



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



COASTAL RESOURCES CENTER
University of Rhode Island

MANAGING FRESHWATER INFLOWS TO ESTUARIES

Protocolo de Monitoreo a Largo Plazo, Estuario Yuna-Barracote y Bahía de Samana, República Dominicana

Enrique Pugibet, Monica Vega, Francisco Geraldés



Pugibet, E., Vega, M., Geraldés, F. (2006). Protocolo de Monitoreo a Largo Plazo, Estuario Yuna-Barracote y Bahía de Samana, República Dominicana. Preparado por The Nature Conservancy. Santo Domingo: Acuario Nacional.

PROTOCOLO DE MONITOREO A LARGO PLAZO ESTUARIO YUNA-BARRACOTE Y BAHIA DE SAMANA

(Proyecto 9-20-06)



Presentado a

The Nature Conservancy

por

Acuario Nacional

Santo Domingo
República Dominicana

Septiembre 2006

Agradecimientos

Este proyecto fue realizado con la colaboración de varias personas y organizaciones. Agradecemos al Acuario Nacional de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales y al Centro de Investigaciones de Biología Marina de la UASD por el apoyo logístico. Especialmente agradecemos a The Nature Conservancy por proveer los fondos necesarios para la ejecución del presente proyecto.

“Esta publicación ha sido posible gracias al generoso aporte de la oficina de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos, a través de la donación No. LAG-A-00-99-00045-00. Las opiniones aquí expresadas pertenecen a los autores y no representan necesariamente las opiniones de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos o de The Nature Conservancy”.

Presentación

Este trabajo es esencialmente una introducción a los modelos aplicados a la evaluación de los recursos y sistemas estuarinos y costeros. Su aplicación práctica constituye parte complementaria para facilitar el monitoreo y la comprensión de los procesos y las condiciones biológicas y socio económicas que afectan la salud de los ecosistemas acuáticos y costeros.

Este manual es el resultado de una serie de metodologías de evaluación de recursos pesqueros y de ecosistemas marinos y estuarinos aplicables a distintas comunidades costeras y marinas, en especial a la zona del estuario del Yuna- Barracote y de la Bahía de Sámana.

El manual se presenta en el mismo orden seguido en los objetivos de los términos de referencia. Se inicia con una introducción a los modelos aplicados a la evaluación de los recursos y con consideraciones relativas a la relevancia de la actividad en términos de niveles de complejidad y costos. A continuación, se ponen los protocolos de acuerdo a distintos componentes ambientales y del sistema, resaltando las posibles alternativas de monitoreo; básica, intermedia y avanzada. Finalmente se describen los métodos generales de estimación de parámetros más importantes.

En la elaboración de este protocolo colaboraron activamente biólogos marinos y pesqueros que fueron corresponsales de la orientación, los temas seleccionados y muy particularmente de la elaboración de los protocolos de monitoreo y del trabajo editorial.

Enrique Pugibet, Mónica Vega, Francisco Geraldés

PROTOCOLO DE MONITOREO A LARGO PLAZO ESTUARIO YUNA-BARRACOTE Y BAHIA DE SAMANA

Objetivos de protocolos de monitoreo:

- Establecer los muy necesarios datos de base sobre la condición general de los ecosistemas y diversidad biológica existentes, y sobre el estado de la contaminación y las condiciones oceanográficas para poder tener una visión sobre la salud de los ecosistemas y de la zona.
- Establecer la extensión y patrones de los diferentes componentes de los ecosistemas.
- Conocer las tendencias para entender el comportamiento del sistema a través del tiempo.
- Medir los impactos de las actividades antropogénicas.
- Registrar eventos naturales o antropogénicos que causen efectos.
- Obtener información necesaria para dar la voz de alerta sobre las condiciones biológicas y socioeconómicas que deterioren la salud de dichos sistemas
- Demostrar la conexión directa entre las actividades que ocurren en tierra dentro y la salud de la costa, y monitorear la efectividad de las acciones de manejo que se toman.
- Servir como guía para el desarrollo de los planes de manejo y zonación, y después evaluar si los objetivos de las acciones se cumplen y monitorear la eficacia de las políticas implementadas.
- Evaluar impactos en caso de intervención.

Tareas específicas:

1. Contaminación por metales pesados
2. Calidad de agua
3. Niveles de inundaciones
4. Biología

Generalidades sobre los protocolos

Protocolo I: el nivel base de monitoreo y por ende el que tiene el menor número de parámetros a ser monitoreados. Dada la simplicidad de este nivel, es el que permite que más lugares se monitoreen y que se monitoreen con más frecuencia (más esfuerzo de monitoreo).

Protocolo II: un nivel medio de monitoreo. Incluye todos los parámetros que se miden en el Protocolo I, pero además se mide un grupo adicional y seleccionado de parámetros. Este monitoreo debe hacerse en un subgrupo de estaciones del Protocolo I. Se detectarán cambios en calidad de agua, por ejemplo, a escalas más pequeñas de tiempo.

Protocolo III: este monitoreo se hará en estaciones seleccionadas. Se medirán todos los parámetros del Protocolo I del Protocolo II, y además un grupo seleccionado de nuevos parámetros. Proveerá datos para un análisis a largo plazo (5 a 15 años) de patrones en por ejemplo, reclutamiento, extensión de praderas de hierbas marinas, salud ambiental, etc...

1. Contaminación por Metales Pesados

Introducción

En el suelo existen unos elementos minoritarios que se encuentran en muy bajas concentraciones y al evolucionar la vida adaptándose a estas disponibilidades, ha ocurrido que las concentraciones más altas de estos elementos se han vuelto tóxicas para los organismos. Dentro de este grupo de elementos son muy abundantes los denominados metales pesados.

Se considera metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 gr cm⁻³ cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos que aunque son metales ligeros o no metales se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados; es este el caso del As, B, Ba y Se.

Dentro de los metales pesados hay dos grupos: Oligoelementos o micronutrientes, que son los requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza por plantas y animales, y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Dentro de este grupo están: As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn.

Metales pesados sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva aparejadas disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Son, principalmente: Cd, Hg, Pb, Cu, Ni, Sb, Bi.

Las concentraciones anómalas que se presentan en un suelo pueden ser por causas naturales (por ejemplo, los suelos desarrollados sobre serpentinas, con altos contenidos en elementos como Cr, Ni, Cu y Mn); los metales pesados son muy estables en el suelo y en el proceso natural de transformación de las rocas para originar a los suelos suelen concentrarse, pero, en general, sin rebasar los umbrales de toxicidad y además los metales pesados presentes en las rocas se encuentran bajo formas muy poco asimilables para los organismos.

Las rocas ígneas ultra básicas (como las peridotitas y las serpentinas) presentan los más altos contenidos en metales pesados, seguidas de las ígneas básicas (como los gabros y basaltos). Las menores concentraciones se encuentran en las rocas ígneas ácidas (como el granito) y en las sedimentarias (como las areniscas y las calizas). Los porcentajes más altos se dan para el Cr, Mn y Ni, mientras que el Co, Cu, Zn y Pb se presentan en menores cantidades, siendo mínimos los contenidos para el As, Cd y Hg.

En los suelos, los más abundantes son el Mn, Cr, Zn, Ni y Pb (1-1.500 mg/kg; el Mn puede llegar a 10.000 mg/kg). En menores concentraciones se encuentran el Co, Cu y As (0,1-250 mg/kg) y con mínimos porcentajes el Cd y Hg (0,01-2 mg/kg), según Bowen 1979.

El contenido de metales pesados en suelos, debería ser únicamente función de la composición del material original y de los procesos edafogénicos que dan lugar al

suelo. Pero la actividad humana incrementa el contenido de estos metales en el suelo en cantidades considerables, siendo esta, sin duda, la causa más frecuente de las concentraciones tóxicas. De hecho esto sucede debido a los vertidos de origen antropogénico, procedentes de vertidos industriales, de actividades mineras, de la aplicación de plaguicidas o también del tráfico rodado. Como resultado, se emiten grandes cantidades de partículas que, después de un cierto tiempo de permanencia en la atmósfera, precipitan en los suelos lejos del lugar donde han sido vertidas.

En un balance realizado a finales de la década de los años 80, se estimó que la cantidad anual de vertidos de metales en suelos ascendía a unos 5 mil billones de Kg. El 74% de esta cantidad corresponde a las cenizas procedentes de la combustión de carburantes, principalmente carbón.

Factores del suelo que afectan su acumulación y disponibilidad

La toxicidad de un agente contaminante no sólo va a depender de sí mismo sino que las características del suelo donde se encuentre van a ser decisivas. La sensibilidad de los suelos a la agresión de los agentes contaminantes va a ser muy distinto dependiendo de una serie de características edáficas.

pH. Es un factor esencial. La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto As, Mo, Se y Cr, los cuales tienden a estar más disponibles a pH alcalino. El pH, es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alto se produce la precipitación como hidróxidos. En medios muy alcalinos, pueden nuevamente pasar a la solución como hidroxicomplejos.

Por otra parte, algunos metales pueden estar en la disolución del suelo como aniones solubles. Tal es el caso de los siguientes metales: Se, V, As, Cr. La adsorción de los metales pesados está fuertemente condicionada por el pH del suelo (y por tanto, también sus solubilidad

Textura. La arcilla tiende a adsorber a los metales pesados, que quedan retenidos en sus posiciones de cambio. Por el contrario los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación de los metales pesados, los cuales pasan rápidamente al subsuelo y pueden contaminar los niveles freáticos.

Estructura. Favorece la entrada e infiltración de la contaminación de metales pesados en el suelo.

Mineralogía de las arcillas. Cada especie mineral tiene unos determinados valores de superficie específica y descompensación eléctrica. Ambas características son las responsables del poder de adsorción de estos minerales. La capacidad de cambio de cationes es mínima para los minerales del grupo de la caolinita, baja para las micas, alta para las esmectitas y máxima para las vermiculitas.

Materia orgánica. Reacciona con los metales formando complejos de cambio y quelatos. Los metales una vez que forman quelatos o complejos pueden migrar con mayor facilidad a lo largo del perfil. La materia orgánica puede adsorber tan

fuertemente a algunos metales, como es el Cu, que pueden quedar en posición no disponible por las plantas. Por eso algunas plantas, de suelos orgánicos, presentan carencia de ciertos elementos como el Cu. El Pb y el Zn forman quelatos solubles muy estables.

Complejación por la materia orgánica del suelo. Es uno de los procesos que gobiernan la solubilidad y la bioasimilación de metales pesados. La toxicidad de los metales pesados se potencia en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, lo que facilita su solubilidad, disponibilidad y dispersión. La estabilidad de muchos de estos complejos frente a la degradación por los organismos del suelo es una causa muy importante de la persistencia de la toxicidad. Pero también la presencia de abundantes quelatos puede reducir la concentración de otros iones tóxicos en la solución del suelo. La estabilidad de los complejos tiende a seguir la siguiente secuencia: $Cu > Fe > Mn = Co > Zn$

Capacidad de cambio. Es función del contenido de arcilla y materia orgánica, fundamentalmente. En general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo de fijar metales. El poder de adsorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia, menos fuertemente quedan retenidos.

Condiciones redox. El potencial de oxidación-reducción es responsable de que el metal se encuentre en estado oxidado o reducido. Los diagramas Eh-pH se utilizan para mostrar la estabilidad de compuestos de metales pesados y proporciona un método fácil para predecir el comportamiento de los metales pesados frente a un de cambio en las condiciones ambientales. i) Cambio directo en la valencia de ciertos metales; por ejemplo, en condiciones reductoras el Fe^{3+} se transforma en Fe^{2+} , los iones reducidos son mucho más solubles. ii) En segundo lugar, las condiciones redox pueden afectar indirectamente la movilidad de metales. Así muchos metales están asociados o adsorbidos a hidróxidos de Fe y Mn, estos no son estables a Eh bajos y se convierten en FeS o $FeCO_3$ dependiendo de las condiciones químicas, cuando esto ocurre los metales que estaban asociados con los hidróxidos de Fe y Mn se movilizan.

En ambientes muy reductores el Fe se puede combinar con el S^{2-} hasta convertirse en pirita. Cuando los suelos y sedimentos contienen cantidades significantes de pirita y aumenta el Eh (creación de condiciones más oxidantes) el S^{2-} se oxida a SO_4^{2-} liberando cantidades de H_2SO_4 , el suelo se acidifica fuertemente y los metales se hacen muy solubles. La fase estable dominante es $PbCO_3$, que se hace más inestable si las condiciones ambientales son más ácidas. El $PbCO_3$ tiene un elevado producto de solubilidad y cuando este mineral se encuentra en aguas superficiales, se observan altas concentraciones de Pb. Por otra parte, cuando el azufre es abundante se forman los compuestos indicados en el diagrama de la derecha. Bajo condiciones reductoras (bajo Eh) el PbS es la fase estable. El sulfuro de plomo se forma en estuarios y medios marinos donde los sulfatos se reducen a sulfuros que reaccionan con plomo para formar sulfuro de plomo (insoluble). Por tanto condiciones ambientales que provoquen un aumento del potencial redox, podrían originar la inestabilidad del sulfuro de plomo, con una subida de la concentración de plomo disuelto

Oxidos e hidróxidos de Fe y Mn. Juegan un importante papel en la retención de los metales pesados. Tienen una alta capacidad de fijar a los metales pesados e inmovilizarlos. Además, estos compuestos se presentan finamente diseminados en la masa del suelo por lo que son muy activos. Los suelos con altos contenidos de Fe y Mn tienen una gran capacidad de adsorber metales divalentes, especialmente Cu, Pb y en menor extensión Zn, Co, Cr, Mo y Ni.

Carbonatos. La presencia de carbonatos garantiza el mantenimiento de altos valores de pH, en los que como ya hemos visto tienden a precipitar los metales pesados. El Cd, y otros metales, presenta una marcada tendencia a quedar adsorbido por los carbonatos.

Salinidad. El aumento en salinidad puede incrementar la movilización de metales pesados por dos mecanismos. Primeramente los cationes asociados con las sales (Na, K) pueden reemplazar a metales pesados en lugares de adsorción. En segundo lugar los aniones cloruro pueden formar complejos solubles estables con metales pesados tales como Cd, Zn y Hg. Tienden a dar suelos de pH básicos.

