- En caso que fuera pesca, que especies son las mas capturadas y con qué artes de pesca?

- ¿Según su experiencia, ha habido aumento sobre los recursos pesqueros de la zona?

- ¿Ha mejorado la actividad pesquera?

- ¿Ha tenido algún efecto negativo, el hundimiento de arrecifes en su zona?