En definitiva, según la forma en la que se encuentre el metal retenido en el suelo, así será la disponibilidad relativa por las plantas y por tanto la incorporación en los organismos.

Forma de retención en el suelo	Disponibilidad relativa
Iones en solución del suelo	Fácilmente disponible
Ión en complejo de cambio	Relativamente disponibles pues estos metales, por su pequeño tamaño y altas cargas, quedan fuertemente adsorbidos
Metales quelados por compuestos orgánicos	Menos disponibles
Metal precipitado o coprecipitado	Disponible sólo si ocurre alguna alteración química
Incorporado a la matriz biológica	Disponible después de la descomposición
Metal en la estructura mineral	Disponible después de la meteorización

Al ir transcurriendo el tiempo disminuye la disponibilidad de los metales, ya que se van fijando en las posiciones de adsorción más fuertes y también los geles van envejeciendo y se van volviendo más cristalinos.

En general se considera que la movilidad de los metales pesados es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes subsuperficiales en muy pequeñas cantidades. Es por ello que la presencia de altas concentraciones en el horizonte superficial seguida de un drástico decrecimiento a los pocos centímetros de profundidad es un buen criterio de diagnóstico de contaminación antrópica.

El ciclo biogeoquímico de algunos elementos naturales como los metales pesados, están fuertemente influenciados por la actividad antrópica. Se caracterizan por su persistencia en el ambiente y alta toxicidad. Algunos de ellos, (Fe, Zn, Cu, Co entre otros) son

esenciales para los organismos vivos a muy bajas concentraciones, e incluso pueden limitar la producción primaria de un ecosistema. Se los encuentra distribuidos entre los diferentes sustratos (agua, sedimentos, organismos) y bajo diferentes formas químicas (no solo inorgánicas sino también orgánicas, como es el caso del TBT o tri-butil estaño) y de ellas depende en gran medida su toxicidad.

Los metales encontrados en ambientes costeros provienen de una variedad de fuentes antropogénicas y naturales. Las principales fuentes antropogénicas en la zona costera están relacionadas con las actividades portuarias y con el desarrollo urbano e industrial.

Los sedimentos son en general utilizados para determinar la extensión y fuentes de contaminación ya que, en cualquier parte del ciclo hidrológico, más del 99% de los metales se encuentran en este sustrato. A través de diferentes tratamientos químicos, se distingue qué porcentaje de la concentración total de un dado metal es de origen natural (litogénico) y qué porcentaje es antropogénico. La fracción litogénica corresponde a los metales incorporados en la estructura cristalina de los minerales que lo forman, mientras que la no litogénica se caracteriza por ser más lábil y en consecuencia con mayores posibilidades de ser incorporada por la biota (biodisponibilidad).

Se analizan además otros parámetros que afectan la retención de los metales en el sedimento, como son sus propiedades físicas, el contenido de materia orgánica y el potencial de óxido reducción, y parámetros ambientales de la masa de agua, (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y turbidez) que puedan influir en la distribución de estos elementos en el sistema.

Los estudios en la biota se basan en la determinación de la concentración y distribución en tejidos blandos de organismos indicadores, seleccionados en base a sus propios atributos (especie, talla, peso, ciclo de vida, etc.) y a los parámetros ambientales del área de estudio. La cuantificación en la biota reviste importancia tanto para la salud del ecosistema como para la salud pública, cuando se trata de especies comestibles. Los resultados de las investigaciones en campo, son complementados mediante ensayos en el laboratorio. Esta información permite estimar el grado de perturbación antrópica y sugerir alternativas de manejo. La información se transfiere a la comunidad científica nacional e internacional, a las autoridades municipales y provinciales y empresas interesadas. Puede ser utilizada para generar cambios tendientes a conservar el ambiente, la biodiversidad y a proteger los recursos naturales de la región.

En caso de detectarse irregularidades o perturbaciones en ambientes acuáticos que justifiquen el estudio de sus posibles causas o consecuencias, es de vital importancia la acción rápida y coordinada entre personal especializado y los damnificados y/o personas interesadas.

A tal efecto y con objeto de agilizar la evaluación del problema, se detallan una serie de pautas a seguir. (El esclarecimiento de tales problemas depende muchas veces de la rapidez con la que se proceda).

Procedimiento

1. Notificar a las Autoridades Competentes con la mayor brevedad posible..

2. Tomar muestras de agua:

Cuando: Lo antes posible y siguiendo el instructivo desarrollado a continuación.

Implementos: Botellas de plástico y vidrio (tipo gaseosa o agua mineral), bien limpias y enjuagadas. Conservadora provista de hielo. Bolsas de nylon. Marcador de tinta indeleble o lápiz y etiquetas.

Donde: En la zona afectada, debemos elegir como mínimo dos puntos en los márgenes del cuerpo de agua, distantes uno del otro, y de ser posible muestrear también en puntos alejados de la costa. En cada lugar seleccionado se tomarán un total de tres muestras.

Como y con que: Las muestras de agua se tomarán mediante el empleo de las botellas. La operación se llevará a cabo con dos botellas plásticas y una de vidrio en cada punto. Las mismas se sumergirán unos 30 cm y se mantendrán allí hasta llenarlas.

Acto seguido, se deberá indicar claramente en una etiqueta o en la botella con el marcador: fecha, hora, y se asignará un número que corresponda a cada punto de muestreo (las tres botellas llevarán el mismo número). Guardar rápidamente en heladera. (ni congelador ni freezer), antes de dirigirse a otro punto de muestreo.

3. Mortandad: En caso de existir una mortandad de peces, deberán sumarse los siguientes pasos a los ya detallados. Recoger los peces empleando una red de mano. Elegir los peces moribundos, en caso contrario aquellos recién muertos. (Entre 10 y 15 de cada especie afectada). Los ejemplares deben ser depositados en bolsas plásticas junto con una etiqueta escrita con lápiz especificando el lugar y fecha de la recolección, estado de los peces al ser recolectados. Llevar rápidamente las bolsas al frío de heladera (ni congelador ni freezer). De ser posible se deberán recolectar 1 o 2 peces adicionales de cada especie afectada y colocarlos en un envase de plástico hermético, lleno de una solución de 10 partes de agua cada una de formol.

Modo de operación:

Una vez que el personal de las instancias correspondientes tomen contacto con el problema, en primera instancia se concurrirá al sitio donde se realizará una evaluación in situ, toma de muestras pertinentes, traslado de las mismas a profesionales competentes para su análisis en laboratorio. Se cubrirán todas las fases requeridas para un estudio integral de las comunidades de organismos acuáticos y su medio. En base a la integración de los resultados, información general y una profunda investigación bibliográfica se identificará la naturaleza y magnitud del problema. Finalmente se elaborará un informe, donde conste claramente la tarea realizada, las causas del problema, recomendaciones (posibilidad de soluciones, precauciones, etc.).

Monitoreo de la Fauna Ictica

La estructura de la comunidad de peces tiene por objeto el monitoreo de la fauna íctica en a los efectos de:

- Evaluar episodios de mortandad de peces.
- Efectuar estimaciones de impacto ambiental.
- Optimizar el sistema de transferencia de peces.
- Estimar restricciones a los recursos pesqueros.

Monitoreo de Sustancias Tóxicas

Debido al uso agrícola generalizado, con prevalencia de cultivos intensivos, es de esperar la presencia de sustancias y elementos tóxicos (insecticidas, herbicidas, funguicidas y metales pesados) disueltos, en suspensión, sedimentados y/o incorporados a la biota acuática. Las sustancias tóxicas son transportadas por el agua de escorrentía y llegan a la bahía de Samaná con relativa rapidez, distribuyéndose de acuerdo a sus propiedades. Los mayores efectos son esperables en la biota acuática debido, entre otros factores, a la biomagnificación y a la bioconcentración, por lo cual valores bajos de concentración alertan ya sobre peligros potenciales.

La magnitud del riesgo es mayor para los compuestos clorados y metales pesados debido fundamentalmente a su alta persistencia en el medio y a sus efectos encubiertos sobre formas larvales y juveniles y, a su acumulación en los sedimentos.

El programa de monitoreo, tiene como objetivos el monitoreo trimestral de estaciones, seleccionadas por sus antecedentes, a los efectos de determinar:

- Situación Sinóptica.
- Evaluación de tendencias.
- Determinar las causas y su importancia relativa.
- Establecer medidas de control o mitigación.

2. Calidad de Agua

Introducción y Conceptos

Amenazas a la calidad de agua ecosistemas costeros marinos: Generalidades

(Esta sección esta tomada en parte de: Chiappone Mark, G. A. Delgado, F. X. Gerald, L. Greer, E. Pugibet, Y. Rodríguez, K. M. Sullivan, P.K. Swart, R. E. Torres, J. Tschirky, M. Vega, 2001 Conservación de la Calidad del Agua en Áreas Marinas Protegidas: el caso del Parque Nacional del Este, República Dominicana. Editado por Mark Chiappone, Traducido por M. Bello y G. Bustamante. The Nature Conservancy)

La población humana se encuentra en crecimiento constante, esto ocurre dentro de los 20 km de la costa. Los 25 países de la cuenca del Caribe crecen a una tasa promedio anual de 3%, duplicándose en menos de 25 años. La población costera excederá los 55 millones de personas para el año 2000, (UNEP, 1994). La degradación de la calidad del agua podría ser el problema más importante y generalizado en las áreas costeras tropicales, no obstante la mayoría de los países han sobrestimado la capacidad del océano para absorber las descargas de contaminantes. Debe señalarse, sin embargo, que existen pocos datos que documenten el alcance espacial y temporal de la contaminación en la cuenca caribeña (UNEP, 1994). No obstante se verifica a simple vista la degradación de la calidad en la mayoría de las ciudades litorales y zonas de estuarios

Las principales fuentes de contaminantes provenientes de tierra en el Atlántico occidental tropical pueden ser categorizadas por su origen y componentes (UNEP, 1994). También como puntuales y no puntuales. Las fuentes puntuales son primariamente descargas industriales y de aguas negras, mientras que las fuentes no puntuales pueden originarse desde áreas urbanas o rurales, a saber: arrastre de aguas de tormentas (arrastre superficial y descargas de aguas subterráneas), drenaje laminar en áreas urbanas y el drenaje agrícola en áreas rurales

Las fuentes terrestres de contaminación representan una gran amenaza ambiental para los ecosistemas costeros y puede impactar las aguas dulces y los ambientes marinos, así como también los recursos de aguas subterráneas. Una de las fuentes primarias de contaminación los ecosistemas tropicales costeros es el tratamiento inadecuado de las aguas residuales. Se estima que menos de 10% de las aguas residuales generados en la cuenca del Caribe son tratados adecuadamente (tratamiento secundario) (UNEP, 1994). Ese estudio encuentra que 1/3 de las plantas de tratamiento de aguas residuales descargan los afluentes en el litoral, mientras que el 22% lo hace en corrientes fluviales y lagunas costeras.

Entre los contaminantes que aportan las aguas residuales y la escorrentía agrícola no puntuales, son elementos derivados del uso de fertilización tales como el nitrógeno y el fósforo, que provocan procesos de eutrofización. Esto ocasiona perturbación a los organismos, representando una función combinada de nutrientes antropogénicos y enriquecimiento de materia orgánica, incremento de la sedimentación, e introducción de toxinas.

La polución extensiva en puertos y bahías a lo largo del gran Caribe ha sido bien documentada. El ritmo de conversión de bosques y humedales costeros en tierras de uso agrícola, junto con el incremento del uso de los fertilizantes (31% de aumento en 17 países entre 1979 y 1989), aumenta la severidad de la eutroficación costera (aumento de la tasa de aporte de materia orgánica) en muchas áreas del Caribe (UNEP, 1994).

Las fuentes terrestres de sólidos totales suspendidos (STS) en el Atlántico occidental tropical, ocasionan modificaciones en los ecosistemas costeros. Alrededor del 80% de las descargas globales de sedimento al océano se lleva a cabo por los sistemas fluviales tropicales y subtropicales. La fuente más importante de descarga de sedimentos son los ríos, otras fuentes contribuyentes son la erosión de las cuencas fluviales producto de la deforestación, la urbanización, la agricultura y el relleno de playas. Las fuentes terrestres de sedimentos en el Atlántico occidental tropical han aumentado un 20% desde 1960 debido a las actividades humanas (UNEP, 1994).

La introducción a gran escala de contaminantes en los ecosistemas costeros es un problema creciente en el Atlántico tropical. Los contaminantes más importantes son los siguientes: plaguicidas, hidrocarburos de petróleo, y compuestos químicos industriales (bifenoles policlorinados, PCBs); estos se introducen al ambiente desde fuentes puntuales y no puntuales. La mayoría de los contaminantes representan una amenaza considerable a los ecosistemas costeros ya que pueden ser altamente tóxicos y son bioacumulativos, lo que significa que algunos no pueden ser metabolizados por organismos, y sus concentraciones aumentan con el nivel de la cadena trófica (por ej., en los carnívoros).

En el Caribe el uso general de plaguicidas parece haberse incrementando. Por ejemplo, entre 1974 y 1984, el uso de plaguicidas aumentó en 7 de los 14 países examinados (UNEP, 1994). En la República Dominicana, este incremento fue de 68%. El uso de plaguicidas, que está actualmente prohibido en muchos países desarrollados, como varios insecticidas organoclorados (por ej., DDT), está aumentando en el Caribe a consecuencia de la agricultura. Existe información que muestra que estos compuestos se dispersan rápidamente en los trópicos, principalmente debido a la alta precipitación, depositándose eventualmente en regiones templadas más frías.

Síntomas biológicos de degradación de la calidad del agua

Existen varios síntomas biológicos de degradación de la calidad del agua para ecosistemas costeros tropicales. Estos ejemplos señalan los mecanismos por los cuales la degradación de la calidad del agua puede afectar la diversidad biológica en las zonas costeras, así como la estructura y funcionamiento del ecosistema.

Mortandad de hierbas marinas

La pérdida de hierbas marinas en muchas aguas costeras tropicales puede ocurrir como resultado del enriquecimiento de nutrientes y el flujo de agua dulce a las bahías, estuarios, y otros ambientes costeros. Estos factores pueden conducir a cambios profundos al permitir que el fitoplancton, las algas bentónicas y epífitas crezcan de forma excesiva cubriendo las hierbas marinas. La mortandad de hierbas marinas en los ecosistemas costeros tiene implicaciones importantes para la estructura y función del ecosistema: disminución de productividad, pérdida de hábitat para una gran variedad de invertebrados y peces, cambios en la estructura de la cadena alimenticia, desestabilización de los sedimentos, e introducción a las aguas superficiales del sulfuro

acumulado en el agua de los sedimentos (Smith y Robblee, 1994). La descomposición de las hojas de hierbas marinas y otras materias orgánicas puede producir florecimientos de fitoplancton, contribuyendo a aumentar la turbidez y produciéndose un cambio en la productividad, del bentos a la columna de agua.

Florecimientos de algas

Los florecimientos de algas se describen comúnmente como la manifestación de dos fenómenos en aguas costeras:

- a. acumulación de algas bentónicas en hábitats cercanos a las costas. Las acumulaciones de algas bentónicas en aguas litorales es frecuentemente un indicador de ciclos naturales pero en ocasiones es una consecuencia del aporte de nutrientes antropogénicos.
- b. florecimientos que crean áreas extensas de “sopa” u otro tipo de coloración marcadamente diferente. Los florecimientos de dinoflagelados, crisofitas, diatomeas y algas verde-azules y se han asociado con una serie de efectos nocivos.

Conceptos y definiciones de calidad del agua

Los procesos de circulación trata los patrones a mediana y pequeña escala del movimiento del agua, y en qué medida estos patrones pueden afectar su calidad las propiedades físico-químicas del agua de mar, en donde se incluyen los principios químicos básicos del agua de mar y su composición, como se miden, y las implicaciones de la variabilidad de la calidad del agua sobre los organismos y el ecosistemas, y el ciclo de nutrientes e indicadores biológicos de la calidad del agua, donde se describen los ciclos de nutrientes y los indicadores biológicos usados para evaluar la calidad del agua, incluyendo información sobre fuentes, transformaciones y métodos de medición y determinación

Procesos de circulación

a. Procesos a mesoescala

Los procesos físicos en el orden de 1 a 1000 kilómetros en una escala espacial incluyen la estructura vertical en las aguas costeras (plataforma continental), las corrientes generadas por los vientos, y las corrientes de marea. Los principales mecanismos generadores del flujo de agua en las plataformas de islas y continentes son las mareas, los vientos, las diferencias del calentamiento, y el aporte de agua dulce. Estos mecanismos, a la vez, pueden ejercer una influencia determinante sobre la calidad del agua y por ende en la distribución y abundancia de los organismos

Las mareas se generan por la atracción gravitacional de la luna y el sol, y son muy conocidas por los ascensos (marea llena) y descensos (marea baja o saliente) del nivel de mar sobre en pocas horas. Las mareas son el resultado de una ligera desproporción entre dos fuerzas: a. la atracción entre la luna y el sol y, b. la fuerza centrípeta que se requiere para mantener el agua del océano en movimiento con una trayectoria circular conjuntamente con el resto del planeta. Las mareas pueden generar corrientes en el agua que, a su vez, interactúan recíprocamente con los fondos y producen turbulencia. Los patrones de marea en muchas áreas pueden ser complejos debido a la presencia de bancos grandes y semicerrados, así como de islas y arrecifes. Aún dentro de áreas localizadas, se puede observar un cambio de fase de marea de varias horas entre los lados este y oeste de una isla en particular

La región del Atlántico occidental tropical se caracteriza por poseer un ambiente costero de micro mareas, con un diapasón medio de mareas de 10-20 cm para la mayoría del área (Kjerfve, 1981). Para la mitad occidental de La Española las mareas son mixtas, principalmente diurnas, Para la mitad Este de La Española hasta las Islas Vírgenes, las mareas son diurnas

El efecto del viento sobre la superficie del mar puede inducir corrientes superficiales por la fricción directa (tensión de viento). Las condiciones de viento en muchas áreas del norte caribeño, incluyendo la República Dominicana, están dominadas por los vientos predominantes del Este, los frentes fríos invernales desde el Norte-Noroeste y las tormentas tropicales. Las corrientes generadas por los vientos pueden también afectar los procesos de marea, complicando aún más los patrones de circulación de las aguas someras

Propiedades físico-químicas del agua de mar

El agua de mar está formada de un número de componentes diferentes que pueden ser divididos en las fases siguientes:

Sólidos, como las partículas orgánicas (detritus de plantas) y materiales inorgánicos (minerales), gases, como el nitrógeno, el argón, el dióxido de carbono y el oxígeno, coloides orgánicos e inorgánicos, y sólidos disueltos inorgánicos y orgánicos

Los componentes que influyen sobre la composición química del agua de mar, por ejemplo: la salinidad, la cual y aunque cambie de un lugar a otro, la composición del agua que determina la salinidad permanece relativamente constante. Los nutrientes es el segundo grupo en importancia; estas materias disminuyen generalmente en la superficie (debido a que son absorbidas por las plantas), y aumentan su concentración con la profundidad. Como ejemplo de nutrientes tenemos a los siguientes: nitrógeno, silicio, fósforo, cromo, fósforo y cobre. Otros componentes del agua de mar (como los metales, mas pesados) son otro tipo de nutriente, pero sus concentraciones también son escasas en la superficie, tales como plomo, hierro, cobalto, etc.

En contraste con el mar abierto, los estuarios y zonas litorales están generalmente caracterizados por una gran variabilidad físico-química, reflejando la influencia de las descargas de ríos, las corrientes de marea, los efectos de la línea costera sobre las corrientes, y las zonas bajas. Las descargas de los ríos pueden reducir la salinidad y aumentar la turbidez, mientras las corrientes de marea pueden promover mezcla vertical y resuspender los sedimentos. Los aportes de agua dulce normalmente presentan fluctuaciones estacionales que corresponden a períodos de precipitaciones.

Salinidad

La salinidad puede definirse como la masa de sales disueltas o cantidad total de materia disuelta en una masa determinada de agua de mar. Una definición más precisa e histórica sería "la cantidad total de materias sólidas, en gramos, contenidas en un kilogramo de agua de mar cuando todos los carbonatos se hallan convertidos en óxido, los bromuros y yoduros se han reemplazado por cloruros, y todo la materia orgánica completamente oxidada" (Pickard y Emery, 1990). La salinidad se expresa comúnmente en g/kg ó más frecuentemente en partes por mil, denotadas por el símbolo ‰ o ppt.

El agua de mar contiene la mayoría de los elementos conocidos; sin embargo, los componentes primarios de la sal de mar son el cloro (55.0%), sodio (30.6%), sulfato (7.7%), magnesio (3.7%) y potasio (1.1%). Junto con la temperatura, la salinidad define la densidad del agua de mar; la determinación de la densidad, contribuye a su vez a la identificación de un cuerpo o masa de agua en particular (Pickard y Emery, 1990).

La salinidad en el océano es máxima a los 20° de latitud norte y latitud sur debido a la gran evaporación, y baja en el ecuador a consecuencia de las precipitaciones. Además de la importancia para la densidad y el movimiento de las masas de agua, la salinidad es vital para los organismos ya que afecta la osmorregulación y otros procesos fisiológicos. Por lo tanto, cambios en las condiciones ambientales debido a actividades humanas (alteración de ciclos hidrológicos, afluentes hipersalinos o descarga de aguas residuales) y a factores naturales (El Niño, tormentas tropicales) pueden ocasionar alteraciones metabólicas tales como cambios en la respiración, crecimiento y mortalidad

Temperatura

La temperatura se define como el nivel de la energía cinética interna de un sistema de partículas o un cuerpo. La temperatura se expresa comúnmente en la escala Celsius (°C). En la mayoría de las latitudes bajas y medias, la temperatura de las capas superiores del océano (entre la superficie y 500 m de profundidad), es el factor principal que afecta la densidad del agua de mar, lo que a su vez es importante para evaluar los patrones de circulación. La temperatura puede variar en función de las variaciones diurnas (día/noche o fotoperíodo), estaciones del año, nubosidad y profundidad. Las variaciones en la temperatura pueden indicar transferencia de calor por las corrientes, absorción de energía solar, pérdida por evaporación y otros mecanismos. A su vez, la temperatura afecta los procesos físicos, químicos y biológicos, así como la concentración de muchas sustancias (solubilidad de gas).

La temperatura puede medirse usando diferentes métodos; al ser fácilmente medida con termómetros. Para medir la temperatura de una muestra de agua superficial tomada con un balde, se usa generalmente un termómetro ordinario de mercurio, teniendo cuidado de no exponer el balde al sol (calentamiento) o a la evaporación del viento (enfriamiento) así como aparatos tales como el registrador de temperatura, conductividad y profundidad (CTD).

En ambientes tropicales la variación diurna y estacional de la temperatura es pequeña comparado con áreas costeras templadas. Aunque existe una mayor estabilidad térmica en los trópicos, la competencia por los recursos es mayor. Las áreas litorales tropicales tienden a ser más variables que las de mar afuera, reflejando diferencias en la capacidad de almacenar calor, así como también a la exposición de las condiciones predominantes del estado del tiempo

La temperatura afecta notablemente el metabolismo, comportamiento (producción, respiración), distribución, y abundancia de la mayoría de los organismos acuáticos. Los organismos tropicales están expuestos a regímenes térmicos relativamente constantes, por lo tanto, sus capacidades de responder metabólicamente a cambios en la temperatura deben ser menores a la de los organismos de zonas templadas.

Oxígeno disuelto

El contenido de oxígeno disuelto (OD) es una medida de la capacidad de las aguas para sostener vida acuática. La fuente principal de oxígeno del agua de mar es la atmósfera;

en la superficie el agua de mar esta cerca del punto de saturación (Pickard y Emery, 1990). El oxígeno disuelto es importante en los procesos biológicos. La distribución de oxígeno en los océanos esta determinada por:

el equilibrio de oxígeno atmosférico en la capa superficial mixta,
la producción biológica en aguas subsuperficiales debido a la fotosíntesis,
el uso biológico en los procesos de respiración y oxidación de las plantas, y
al hundimiento de las aguas más frías ricas en oxígeno (efecto de solubilidad)

El oxígeno esta pobremente disuelto en el agua, y la concentración de saturación del oxígeno depende fundamentalmente de cuatro factores:

salinidad,
temperatura,
presión atmosférica, y
procesos biológicos

La solubilidad del oxígeno esta inversamente relacionada con la temperatura y la salinidad. Las concentraciones de oxígeno disuelto en los ambientes costeros tropicales pueden exhibir importantes variaciones espaciales y temporales, reflejando cambios en la salinidad, la temperatura, la profundidad, la turbulencia, la hora del día y época del año, y la actividad biológica

Es importante recordar que los organismos tropicales deben también estar mejores adaptados a niveles inferiores de oxígeno disuelto, como una consecuencia de la disminución de la solubilidad de oxígeno en las aguas más cálidas.

Turbidez y sedimentación

La turbidez es una de medida de la propiedad óptica del agua, siendo una función del tipo y concentración de la materia suspendida. Específicamente, la turbidez expresa la atenuación de la luz debido a la dispersión propia del agua, de la materia orgánica e inorgánica suspendida. La misma puede determinarse usando un nefelómetro, un disco Secchi, Este es un instrumento simple de medir irradiación que consiste de un plato blanco y negro de 30 cm de diámetro que se ata al extremo de una cuerda marcada con incrementos en metros. El disco se introduce en el agua y se baja lentamente anotándose la profundidad a la cual se deja de distinguir el disco. Las lecturas del disco Secchi se han correlacionado con la turbidez dada la relación entre la materia total suspendida y los coeficientes de atenuación de la luz

La turbidez varía normalmente según la dinámica de la hidrográfica costera, con la marea y los ciclos estacionales, así como con las tormentas. Los procesos naturales pueden afectar la transparencia del agua y el metabolismo de los organismos, particularmente en las comunidades bentónicas. Los cambios en la turbidez pueden afectar el crecimiento, la abundancia, el reclutamiento, y la diversidad de los organismos bentónicos. El exceso de nutrientes pueden estimular el crecimiento y abundancia de fitoplancton, provocando así la disminución de la claridad del agua y afectando los organismos bentónicos (USEPA, 1991).

La sedimentación es en principio un reflejo de la interacción entre procesos físicos y biológicos. Entre estos se encuentran factores antropogénicos o naturales que pueden afectar la sedimentación. Los procesos naturales incluyen aporte fluvial, drenaje

terrestre después de fuertes lluvias, erosión de la línea costera, y resuspensión de sedimentos durante tormentas tropicales. Los aportes antropogénicos de nutrientes, el aumento de la turbidez a consecuencia del dragado y el arrastre terrestre debido a la urbanización y el desarrollo agrícola

La deposición del sedimento o la resuspensión se mide generalmente con trampas de sedimento. Estas capturan los sedimentos resuspendidos o la materia que se deposita sobre el fondo. El flujo de este material es una medida bruta de la tasa de sedimentación y se correlaciona generalmente con las partículas suspendidas. Las trampas se establecen y recobran usualmente al cabo de 2-4 semanas. Después de recuperadas, el contenido se vierte en filtros previamente pesados y se enjuaga con agua destilada para eliminar las sales. Después se secan los filtros en una estufa hasta alcanzar peso constante. La cantidad de sedimento sobre cada filtro se determina por la substracción del peso del filtro. La tasa de sedimentación (mg peso seco/cm²-día) se calcula como: $\{(\text{sedimento} + \text{peso de filtro}) - \text{peso de filtro}\} / (\text{número de días en el sitio} \times \text{área de la trampa})$.

Ciclos de nutrientes e indicadores biológicos

Los nutrientes son indispensables para el fitoplancton, otros productores primarios, y la mayoría de los organismos en alguna concentración determinada. Ellos son el material básico del flujo energético y los componentes estructurales de los sistemas biológicos. Las tasas de producción primaria están afectadas por la disponibilidad de nutrientes, lo que a su vez afecta la composición por especies, biomasa de la comunidad y la producción secundaria.

La mayoría de los nutrientes del agua de mar se consideran micro-nutrientes, dada la pequeña proporción en que estos se encuentran en relación con los componentes dominantes del agua de mar. Los micro-nutrientes más importantes para el fitoplancton y las algas bentónicas son: nitrógeno, fósforo, silicio, hierro, manganeso, cobre, zinc y cobalto. El estado de nutrientes de organismos y ecosistemas está determinado a menudo por la composición elemental (el coeficiente Redfield, C:N:P) en organismos, biomasa de la comunidad y detritus. La composición de organismos varía con respecto a la disponibilidad de nutrientes, condiciones ambientales y estado fisiológico.

Las fuentes de nutrientes en los ecosistemas costeros tropicales son suministradas mediante:

eventos dinámicos en el borde de la plataforma como resultado de la interacción de las mareas y la topografía local

precipitaciones y procesos atmosféricos

descargas de ríos y aporte terrestre (drenaje, colonias de aves, aguas subterráneas) sobre todo de islas y continentes elevadas

afloramientos costeros generados por los vientos, grandes olas de origen distante y la interacción entre las corrientes y la topografía local

Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los dos micro-nutrientes más importantes que regulan la producción primaria en los ecosistemas costeros. El nitrógeno se encuentra prominentemente en todo las esferas del ambiente. Puede ser un nutriente esencial

limitante para el crecimiento de las algas en las aguas costeras, pero es generalmente el nutriente limitante secundario (después del fósforo) en los ambientes carbonatados. El N es usado por los organismos en la síntesis de aminoácidos (proteínas), y de ácidos nucleicos. Las formas inorgánicas principales (biodisponibles) del N son el nitrato (NO_3^-), el nitrito (NO_2^-) y el amonio de amoniaco ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$). El nitrógeno orgánico disuelto (NOD) está compuesto de ácidos húmicos y fúlvicos, macromoléculas, coloides orgánicos y otros fragmentos de moléculas orgánicas. El nitrógeno también existe en forma particulada inorgánica y orgánica, representado por el detritus y otras materias de células muertas, así como también en el fitoplancton y otros protoplasmas vivientes.

Las concentraciones de las formas disueltas de nitrógeno inorgánico se determinan usando colorímetros. Las muestras de agua deben ser analizadas preferiblemente dentro de 1-2 horas de haber sido colectadas o por lo menos congeladas a $-20\text{ }^\circ\text{C}$. El nitrato se determina en el agua de mar corriendo muestras de agua en una columna de cadmio revestida con cobre metálico que reduce el nitrato a nitrito. El nitrito producido se determina por diazotización con sulfanilamida acoplado con N-(1-naftil)-etilendiamina para formar un tinte azótico altamente coloreado que puede ser medido en un espectrofotómetro. El límite de detección en este tipo de procedimiento es de $0.05\text{-}45\text{ }\mu\text{g-at/l}$ (μM). Cualquier concentración de nitrito inicialmente presente en la muestra debe corregirse, no obstante, las concentraciones de nitrito en las aguas superficiales del Caribe son usualmente muy bajas.

La concentración de amonio (expresado como amonio o NH_4^+ en agua de mar) puede determinarse usando una determinación fotométrica sensible, basada en una reacción de oxidación con hipoclorito en un medio alcalino. Un método alternativo es tratar las muestras en un medio de citrato alcalino con hipoclorito de sodio y fenol en presencia de nitroprusiato de sodio (catalizador). El color azul del indofenol formado con el amonio se mide entonces con un espectrofotómetro.

El ciclo del nitrógeno en el ambiente es más complejo que el del fósforo, ya que el primero es dominado por una fase gaseosa y mediado por transformaciones microbianas que involucran cambios en el estado de oxidación. El nitrógeno gaseoso puede incorporarse a compuestos inorgánicos y orgánicos mediante procesos altamente energéticos (relámpagos) y mediante la fijación por microorganismos (conversión del N_2 a NH_4^+). Los productores primarios pueden entonces utilizar el nitrógeno orgánico e inorgánico (nitrato) de las aguas superficiales.

La regeneración del nitrógeno se realiza principalmente mediante la oxidación bacteriana de las formas orgánicas. El amonio y los aminoácidos disueltos son las formas inorgánicas disueltas regeneradas del N (producido como un subproducto del catabolismo de los aminoácidos). El amonio se asimila más fácilmente que el nitrito o el nitrato porque el nitrato tiene que ser reducido antes de ser asimilado por las plantas. La presencia de altos niveles de amonio puede indicar a menudo la presencia de descargas de desechos o el drenaje de agua de lluvias. Aproximadamente 50-60% del nitrógeno total en las aguas de desechos se encuentra en forma de amonio, ya que este compuesto es el producto inicial de la descomposición de los desechos orgánicos nitrogenados. El nitrato puede regenerarse a partir de la oxidación del amonio y el nitrito que se libera de los sedimentos. Esto tiene importantes implicaciones para la calidad del agua ya que este proceso de conversión consume oxígeno disuelto en la columna de agua y en el

bentos. La presencia de niveles altos de nitrato en algunos cuerpos de agua indica aportes antropogénicos como es la contaminación del agua subterránea, ya que el nitrato es el producto final de estabilización de los desechos

Fósforo

El fósforo es un componente importante de la materia orgánica y es vital para todos los organismos, dado que es un constituyente de los ácidos nucleicos. En muchos ecosistemas tropicales costeros, el fósforo es un nutriente limitante para la producción neta. Debe señalarse la importancia de la limitación de P con relación al N, sin embargo, es una función de la tasa relativa de intercambio de agua y de los procesos bioquímicos internos que actúan para ajustar la relación de la disponibilidad N:P. A diferencia del nitrógeno, no hay fuentes atmosféricas de fósforo, por lo que los aportes naturales a ecosistemas suceden por medio del flujo del agua o por la regeneración de materias orgánicas e inorgánicas en los sedimentos. Este es un punto esencial, ya que los aportes antropogénicos de fósforo de las aguas residuales, de desechos industriales y de fuentes no puntuales (agrícolas, arrastre urbano, emisarios submarinos) pueden causar cambios en la producción y la composición por especies

La concentración del fósforo en el agua de mar puede determinarse para la disponibilidad total (disuelto + particulado), así como también para las fracciones disueltas, particuladas, orgánicas e inorgánicas. Para medir el fósforo particulado se realiza la digestión y neutralización del material filtrado, seguido de un análisis de fósforo inorgánico disuelto (FID). Al igual que el nitrógeno, las concentraciones de muchas de las fracciones de fósforo se determinan usando métodos colorimétricos o espectrofotométricos. Las mediciones de formas disueltas de fósforo requieren de la filtración del agua mediante un filtro de 0.45 μm , mientras que del fósforo total se hacen con agua sin filtrar. Para determinar la concentración de P_t es la oxidación con persulfato, donde se agrega persulfato 5% (K₂S₂O₈) a las muestras de agua, que son entonces introducidas en una autoclave o hervidas, para posteriormente ser enfriadas. El fosfato liberado (PO₄³⁻) se mide entonces usando un colorímetro.

El fósforo inorgánico disuelto (FID) o el fosfato se determina espectrofotométricamente a partir de muestras fijadas con ácido ascórbico y una solución de ácido molibdico (Jones, 1963). Las muestras de agua deben ser analizadas al momento de la colecta o almacenadas a -20 °C. La muestra de agua de mar se hace reaccionar con un compuesto reactivo de ácido molibdico, ácido ascórbico y antimonio trivalente. El complejo resultante se reduce para producir una solución azul que se mide a 885 nm en un espectrofotómetro

El fósforo está presente en el agua de mar disuelto y en forma de partículas. La forma más simple es la de ortofosfato (PO₄³⁻). El fósforo se origina a partir de la mineralización de los fosfatos del suelo y las rocas, la hidrólisis de polímeros especies de fosfatos o drenajes que contengan fertilizantes o productos industriales como detergentes. El movimiento y el almacenaje del fósforo en sistemas acuáticos está determinado por el intercambio entre las reservas disueltas (fosfato, FOD), la biomasa y las fases mineral o de enlace mineral en las partículas suspendidas y en los sedimentos. El fósforo particulado existe en forma de fracciones orgánicas (FOP) e inorgánicas (FIP). La mayoría del FOP proviene de la descomposición de la materia orgánica y está asociado con el material detrítico y los minerales arcillosos.

El fosfato orgánico disuelto y particulado se encuentran en las aguas superficiales y someras como resultado de la descomposición de la materia orgánica como son los restos de materia vegetal. El fósforo orgánico disuelto (FOD) comprende usualmente una proporción notable de la reserva de fósforo disuelto total en las aguas superficiales. La composición específica de un cuerpo de agua y el pH controlan las fracciones orgánicas e inorgánicas. El fósforo inorgánico disuelto (FID) existe casi completamente como un producto ionizado del ácido fosfórico (H_3PO_4). El FID se refiere comúnmente en la literatura como ortofosfato, fósforo reactivo soluble (FRS) y fósforo de fosfato inorgánico esta es la única forma biológicamente disponible de fósforo y puede tener un tiempo de residencia de unos pocos minutos en ambientes oligotróficos. Las concentraciones usuales de FID en el océano abierto y en los ambientes costeros oligotróficos son de $0.3 \mu\text{g-at/l}$ (o micromolar, μM).

Indicadores biológicos

Muchos los estudios tempranos de calidad del agua estuvieron dirigidos a medir sus características físico-químicas. A principios de los 60's, se percataron de que los contaminantes introducidos al ambiente acuático podían afectar no sólo la salud humana, sino también los organismos. Muchos estudios entonces comenzaron a incorporar mediciones de sedimentos y organismos, además de las variables físico-químicas. El monitoreo de organismos para la contaminación se ha empleado para evaluar la toxicidad, los cambios fisiológicos, y de comportamiento y ecológicos. Los indicadores biológicos pueden ser particularmente convenientes para monitorear trazas de contaminantes ya que los organismos acumulan estos materiales. Además, muestreos estrictos de variables físico-químicas no se relacionan necesariamente con el impacto de las formas químicas sobre los organismos. Se han usado varios indicadores biológicos en estudios de calidad de agua para determinar el estado de los nutrientes, el alcance de la polución y contaminación, y la presencia de albañales. Entre los indicadores más notables están las bacterias coliformes, los trazadores de virus, invertebrados bentónicos como los mejillones, y el fitoplancton

La concentración de pigmentos del fitoplancton en la columna de agua ha sido utilizada para mediciones indirectas de la biomasa de algas y como un indicador del estado trófico de un cuerpo de agua. Las algas han sido usadas tradicionalmente como indicadores de la calidad del agua ya que algunas desarrollan florecimientos nocivos y/o ocurren bajo ciertas condiciones de nutrientes. También son útiles como indicadores porque responden rápidamente a cambios en la calidad del agua debido a su corto ciclo de vida

La concentración de la clorofila, que comúnmente constituye 1-2% del peso de seco del fitoplancton en una muestra, puede usarse como una medida indirecta de la biomasa de algas. La clorofila se determina por filtración en un volumen fijo de agua con un filtro (filtro millipore o de fibra de vidrio), seguido de un análisis de fluorescencia después de la ruptura celular. Se ha usado diversos métodos para extraer pigmentos de plantas, muchos de los cuales utilizan solventes orgánicos como metanol y acetona. Un método para la determinación de clorofila consiste en tratar filtros con acetona al 90% y entonces medir la concentración con un espectrofotómetro. Otro método comúnmente usado es la extracción con dimetil sulfóxido (DMSO), donde el DMSO se agrega a filtros almacenados en frascos viales. Las muestras se calientan a 60°C por 10 minutos, después se agitan, filtran, enjuagan con acetona, y finalmente se leen en un espectrofotómetro.

Las muestras entonces se acidifican y son leídas nuevamente para determinar feofitina, conocida como la corrección de feofitina, para estimar los productos de la degradación de la clorofila

EQUIPOS NECESARIOS PARA EL MUESTREO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA BAHIA DE SAMANA, NO INCLUIDOS EN EL PRESUPUESTO DE OPERACIONES DE ESTE PROTOCOLO

1. NAVEGACION
 - i. BOTE > 20 PIES DE ESLORA Y MOTOR FUERA BORDA > 25 HP Y ANCLA
 - ii. BRUJULA
 - iii. GPS
 - iv. MAPAS

2. TOMA DE MUESTRAS
 - i. FORMULARIOS (DISEÑO Y ANALISIS)
 - ii. LAPICES Y PAPEL
 - iii. CALCULADORAS

3. Niveles de Inundaciones

Introducción

Las pendientes inestables presentan variaciones importantes a lo largo del tiempo, las condiciones naturales intrínsecas de las pendientes a desplazarse así como factores agravantes llevan las vertientes a un estado de equilibrio precario, los que están relacionados con los procesos climáticos a mediano y largo plazo, a la alteración de las rocas y de los suelos, a los procesos de erosión fluviales, a las causas antrópicas (deforestación, uso de suelo). La ruptura de una pendiente se produce cuando el valor crítico de un factor desencadenante es alcanzado o superado, esto se debe poner en relación con los acontecimientos meteorológicos a corto tiempo, erosiones por los causes de agua, vibraciones o actividades humanas

Pueden ocurrir por los siguientes factores:

- Desbordamientos de ríos
- Inundaciones súbitas por vertientes de alta pendiente.
- Inundaciones por lluvias torrenciales por fenómenos atmosféricos en el Océano
- Deslizamientos de tierra originadas por el impacto de los terremotos

Objetivo del Monitoreo de Inundaciones

- a) Alerta temprana para control de inundaciones y manejo de embalses
- b) Ordenamiento y Desarrollo Territorial
- c) Balances Hídricos y gestión integrada de los recursos
- d) Usos para el Desarrollo productivo: carreteras, puentes, riego, agua potable, generación hidroeléctrica
- e) Impacto en los recursos hídricos a sequías y cambio climático

El monitoreo consiste en las siguientes actividades:

- a) Aforos bimensuales y muestreo de sedimentos en los sitios localizados en la red de estaciones hidrométricas.
- b) Recopilación de los datos de nivel medidos en estaciones hidrométricas. Los datos de nivel deberán ser medidos por un sistema de flotador o un sensor de presión. Dicha información se colecta mensualmente y se transforma en información de caudales horarios, caudales promedios diarios, caudales promedio mensuales y caudales máximos instantáneos.
- c) Recepción y manejo de los datos de niveles medidos en las estaciones hidrométricas

Los productos que se generan deberán incluir:

pronóstico de nivel para 10 puntos en el río Yuna y el estuario
pronósticos de corto y largo plazo sobre el suministro de agua y mapas sobre las potenciales áreas de inundación río abajo

El pronóstico se deberá realizar a través de una medición de niveles en las estaciones ubicadas en la cuenca media y el estuario por medio de correlaciones de niveles y de tiempos de tránsito, pronóstico del nivel y tiempo que la crecida alcanzará la cuenca baja y provocará inundaciones.

4. Biología

PROTOSCOLOS DE MONITOREO PARA PESQUERIAS

Introducción a Evaluación de Pesquería

Una pesquería con una gestión correcta y sostenible protege los peces, los invertebrados y el entorno en el que viven además de permitir una explotación responsable de las especies de dicho entorno. Cuando una pesquería es sostenible, las poblaciones se encuentran en niveles saludables, en ocasiones son poblaciones recuperadas tras un agotamiento en el pasado. Una pesquería con una correcta gestión garantizará el futuro del sector y de todas las personas para las que la pesquería sea su medio de vida.

La información básica acerca de qué cantidad y qué especies de peces e invertebrados pueblan un área marina dada se obtiene en gran manera de forma indirecta, es decir por inferencia de las capturas a partir de los desembarcos (evaluación dependiente de pesquerías) en particular las realizadas por medio de artes de pesca de diversos tipos, cada uno con su eficiencia y selectividad específicas para cada especie o talla.

Otro tipo de información se obtiene utilizando técnicas de observación más “directas”, (evaluación independiente de pesquerías) tales como mediciones sistemáticas por medio de redes, trampas, el sonar, la fotografía submarina, para obtener estimaciones cuantitativas de las poblaciones de peces y crustáceos, aunque también tienen sus dificultades y limitaciones propias, siendo susceptibles de problemas de identificación y calibración y de problemas de los efectos de la observación en el comportamiento de las especies que se están observando.

Protocolo I: nivel base de monitoreo

El primer protocolo es para establecer la condición de las reservas de organismos marinos (peces, camarones y ostras). Con este protocolo se obtiene información biológica y pesquera sobre las especies objetivo en la región de interés y se evalúa si existen suficientes especies para garantizar que la pesquería es sostenible. Es importante además el análisis del conocimiento local.

Parámetros a estimar:

- Nivel de esfuerzo pesquero
- Distribución, abundancia, productividad
- Estimación de parámetros clave (ej M)

Protocolo II: nivel medio de monitoreo.

El segundo protocolo es para obtener nueva información sobre vacíos críticos; Tamaños de las poblaciones, escala espacial, patrón de agregación, densidades y características biológicas crecimiento. Se establece además el impacto de la pesquería en el entorno marino y el estuario. Se evalúa el efecto que la pesca tiene en el entorno marino próximo, incluidas otras especies (by catch) que no son objetivo de pesca.

Parámetros a estimar:

- Cambios en capturas y CPUE
- Tamaño de stock y producción “excedente”
- Actualización de parámetros poblacionales y nivel de explotación
- Esfuerzo óptimo, MSY

Protocolo III: nivel alto y permanente

En este tercer protocolo se medirán todos los parámetros del Protocolo I del Protocolo II, y además un grupo seleccionado de nuevos parámetros. Se determina la aplicabilidad de la información obtenida y se evalúan los sistemas de gestión alternativos y las regulaciones recomendadas. Se evalúa las normas y los procedimientos que se llevan a cabo en la pesquería, así como el modo en que se lleva a cabo para mantener una pesquería sostenible y para garantizar que el impacto que se produce en el entorno marino y el estuario es el mínimo.

Parámetros a estimar:

- Ajuste de las regulaciones
- Reconstrucción del stock

Personal de monitoreo y equipo

Cuando el personal de monitoreo está en el campo, puede recolectar una variedad de tipos diferentes de datos acerca de las pesquerías y, de esta manera, utilizar su tiempo eficientemente. Esto es importante debido al costo y la logística de poner un grupo de monitoreo en el sitio para llevar a cabo el estudio. Los grupos variarán según la disponibilidad del personal. A continuación se proporciona la descripción básica del personal completo y del equipo necesario para cada grupo. Para aumentar la probabilidad de éxito en el campo, se recomienda sumamente que los pescadores, sean involucrados en cada aspecto de la recolección de datos.

Personal recomendado para el monitoreo de pesca:

- Líder del grupo (biólogo)
- Capitán de la lancha
- Personas encargadas de la pesca
- Camarógrafo
- Buzo 1
- Buzo 2

Listado de equipo general

- Lancha y motor (o dos) con gasolina, una sonda de profundidad, un sistema GPS, una radio VHF, bengalas, un ancla de arrecife y una cuerda larga.
- Equipo completo para cuatro buzos: máscaras, aletas, snorkel, chaleco compensador (BC), regulador, pesas y cinturones, reloj, manómetro, profundímetro, brújula y computadora de buceo, si se puede conseguir.
- Equipo de seguridad de buceo, que incluye bandera de buceo, boyas de señalización, silbatos, linterna de buceo o luz estroboscópica.
- Alimentos y equipo para acampar (o un lugar en el cual poder quedarse).
- Ropa de lluvia para todos los participantes.
- Equipo para medir la CPUE (balanzas/regla) y hojas de datos.
- Coordenadas GPS, mapas, fotos aéreas, si es posible todo laminado.
- Cinta métrica submarina o cuerda marcada.
- Equipo de marcación y marcas, hojas de datos.
- Boyas a la deriva para medir las corrientes marinas.
- Cámara de video digital submarina, videos y pilas.

Métodos para Monitorear Parámetros Pesqueros

Protocolo I

- Nivel de esfuerzo pesquero
- Distribución, abundancia, productividad
- Estimación de parámetros clave

En las pesquerías tradicionales y artesanales se utiliza para la recogida de datos el muestreo en el espacio y el tiempo, por medio de encuestas corrientes de evaluaron de capturas (EEC) realizadas en sucesivas ocasiones con el propósito de recoger información actualizada sobre la captura total y el esfuerzo pesquero ejercido por las pesquerías que están operando.

Los pasos operativos a dar en el diseño de una EEC incluyen la selección de la muestra de lugares de desembarco (muestreo en el espacio) y la selección de los días de muestreo (período de muestreo), dentro de un período de referencia establecido (= mes, trimestre, etc.), para obtener la información requerida de una muestra de descargas de barcos dentro de la muestra de puertos y lugares de desembarco

En la fase preparatoria de la planificación de un sistema estadístico, es necesario clasificar y codificar adecuadamente los principales tipos de desembarcos. Cada categoría exigirá un enfoque diferente del muestreo y algunas contendrán una variedad de especies o categorías comerciales que deberán ser registradas separadamente De cada duna de estas categorías hay que hacer un

muestreo para determinar la composición por tamaño, edades y especies con el fin de extrapolarla a la captura total estimada de las principales especies de interés.

Muestreos biológicos de los desembarques de pesca artesanal

El objetivo de esas encuestas es de completar las encuestas diarias de actividades con informaciones sobre las capturas (volumen y composición). La unidad de observación es el bote artesanal al retorno de la pesca. La selección se efectúa al azar, la unidad retenida corresponde a la primera embarcación llegando al final del último muestreo biológico.

Para cada desembarque, las informaciones recogidas son de cinco tipos:

- Informaciones generales implicando fecha, base de operaciones, nombre del pescador, identificación de la embarcación y de las condiciones ambientales.
- Informaciones sobre la faena de pesca: área de pesca (subcuadrícula), distancia, horas de pesca, número de tripulación.
- Informaciones sobre las artes utilizadas: tipo y cantidad de las artes de pesca.
- Informaciones sobre las capturas: peso y número de las capturas totales y específicas.
- Informaciones de cada especie comercial o científica: es obtenida una muestra, al azar, de 30 individuos o de todos los individuos si es posible. Por cada individuo se determina la especie científica, la longitud horquilla (peces) o la longitud cola (langosta), el peso de la muestra (peces, langosta, camarón). Cuando es posible, se determina el sexo y el estadio de madurez de las gónadas.

Para estimar la captura total de una pesquería y los consiguientes niveles de desembarcos. Generalmente se usan dos enfoques: (a) calcular la captura total a partir de una fracción conocida de todas las operaciones pesqueras de las que se saben las cantidades capturadas. Como se señalará más adelante, esto sólo es posible si se ha definido toda la base de muestreo, y el muestreo se lleva a cabo aleatoriamente; (b) intentar obtener toda las transacciones de ventas que se realizan a través de plantas de procesamiento y vendedores autorizados

Para el muestreo biológico es especialmente importante que se refleje en los formularios de muestreo la categoría del arte de pesca. Algunas categorías típicas son:

- (i) pesca de arpón
- (ii) líneas de mano
- (iii) artes de cerco
- (iv) nasas
- (v) artes de arrastres

Es obvio que estas categorías deberán ser ajustadas a las prácticas locales y codificadas apropiadamente.

Antes de establecer un esquema de muestreo o seguimiento con fines de evaluación de recursos, y decidir categorías de estos que sean significativas, es necesario determinar los grupos de especies que se capturan.

Identificación de especies: la identificación apropiada de las especies es un requisito previo necesario para una detallada evaluación de la mayor parte de los recursos, y es un problema al que se enfrentan la mayoría de los países tropicales donde la diversidad de especies es elevada. La identificación de peces e invertebrados es posible mediante de las hojas de FAO de identificación de especies

Para identificar en la práctica el pescado en los desembarcos es por supuesto impracticable que el estadístico lleve consigo una colección de 7 volúmenes que incluyen del orden 1 000 especies potencial y actualmente comerciales. De hecho, lo que se suele hacer es extraer las hojas de las especies de importancia comercial . La cosa es más sencilla para varias de las especies más importantes (por ejemplo, langosta, camarones) en las que generalmente la identificación no es un problema.

Para varias otras, especialmente la pesquería de nasas para peces de arrecife, estos se venden frecuentemente mezclados después de la extracción de las especies de alto precio; por ello, su clasificación individual puede no ser de máxima prioridad, pudiendo por ejemplo ser necesaria una categoría de “peces de arrecife mezclados”. Alternativamente, o además, se pueden seleccionar para el muestreo estadístico una o dos especies clave de arrecife, que sean fáciles de reconocer, como “indicadoras” del estado de los recursos de arrecifes. Será necesario que alguien familiarizado con los recursos del área, y su clasificación comercial, diseñe una simple “guía de las pesquerías comerciales” basada en las Hojas de Identificación de la FAO, y un formulario adecuado de muestreo.

Datos sobre la composición de especies: las encuestas de mercado, realizadas a intervalos regulares, son útiles para apreciar la proporción de especies clave que se ofrecen a la venta y sus precios relativos, y pueden proporcionar pruebas indirectas de los cambios en la abundancia relativa de las especies, desde el momento en que el precio de la especie “sustituta” o que antes era “de desecho”, tiende a subir cuando las especies preferidas se vuelven menos abundantes y demasiado caras para la mayoría de los consumidores. Para obtener una idea más exacta de la composición de especies, el método recomendado es el de muestrear en los puntos de desembarco.

Identidad de la población: en la evaluación de los recursos es importante considerar primero cuales son los “recursos unitarios”, o poblaciones de una determinada especie que se están explotando, y diseñar un sistema estadístico que permita separar la información de los diferentes recursos unitarios. Por ejemplo, mientras que puede ser razonable y apropiado considerar la ordenación de todos los recursos de arrecifes de coral como una unidad, en el caso de dos sistemas de arrecife de coral, separados por una distancia considerable, puede ser más apropiado tratar las poblaciones de peces de estos dos arrecifes como recursos individuales.

Por el contrario, para recursos migratorios, especialmente de pequeños pelágicos neríticos , la población de una zona que compartan una plataforma común necesitará ser ordenada como una unidad. Para especies oceánicas (por ejemplo, atunes, sardinas), es

probable que la zona este compartiendo un recurso común, incluso si no hay una plataforma común, con las pesquerías de áreas continentales adyacentes.

Características biológicas de las principales especies

Para estudiar la dinámica de poblaciones pesqueras es necesario disponer de datos biológicos fiables. De forma general, la biología e las especies coralinas es relativamente desconocida. En n primer tiempo, un análisis bibliográfico debe hacer el balance de los conocimientos sobre la estructura de los stocks : identidad de las poblaciones, esquemas de distribución y migración, repartición de las diferentes fases del ciclo biológico, la estimación de los parámetros biológicos (crecimiento, fecundidad, períodos de puesta, tamaño de primera madurez, mortalidad natural), la variabilidad de la abundancia (reclutamiento y disponibilidad).

Abundancia

La abundancia de los peces puede ser estimada de los datos de la prospección de arrastre, en donde se proyecta la densidad de los peces (el número de peces capturado en una cantidad conocida de arrastre, por ejemplo, en números por kilómetros cuadrados) a toda el área muestreada por la prospección. Si los datos de la prospección de arrastre pueden ser expresados en términos de la densidad de peces por edad en la prospección, el método de área barrida puede ampliarse para calcular el número de peces en cada clase de edad. Esto puede lograrse mediante un cálculo directo de las edades de los peces en la prospección, o, por un análisis de la composición por tallas de las capturas. El análisis de la composición por tallas de las capturas puede ser bastante efectivo en la separación de las clases de edad de los peces más pequeños (juveniles), ya que las altas tasas de crecimiento en los peces juveniles origina agrupamientos bien definidos en los datos de tallas.

Datos de frecuencias de tamaño y composición de edades

El rango de tamaños de una especie que se desembarca en un área dada, es un indicador sensible de los acontecimientos que afectan al recurso. De este modo, una disminución en el tamaño medio en la captura, acompañada de una caída en la tasa de captura, es generalmente un indicador de sobrepesca, mientras que si está acompañada por un incremento en la tasa de captura de juveniles, será una buena indicación de que está sucediendo un reclutamiento mejor que el reclutamiento medio (comparado con años recientes). A la inversa, un incremento en el tamaño medio y la tasa de captura puede indicar que el esfuerzo efectivo ha declinado en años recientes; no obstante, si está acompañado por una disminución de la tasa de captura, puede indicar que los niveles de reclutamiento han disminuido a niveles inferiores a los promedios.

La distribución de tamaños en una población se halla en función de su composición de edades, su tasa de crecimiento y de las tasas de mortalidad provocadas en ella por causas naturales y por la pesca. Todas estas tasas pueden ser estimadas a partir de procedimientos de muestreo cuidadosamente planificados, y acompañados de información biológica. Aunque el método clásico ha sido combinar el muestreo para tamaños con una función de lectura de edades, para determinar el crecimiento y las tasas de mortalidad directamente, existen ahora varios métodos para estimar estos parámetros

importantes, directamente a partir de las frecuencias de tamaños. Estos sistemas exigen un buen conocimiento de los métodos que se utilizan pero proporcionan la mayor parte de la información que hace falta para analizar las poblaciones de peces, además de la tasa de captura y los desembarcos.

El muestreo se hará para todos los principales tipos de artes que capturan las especies en cuestión, ponderado por su proporción de la captura total. Idealmente, es preferible medir pequeñas muestras de una gran variedad de fuentes que el mismo número de individuos de una gran captura. De este modo si la flota que captura camarones consiste en:

12 botes que pescan con nasa, cada uno aproximadamente 100kg/día, y 10 días / mes (por ejemplo, $12 \times 100 \times 10 \text{ kg} = 12\,000 \text{ kg/mes}$);

(b) 8 botes que pescan con red, cada uno aproximadamente 50 kg/día y 15 días / mes (por ejemplo, $8 \times 50 \times 15 \text{ kg} = 6\,000 \text{ kg/mes}$).

Así pues, antes de comenzar a combinar las frecuencias de tamaños para obtener totales mensuales o quincenales, habrá que medir por mes un total de 10 cajas, de 50 kg cada una, de camarones procedentes de 5 a 10 botes que pescan con nasa y 1 caja de cada uno de los 5 botes que pescan con red.

Aunque no es necesario para todos los análisis, las frecuencias de tamaño pueden ser “ponderadas” para dar la composición de tamaño estimada para la captura total comercial mensual de 18 000 kg. Esto se hace por categorías de tamaños de la forma siguiente (por ejemplo los grupos de talla de camarón con de 5–15 cm longitud del caparazón):

Análisis de captura y esfuerzo

Es importante y básico para casi todos los tipos de análisis el que los administradores tengan un conocimiento de la captura total de una determinada clase de especies, o al menos una indicación de las tendencias de los niveles de los desembarcos. Esta información puede ser obtenida de diversas formas

Desembarcos totales: un sistema de cobertura total que puede ser un método barato de recogida de datos de desembarcos, es el uso de hojas obligatorias de ventas para aquellos recursos que pasan a través de vendedores de pescado y comerciantes acreditados. Este esquema es obviamente atractivo en los casos en los que los recursos se venden a través de intermediarios. También es útil cuando un valioso recurso está exhausto y sobre pescado, y hay que someterlo a estrictas medidas de conservación para permitir la recuperación de la población (por ejemplo, langosta, lambi). El empleo de un sistema de cobertura total está contraindicado cuando son muchos, y dispersos, los lugares de desembarco, hay una alta proporción de trueques o ventas directas a consumidores, un bajo nivel de alfabetismo de los vendedores o poca vigilancia.

Estadísticamente, el principal problema que existe con los datos recogidos con este método es la significativa posibilidad de sesgos (por ejemplo, pocas declaraciones), y aquí el papel de los funcionarios pesqueros experimentados es estimar a partir de otras

fuentes cuales son las magnitudes probables de los desembarcos que no han sido declarados de esta forma.

La otra alternativa principal para estimar los desembarcos totales y el esfuerzo (especialmente para barcos del día), es determinar la tasa media de captura para un recurso dado, y obtener una estimación de los desembarcos totales mediante la combinación de los resultados de las encuestas de pesca (estimación del tamaño efectivo de la flota usando un registro actualizado de barcos), más información especial sobre el número medio de días de pesca, por período de encuesta, por barco de un arte dado, sobre un tipo de recurso dado.

Para un determinado tipo uniforme de embarcación u método de pesca dado, los desembarcos en un mes **J** de una especie **A** sobre un caladero dado pueden obtenerse como sigue:

$$\text{Desembarcos totales de la especie A en el mes J} = \begin{matrix} \text{(a)} \\ \left[\begin{array}{l} \text{Captura media/} \\ \text{barco/día de} \\ \text{la especie A} \end{array} \right] \end{matrix} = \begin{matrix} \text{(b)} \\ \left[\begin{array}{l} \text{N}^\circ \text{ de barcos} \\ \text{pescando acti-} \\ \text{vamente A} \end{array} \right] \end{matrix} = \begin{matrix} \text{(c)} \\ \left[\begin{array}{l} \text{Número medio de} \\ \text{días pesca/} \\ \text{barco/mes} \end{array} \right] \end{matrix}$$

Los tipos de información (a) y (c) provienen de encuestas con pescadores o registros de compañías, y (b) por combinación de los resultados de una encuesta de pesca (estimación del coeficiente de actividad pesquera) con un registro actualizado de barcos. Los desembarcos mensuales por comunidad pueden ser acumulados por tipo de embarcación y mes para dar totales anuales, regionales o nacionales según se requiera. Hay que tener cuidado con que las embarcaciones elegidas como típicas de una determinada clase no sean las que probablemente tengan una tasa de captura más alta que el promedio. Al sustituir una embarcación de pesca por otro, es conveniente reemplazarlo con otro de rendimiento similar.

Esfuerzo Pesquero: si hay uno o más tipos uniformes de embarcaciones que pescan con el mismo arte de pesca, puede elegirse una categoría como normal, y de una estimación de su captura por mes puede obtenerse el esfuerzo total ejercido dicho mes, para todas las categorías de barcos, de la siguiente forma:

$$\text{Esfuerzo pesquero en unidades de barco tipo (1)} = \frac{\text{Captura total (todos los tipos de barcos)}}{\text{Captura media/barco/día (tipo 1)}}$$

Esta cifra se puede obtener tanto para un recurso dado A, o para el conjunto del recurso (multiespecífico), y por supuesto acumulativamente por comunidades y meses para obtener cantidades anuales.

Para la recogida de aspectos actuales de información sobre las características de las entradas y salidas en las pesquerías que están operando (esfuerzo de pesca, captura de peces), se diseñan y ejecutan encuestas corrientes de evaluación de capturas (EEC) que permiten la recolección de datos y el muestreo en el espacio y en el tiempo.

La base de muestreo ya establecida se utiliza para la selección de los lugares de la muestra en la EEC. Concretamente, para la selección de la muestra de los puntos de desembarco (= unidades primarias de muestreo, UPM) se emplea el método del muestreo estratificado, y de este modo los puntos de desembarco se agrupan en categorías (= estratos), de acuerdo con su importancia. A continuación se elije dentro de

los estratos establecidos una muestra independiente de puntos de desembarco. Se pueden seleccionar entonces las UPM tanto con probabilidad igual como desigual.

El muestreo en el tiempo es utilizado para la recogida de los elementos de información requeridos dentro de las UPM de la muestra. Concretamente, se asigna un número de días de muestra a cada UPM dentro de los períodos de referencia establecidos (por ejemplo, por mes, trimestre, etc.). Después se obtienen los elementos de información sobre las características de la encuesta a partir de una muestra de botes-desembarcos, dentro de la UPM de muestra, en los días de muestra seleccionados

Medidas del esfuerzo de pesca

El esfuerzo es una medida de la mortalidad causada por la pesca, y la captura por unidad de esfuerzo una medida de la abundancia o densidad de las poblaciones de peces. La mortalidad debida a la pesca es una variable fundamental de la evaluación de las poblaciones, que representa la proporción de población que desaparece debido a la pesca. La variedad de equipos auxiliares, y las modificaciones y mejoras de los artes de pesca hacen que sea conveniente recoger los datos del esfuerzo de pesca en dos etapas.

Primero, una recolección de datos relativamente simple, tal como el número de botes o de salidas, que pueden obtenerse, con frecuencia, con un muestreo conjunto con el de las capturas. Luego una información mucho más precisa, como la de la eslora de los botes, características de los artes, etc., obtenida de una parte de la pesquería, que se generaliza al total de los datos de la primera etapa, y según las necesidades requeridas. Esta información detallada se puede tomar cada año, por medio de una muestra de la pesquería, pero también cada cierto tiempo. Se emplea el esfuerzo para establecer la mayoría de las medidas de control de pesca. En los análisis económicos y socioculturales, el esfuerzo se puede relacionar con la actividad pesquera, con la rentabilidad de las embarcaciones y flotillas y con la eficiencia económica.

Para registrar el esfuerzo de pesca es necesario pensar cuidadosamente cómo se va a emplear este esfuerzo y cómo, en la práctica, pueden recopilarse los datos. Para relacionar el esfuerzo con la mortalidad debida a la pesca en modelos biológicos, es necesario vincularlo estrechamente con el empleo de un arte de pesca específico, tales como el tiempo de inmersión de las nasas o la duración del arrastre. Por otra parte, relacionar el esfuerzo con la rentabilidad exige datos acerca de las salidas, sobre todo el tiempo que se pasa en alta mar, el tiempo dedicado a pescar y los insumos en concepto de trabajo y capital.

Por lo general, en una salida no todo el esfuerzo es del mismo tipo. Se debe distinguir entre el tiempo que se dedica a la pesca misma, a la búsqueda de peces o la a navegación hasta los caladeros. Deberían anotarse las informaciones relacionadas con la búsqueda, como el número y tipo de bancos / grupos de peces y lo que estuviera relacionado con ellos. El esfuerzo de pesca también podría calificarse de “éxito”, sobre todo en los casos de pesca con redes o arrastres, si facilita un desglose completo o relativo de cualquier “conjunto” cuando se realizan los análisis.

Por lo que respecta a las artes activas, como los arrastres, podría ser necesario saber sus dimensiones, el número y la cantidad de veces que se ha operado con ellas.

Por lo que respecta a las artes pasivas, como las nasas, debería registrarse el tiempo de inmersión de cada arte. Si no se dispone de esos datos, se tendrá que partir de la hipótesis de un caso medio. Por ejemplo, si sólo se registran los días de pesca a nasa, se considerará que, como media, las embarcaciones han dejado sumergido un número determinado de nasas con el mismo tiempo de inmersión todas las veces.

Metodología

Para cada especie seleccionada como objeto de conservación, registrar la siguiente información:

- a. Longitud furcal (medir la longitud desde el extremo de la mandíbula hasta la horquilla de la aleta caudal, redondeada al cm más cercano).
- b. Peso (registrar si está destripado o entero y registrar el peso, redondeado al gramo más cercano).
- c. Sexo: examinar las gónadas de manera macroscópica, por el material expulsado o después de la canulación, declarar si las gónadas son de desarrollo temprano, desarrollo tardío, maduras y a punto de desovar o post-desove.
- d. Recolectar tejidos biológicos adicionales (otolitos, muestras de tejidos para genética).

Para cada bote presente, registrar la información siguiente:

- a. Horas y días dedicados a la pesca (con fechas calendario y día lunar)
- b. Tipo de equipo utilizado para la pesca (redes, líneas de mano, trampas, etc.)
- c. Gastos de pesca estimados por día
- d. Número de peces capturados por pescador por unidad de tiempo

Equipo necesario para los censos de CPUE:

Desembarque de las CPUE

Protocolo para el desembarque de capturas

Hojas de datos

Tabla de medición de peces

Estadística de esfuerzos

La forma más sencilla consiste en registrar el número de pescadores o de barcos, son datos que pueden ser utilizados como un paso intermedio en la estimación de la captura total. La expresión que se emplee para la estimación del índice de densidad de la población (la captura por unidad de esfuerzo corregida), será posiblemente una combinación del tiempo empleado en la exploración y de la captura por calada. La mayor parte de la información necesaria tendrá que ser recogida mediante algún método de muestreo. Debe, pues, recogerse una información completa del número de desembarcos, mediante un sistema apropiado de muestreo,

Utilizando una proporción de los desembarcos, tal como uno de cada siete, o todos los de un día cada semana, se recoge una información más completa sobre la forma de utilizar el tiempo fuera del puerto, el que se ha empleado para llegar a las áreas de pesca, el invertido para localizar los peces y el tiempo real de pesca, así como el número de caladas efectuadas, distinguiendo quizá entre las caladas con captura y sin

ella. También puede recogerse información en estas encuestas sobre las dimensiones de las redes, equipos de radio y ecosonda, etc. Es de esperar que estos datos sólo cambien ocasionalmente, de modo que sólo sea necesario recopilarlos de tanto en tanto, por ejemplo, una vez al año.

Los biólogos pesqueros no están sólo interesados en conocer la longitud de los peces, sino también en aspectos tales como la edad, madurez, sexo, caracteres merísticos, etc. El muestreo directo para el estudio de estas características se rige por las mismas consideraciones que el de la talla, pero, como llevan más tiempo que la simple medición de la longitud, suelen ser muy difíciles de determinar en el mismo lugar del desembarco, y es preferible llevar las muestras al laboratorio.

Cuando se realiza directamente un muestreo para conocer la composición de edades, se han de seguir los mismos principios que en el caso de la talla. Para evitar los sesgos, lo mejor es realizar la toma de muestras tan pronto como sea posible después de la captura, antes de que comiencen las manipulaciones de comercialización. La variancia será reducida si se toman tamaños de muestras adecuados, aunque, al llevar más tiempo estas observaciones, y por tanto el empleado en el total de la muestra, éstas no tendrán por qué ser tan grandes. Asimismo, la variancia quedará reducida si se escogen estratificaciones adecuadas.

El muestreo de la longitud es, ante todo, una operación muy rápida, que ordinariamente puede hacerse en el mar, o en las áreas de subasta durante las operaciones normales comerciales, pudiéndose devolver los peces medidos para su venta. Por el contrario, otros tipos de observaciones no sólo llevan más tiempo, sino que, con frecuencia, exigen que se hagan mutilaciones en los peces, por lo que suele ser necesario llevar las muestras a los centros de investigación. Siempre es preferible obtener directamente las muestras de los pescadores que no comprarlas en los mercados; lo mejor sería separar la muestra a bordo durante la operación de pesca, separándose tantas muestras como, por ejemplo, áreas de pesca haya pasado el pescador en una salida. Tales muestras de un lugar y momento determinados suponen una gran mejora comparadas con las que se toman en el momento del desembarco de peces, que posiblemente han sido capturados en diferentes lugares.

Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE)

El propósito de esta sección es reunir información cuantitativa acerca de la pesquería y del desembarque de capturas en términos de capturas por unidad de esfuerzo (CPUE). Esta es una metodología estándar dependiente de la pesquería, utilizada para monitorear los cambios en la pesquería. Si ninguna pesquería comercial explota el sitio de agregación reproductiva se puede reunir información sobre las capturas por unidad de esfuerzo mientras se marcan y se liberan los peces.

Los datos sobre capturas y esfuerzos de pesca, y su relación, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), que es el índice más simple de la abundancia de la población, constituyen la base para el estudio de las pesquerías. En cuanto dos de estas cantidades se determinan, la tercera se deduce por cálculo, que no ha de ser precisamente la captura por unidad de esfuerzo, ya que con datos sobre esta última y de las capturas se puede deducir el esfuerzo, o también la captura total de las otras dos.

La CPUE o tasa de captura es, con frecuencia, el índice más útil para controlar la pesca a largo plazo. A menudo se emplea como índice de abundancia de la población, donde se supone que existe algún tipo de relación entre el índice y el volumen de la población. También puede emplearse para controlar la eficiencia económica.

Puede ser arriesgado fiarse sólo de la CPUE como índice del volumen de la población, sobre todo en lo relacionado con la pesca pelágica. Habitualmente se supone que el índice es proporcional al volumen de la población y que el volumen de la población cambia según un modelo de población determinado.

La CPUE puede calcularse directamente a partir de los desembarques de las embarcaciones, en los casos en que la captura se registra por unidad de esfuerzo. No obstante, generalmente tanto la captura como el esfuerzo de pesca se registran por separado y la CPUE se obtiene a partir de estos datos. Es importante saber que hay muchas formas diferentes de recopilar el esfuerzo de pesca, de manera que puede disponerse de una serie de medidas alternativas a partir de las variables registradas. Esto asegura que en cada análisis pueda emplearse la unidad de esfuerzo más adecuada.

Protocolo II

- Cambios en capturas y CPUE
- Tamaño de stock y producción “excedente”
- Actualización de parámetros poblacionales y nivel de explotación
- Esfuerzo óptimo, MSY

Métodos Directos para la Evaluación Pesquera:

El método directo para estimar la productividad potencial de las plataformas insulares es construir un mapa de los hábitats de la plataforma (arrecife, arena, manglar, hierba de tortuga, y fango, etc.), estratificados por profundidad, y utilizarlo como base para hacer un reconocimiento del recurso y determinar la biomasa total de las diferentes especies comerciales, o del recurso en su conjunto (una evaluación multiespecífica), usando un bote de investigación o uno comercial alquilado.

Es posible que en algunos casos no se disponga de fondos y personal para llevar a cabo un reconocimiento adecuado de los recursos, y que el mapa de los principales hábitats y fondos de pesca tenga que ser construido a partir de entrevistas con los pescadores o, con más detalle, a partir de imágenes del LANDSTAT y fotografía aérea.

Como ya se ha indicado, a pesar de su simplicidad, los mapas temáticos permiten delimitar los caladeros y su superficie mediante un planímetro. La biomasa de la población de una especie es igual a (superficie de los fondos x biomasa media por unidad de superficie). Una primera estimación aproximada del rendimiento potencial de esta biomasa requiere un conocimiento, para cada especie, de la tasa de mortalidad por pesca F (dada por rendimiento de pesca/biomasa media) y de la tasa de mortalidad natural (M), que se obtiene de la investigación biológica, o utilizando el valor

determinado para las mismas especies en áreas adyacentes. Las tablas de rendimiento de Beverton y Holt (1966) pueden entonces ser utilizadas para estimar cual será el nivel de pesca y la talla de primera captura que proporciona el máximo rendimiento por recluta.

Métodos Indirectos para Análisis de los Recursos

El método indirecto para estimar la productividad potencial de un recurso consiste en la estimación indirecta del rendimiento potencial del recurso mediante el análisis de datos comerciales, completado, por supuesto con información sobre la biología y la distribución del recurso. Este enfoque debe ser el principal a adoptar cuando el recurso esté en, o cerca de, el máximo rendimiento, ya que permite elaborar un modelo de la relación entre el esfuerzo pesquero, el rendimiento y beneficios económicos de la pesca en una forma que es difícil, o imposible de hacer únicamente con los reconocimientos. En cualquier caso, es más barato y también proporciona información para el análisis del comportamiento económico de la pesquería.

Biomasa total (Stock total)

La biomasa o el peso total (B) de una clase anual en cada momento o edad (t) es producto del número de individuos existentes (Nt) y del peso o biomasa promedio (wt) que tiene cada individuo en ese instante. Es decir para cada instante t:

$$B_t = N_t w_t ;$$

El número de integrantes de cada clase anual (Nt) va disminuyendo por efecto de la mortalidad a medida que la clase anual pasa por la vida y aumenta la edad (t). Pero al mismo tiempo al tamaño o peso promedio de cada individuo (wt) aumenta, logrando así superar por algún tiempo las pérdidas de peso que se producen en la clase anual por efecto de la mortalidad.

Reemplazando los valores de la ecuación por los valores correspondientes de las ecuaciones siguientes, tenemos que la biomasa total (B) de una clase anual no explotada (donde Z=M) en cualquier edad o tiempo (t) es:

$$B_t = N_0 W_{\infty} e^{-Mt} (1 - e^{-K(t-t_0)})^3;$$

Estas ecuaciones describen la sobrevivencia en peso de una clase anual no explotada, y su representación gráfica da lugar a una curva como donde se han usado los parámetros de crecimiento y de mortalidad

Captura total: desembarques y descartes

La captura, en número o peso, representa la extracción de biomasa e individuos de dentro de un ecosistema, y es el efecto fundamental que ejerce la pesca sobre las poblaciones de peces. Los datos sobre capturas son necesarios para la mayoría de técnicas de evaluación de poblaciones. Las capturas deberían desglosarse en categorías lo más detalladas posible. La clasificación prioritaria de las capturas debería hacerse

por especies. Una evaluación de los rendimientos combinados de las especies debe fundarse en métodos basados en la producción general del ecosistema, que, en cuanto tales, no son muy fiables.

Si las capturas pueden desglosarse luego en categorías basadas en la talla, madurez, situación y fecha de la captura, podrán elaborarse una serie de métodos de evaluación que conduzcan a resultados más seguros. Una clasificación detallada también permitiría mejorar los análisis económicos y socioculturales.

Las modificaciones en el esfuerzo total de pesca pueden ser un indicio del estado de las poblaciones o de la rentabilidad de la pesca, pero, al igual que las modificaciones en las capturas, son difíciles de interpretar sin una información adicional facilitada por otros indicadores biológicos, económicos y socioculturales.

Protocolo III:

- Ajuste de las regulaciones
- Reconstrucción del stock

Para realizar un análisis de las regulaciones de la actividad pesquera, se consideran tres rubros clave: pesca artesanal, servicios de apoyo y el marco económico y comercial del sector.

Es conveniente estudiar primeramente la estructura de la actividad, esto es, la organización de la producción, las diferentes formas de asociación pesquera, su número y el de los pescadores involucrados en cada una, el tipo y número de embarcaciones, las áreas de mayor explotación, las artes de pesca, los tipos de pesquería y los lugares de desembarque.

Es importante señalar que el análisis de estas variables utilizando modelos de producción excedente, no puede ser aplicado al total de recursos de una pesquería en conjunto, sino que deberá ser considerado en forma independiente cada recurso, y posteriormente pueden establecerse correlaciones y comparaciones entre éstos. En sistemas extensos o complejos, además del esfuerzo global (cuánto se pesca) hay que determinar su distribución espacial (dónde se pesca); puede haber una concentración en determinados cuerpos acuáticos del sistema, con lo que los datos promedio no dan una idea suficientemente precisa para sucesivamente orientar el desarrollo.

Para el análisis de disponibilidad de recursos, se deberá considerar la abundancia relativa, durante el año, de las diferentes especies involucradas de manera estacional en la pesca. Para esto, es necesario identificar las especies que componen cada categoría de recurso, ya que un mismo grupo puede estar compuesto por diferentes especies en una determinada estación del año. Esta información, al ser confrontada con los datos de esfuerzo aplicado a lo largo del año permite identificar los momentos o temporadas de mayor y menor presión sobre los recursos.

El análisis de los parámetros pesqueros permite caracterizar las actividades pesqueras desde una perspectiva técnica conforme a los rendimientos esperados y reales, la subutilización o sobrexplotación de recursos o, por ejemplo, la inadecuada aplicación de esfuerzo fuera de temporada. Sin embargo, una perspectiva más completa se obtiene al integrar la información proveniente de las condiciones de vida de los pescadores.

Debido a que las características socioeconómicas de las comunidades pesqueras interactúan fuertemente, definiendo en gran medida las artes y métodos de pesca, así como otros factores propios del acopio, procesamiento y distribución de los recursos, es muy importante estudiar las posibles relaciones entre las condiciones de vida de los pescadores y los aspectos pesqueros.

Asimismo, es importante obtener información sobre los perfiles de actividad de las comunidades de pescadores a lo largo del año, ya que pueden presentarse casos de picos de actividad más remuneradora, ligada p.ej. a ciclos migratorios de las especies, y es también común el caso de pescadores a tiempo parcial con actividades ligadas a agricultura, turismo, etc...

Como resultado de las confrontaciones anteriores es posible sugerir medidas de optimización, regulación y normalización de las pesquerías dentro del marco cultural de la comunidad pesquera, haciendo así más favorable la aceptación de dichas medidas.

En este sentido, se recomienda que el equipo de planificadores:
elabore y aplique un cuestionario que recabe aspectos socioeconómicos de los pescadores (índice de calidad de vida);
platique con miembros de la comunidad en cuestión sobre aspectos pesqueros;
participe en las faenas de pesca, procurando observar diferentes métodos de pesca y también de la pesca de diferentes recursos.

c) Servicios e infraestructuras de apoyo

Dado que el desarrollo de la pesca requiere servicios e infraestructuras de apoyo colaterales (en gran parte comunes a la pesca ribereña), se hace indispensable un estudio de las facilidades existentes y de las posibilidades de incorporación de los elementos faltantes para garantizar el adecuado desempeño de las actividades; los rubros más importantes a considerar son:

- Comunicaciones: carreteras, aeropuertos, caminos secundarios, teléfono, telégrafo.
- Servicios: agua potable, energía eléctrica, drenajes, existencia de catastro municipal.
- Insumos: combustibles, alimentos balanceados, medicamentos, químicos, producción de formas juveniles, pies de cría, equipo, talleres de mantenimiento de motores, principalmente. Es importante analizarán los canales de distribución de los insumos, su disponibilidad, calidad y precio.
- Almacenamiento y procesamiento: fábricas de hielo, almacenes, plantas de procesamiento del producto.

La carencia de alguno o varios de los elementos antes mencionados hace indispensable una evaluación económica del impacto que su incorporación pueda generar en los proyectos.

Además, se estudiarán los eventuales programas existentes o programados de fomento, extensión, capacitación y, finalmente, la estructura del crédito sectorial y las condiciones para su acceso, tanto por parte del sector social, como de los empresarios

Frecuencia de Monitoreo

- Para el primer nivel se realizara un monitoreo anual
- Para el segundo nivel se realizaran monitoreos semestrales
- Para el tercer nivel se realizara monitoreos anuales

Presupuesto para Evaluación Pesquera:

El monitoreo para asuntos pesqueros se realizaran a través de entrevistas y evaluaciones tanto en tierra como por mar. El costo está relacionado a la frecuencia de los mismos y tienen costos fijos de transporte terrestre y acuático, así como estadía y alimentación por día. Estos costos son:

Actividad	Nivel 1 Frecuencia anual (2 estaciones)		Nivel 2 Frecuencia anual (4 estaciones)		Nivel 3 Frecuencia anual (6 estaciones)	
	Tierra	Mar	Tierra	Mar	Tierra	Mar
Transporte terrestre (20 gal/ viaje) + depreciación	100.00	100.00	400.00	400.00	600.00	600.00
Transporte acuático (20 gal/día) + depreciación		300.00		1200.00		2000.00
Alimentos 1 día 2 personas	200.00	200.00	600.00	600.00	850.00	840.00
Estadía 1 días 2 personas	300.00	300.00	800.00	800.00	1100.00	1100.00
Honorarios/día técnicos (2) Ayudante (1) Coordinador (1)	450.00	450.00	1100.00	1100.00	1600.00	1600.00
Subtotal costos operaciones campo	1050.00	1350.00	2900.00	4100.00	4150.00	6140.00
Redacción informe	100.00	100.00	150.00	150.00	250.00	250.00
TOTAL US\$	1150.00	1450.00	3050.00	4250.00	4200.00	6390.00

PROCOLOS DE MONITOREO PARA MANGLARES

I. Protocolo de Monitoreo Básico (una vez al año)

- a. Parámetros núcleos (fecha, hora de visita, nombre de sitio, coordenadas GPS, nombres de técnicos, clima, temperatura del aire y del agua, viento, estado del mar, salinidad, luz, turbidez, DO)
- b. Descripción cualitativa del manglar
- c. Descripción cuantitativa del manglar (3 estaciones)
 - i. Topografía
 - ii. Estructura y Zonificación
 1. fotografía y diagramación (inc. transectos, dbH y altura)
 2. cambios en estructura vegetal
 - a. zonificación – transectos
 - iii. Productividad
 1. Química del suelo (pH, Eh, salinidad)
 2. sedimentación (estacas)

II. Protocolo de Monitoreo Intermedio (2 veces al año - temporadas seca y húmeda)

- a. Parámetros núcleos - todos los del Protocolo Básico
- b. Descripción cualitativa del manglar- lo mismo del Protocolo Básico pero más detallado
- c. Descripción cuantitativa del manglar (3 estaciones)
 - a. Topografía – lo mismo del Protocolo Básico
 - b. Estructura y Zonificación
 1. fotografía y diagramación- lo mismo del Protocolo Básico
 2. cambios en estructura vegetal – lo mismo del Protocolo Básico
 3. estudios de capas del manglar
 4. epifauna
 - c. Productividad
 1. Química del suelo (pH, Eh, salinidad, estratigrafía y granulometría)
 2. Sedimentación (trampas)

III. Protocolo de Monitoreo Avanzado (2 veces al año)

- a. Parámetros núcleos – todos los del Protocolo Intermedio
- b. Descripción cualitativa del manglar - lo mismo del Protocolo Intermedio
- c. Descripción cuantitativa del manglar (3 estaciones)
 - i. Topografía – lo mismo del Protocolo Intermedio
 - ii. Estructura y Zonificación
 1. fotografía y diagramación- lo mismo del Protocolo Intermedio
 2. cambios en estructura vegetal – lo mismo del Protocolo Intermedio
 3. estudio de capas del manglar - lo mismo del Protocolo Intermedio
 4. Biomasa del bosque
 - iii. epifauna – lo mismo del Protocolo Intermedio

iv. Productividad

1. Química del suelo– lo mismo del Protocolo Intermedio
2. Agua intersticial
3. Sedimentación (trampas)
4. Hojarasca

Protocolo de Monitoreo Básico (una vez al año)

1. Parámetros Núcleos

El formulario de Parámetros Núcleos para Estaciones en Manglar (Hoja de Campo M1) se debe llenar en el campo con las siguientes informaciones. Luego de finalizado el estudio, los datos deberán pasarse a lapicero para así asegurar su uso para referencias en el futuro.

Fecha: indique la fecha cuando se realizó el estudio

Hora y duración de estudio: indique la hora cuando se empezó y terminó el estudio

Nombre de sitio: indique el nombre de la estación

Coordenadas GPS: indique las coordenadas de latitud y longitud en grados, minutos y segundos. La mayoría de los GPS tiene una opción que muestra la posición en grados, minutos, y decimales (décimas de minuto). Si sus coordenadas están en las unidades de grados, minutos y decimales (décimas de minuto), simplemente multiplique la fracción de minutos por 60 para obtener segundos. Por ejemplo 3 grados, 10.25 minutos al norte sería 3 grados 10 minutos 15 segundos al norte ($0.25 \times 60 = 15$ segundos).

Nombres de técnicos: indique el nombre y apellido de todos los que participan en el estudio

Clima: indique el estado del tiempo según las categorías en el formulario

Temperatura del aire: tome la temperatura del aire mínima y máxima con un termómetro colocándolo 1.5 m sobre el suelo, permanentemente a la sombra. Anote con aproximación de 0.5°C las temperaturas mínimas y máximas registradas en las 24 horas recién pasadas. Para tomar la temperatura al momento del muestreo, se debe hacer con el mismo termómetro e igualmente con aproximación de 0.5°C.

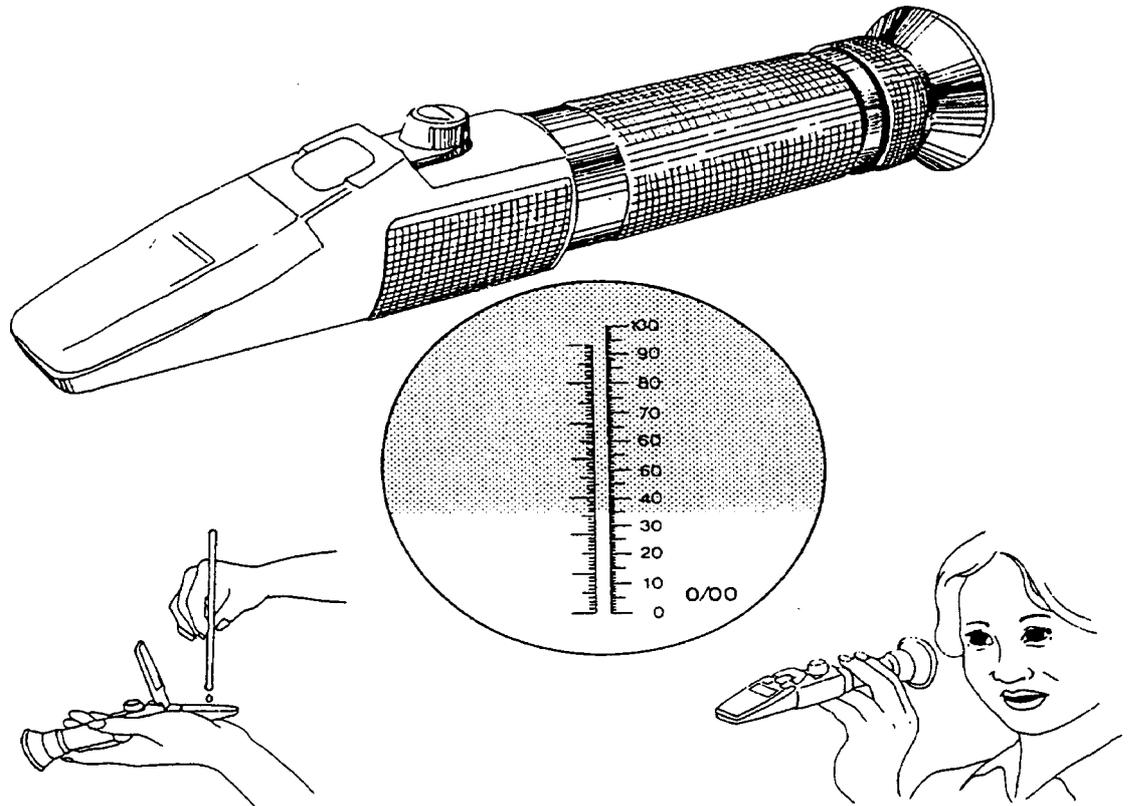
Temperatura del agua: tome la temperatura del agua utilizando un termómetro ordinario de mercurio. Tome una muestra de agua superficial con un balde, teniendo cuidado de no exponer el balde al sol (calentamiento) o a la evaporación del viento (enfriamiento). (OJO: ver nota abajo).

Viento y estado del mar: indique el estado del viento y del mar utilizando las categorías de la escala de Beaufort descritas en la siguiente tabla. La velocidad del viento se toma utilizando una brújula de mano. Se registra la dirección de donde proviene el viento.

Escala Beaufort	Viento (nudos)	Estado del Océano	Viento	Criterios oceánicos
1	0-5	Calmado	viento ligero	onda pequeña, el mar parece un espejo
2	6-10	Liso, tranquilo	brisa suave	grandes ondas, las crestas empiezan a romper
3	11-15	Leve	brisa moderada	pequeñas olas que se tornan más largas
4	16-20	Moderado	brisa recia	se forman muchas crestas blancas
5	21-25	Violento	brisa fuerte	olas grandes, crestas blancas extensas

Salinidad: use un refractómetro para medir la salinidad del agua. Sumerja un recipiente con tapa en el agua hasta la profundidad de 0.5 m; debajo del agua retire la tapa y deje que el recipiente se llene de agua; tape nuevamente el recipiente debajo del agua y súbalo a la superficie. Determine la salinidad en el sitio, colocando unas cuantas gotas de agua en la superficie de medición del refractómetro, y se baja la cubierta. La salinidad se lee en la escala del refractómetro graduado en partes por mil (ppt). Para mejor claridad en la lectura, este aparato debe estar dirigido hacia una fuente de luz.

En caso de que se sospeche existan próximo al sitio de estudio aportes de aguas dulces, se deben tomar varias medidas de salinidad para determinar su influencia en el medio. Nunca introduzca el refractómetro en el agua. Después de cada uso, el lente y la fotocelda del refractómetro se debe enjuagar cuidadosamente, con agua destilada preferiblemente. Se deben secar con papel higiénico. Este equipo es delicado, procure guardarlo dentro de su caja protectora cuando no esté siendo utilizado. (OJO: ver nota abajo).



Ponga una o dos gotas de la muestra en el prisma

Mire a la escala a través del ocular.

Diagrama de un refractómetro mostrando como se utiliza el índice refractivo del agua para determinar la salinidad de la misma. (Tomado de Sullivan et al., 1995).

Turbidez: El equipo necesario para realizar esta medición es el disco estándar de limnología (Secchi) de 0.2 m de diámetro dividido en cuatro cuartos (2 negros y 2 blancos). Dependiendo de las condiciones encontradas en el campo, la medición se puede realizar de dos formas:

Lectura Vertical: sumerja el Disco de Secchi en el agua desde la borda en el lado protegido al viento (barlovento) hasta que desaparezca y no pueda ser visto desde la superficie (no utilice máscara de buceo). Anote la profundidad cuando esto ocurre con una aproximación de 0.1m. Para obtener las mejores lecturas se recomienda sea entre las 10:00 y las 14:00 horas, ya que el sol se encuentra en su máxima elevación (acimut).

Lectura Horizontal: Coloque el Disco de Secchi a 0.5 m de profundidad, sujetado a un costado sumergido del barco y/o bote, o a una estaca clavada al fondo. Usando una máscara de buceo y a partir del disco, sujete una cinta métrica marcada y nade retirándose del mismo hasta que el disco desaparezca. Anote la distancia registrada con una aproximación de 0.1m.

DO: tome una muestra de agua para calculación de oxígeno disuelto vía el método de titulación. (OJO. Ver nota abajo)

(NOTA: varios equipos electrónicos disponibles en el mercado son capaces de medir temperatura, salinidad, conductividad, y oxígeno disuelto de una manera rápida, efectiva y precisa.)

Descripción Cualitativa del Manglar

Se debe comenzar realizando una evaluación inicial compuesta por observaciones sobre la estructura, usos, y amenazas potenciales a la comunidad de manglar. Usando el Formulario de Evaluación Cualitativa de Manglar, se debe clasificar el área topográficamente; determinar el tamaño del área; describir los vientos, el relieve, y las características costeras del lugar. También se deben examinar las mareas y describir la geomorfología, hidrología y fisiografía del lugar. Se deben tomar notas sobre la flora y fauna asociada al bosque de manglar, así como a la presencia o ausencia de semillas y vástagos. Además, se deben realizar observaciones generales sobre las comunidades vecinas o adyacentes al bosque de manglar. Se deben realizar comentarios sobre los disturbios realizados en la zona, así como los usos y el manejo. Además se debe anotar en caso de que el manglar esté estresado de alguna forma. El siguiente listado ayudará a reconocer los signos no tan obvios de un manglar bajo estrés. Estas características deben ser revisadas en cada visita al manglar para mostrar si el ecosistema se está recuperando o está siendo dañado aún más.

Los bosques de manglares pueden mostrar estrés de las siguientes maneras:

- Puede haber áreas grandes o pequeñas donde se hayan talado árboles
- Los árboles pueden tener ramas cortadas
- Las ramas y los troncos pueden tener rajaduras o grietas en la corteza
- Las ramas más altas se pueden estar muriendo en las puntas
- Puede haber menos hojas, o más pequeñas, que muestren torceduras y ondulaciones, y pueden tener partes muertas o manchadas; la distancia entre las partes de la hoja en los brotes puede ser mucho menor que en un árbol sano
- Puede no haber flores
- Los frutos se pueden caer antes de madurar
- Las semillas pueden estar deformadas – o tener crecimiento anormal
- Las plántulas establecidas pueden empezar a crecer anormalmente
- Las plántulas pueden morir
- Las pequeñas raíces aéreas verticales (neumatóforos) que sobresalen del fango pueden estar ramificadas, torcidas o enrolladas, y las raíces aéreas se pueden desarrollar en el tronco del árbol
- Los árboles jóvenes pueden crecer inclinados

Para caracterizar el bosque de manera más cuantitativa y así poder realizar comparaciones a través del tiempo (monitoreo) o con otros manglares similares, se deberán escoger tres estaciones al azar. Para cada estación se deberá llenar una hoja de campo llamada Formulario Características Manglar I, y en ellas hacer las siguientes mediciones. En cada estación se deben escoger dos transectos permanentes. El punto de partida de cada transecto debe ser en los manglares bordeantes más cercanos a la orilla. La dirección del transecto debe ser tal que cubra los hábitats más importantes de esa estación en particular. Idealmente, los transectos deben ser perpendiculares a la orilla. Se deben marcar los dos extremos de los transectos introduciendo estacas

identificadas en el suelo. Se deben leer y anotar las coordenadas GPS de los extremos de los transectos. Los transectos deben ser lo suficientemente largos para incluir todos los hábitats de interés (20-50m).

Topografía: se deberán escoger lotes o estaciones de 10 x 10 m (100 m²), y utilizando una brújula para asegurarse que son lotes cuadrados (o sea que los ángulos tengan 90 grados), se deberán marcar cada esquina con una cinta. Luego se deberá (1) describir la topografía de cada estación midiendo la pendiente que existe y la dirección de esta pendiente (mirando cuesta abajo y usando una brújula), (2) clasificar el área topográficamente (observando y describiendo los manglares dentro y alrededor de la estación), y (3) observar las características costeras que mejor definan la estación.

Estructura y Zonificación

Fotografía y Diagramación: Para comprender la estructura vegetal del bosque de manglar bajo estudio se deben tomar fotografías de las estaciones de estudio. Usando un lente panorámico, se deben fotografiar las estaciones, luego voltearse 180 grados y tomar otra foto. Año tras año, las fotos deben ser tomadas de la misma perspectiva en cada uno de los marcadores de los transectos. También se pueden tomar fotos de árboles individuales, tomando notas sobre el estado general de los árboles, señales de herbívoros, y otras características de la parcela o lote.

Para cada estación se deberá escoger uno de los dos transectos (y usar el mismo cada año) y se deberán tomar datos de los árboles de manglar y diagramar la estructura de dicha comunidad.

Empezando en el principio del transecto y a cada 5 metros (punto central) se deberán colocar cuatro cuadrantes perpendiculares a la línea de transecto. En cada uno de los cuatro cuadrantes formados por estas líneas interseccionadas, se deberán tomar las siguientes mediciones del árbol más cercano al punto central del transecto (5, 10, 15, 20m etc): especies, distancia del punto central al punto medio del árbol más cercano (d, en metros), diámetro a la altura del pecho (dbh, en centímetros), y altura (h, en metros) (descritos a continuación).

Diámetro a la altura del pecho o dbh: para obtener el diámetro del tronco se mide la circunferencia (c) del árbol. Con *Rhizophora mangle*, la circunferencia se mide inmediatamente arriba de las raíces aéreas más altas, usando una cinta flexible marcada en centímetros. El diámetro se calcula entonces como:

$$dbh = c/\pi$$

(Nota: Se pueden obtener cintas para medir dbh directamente a través de proveedores forestales.)

Se debe pintar un anillo alrededor del tronco para marcar el punto donde se tomo la medida dbh, para así encontrarla el próximo año y volver a medir la circunferencia o dbh. Los árboles de manglar rojos a veces tienen más de un tronco que sube de un soporte común o raíces aéreas o "fúlcreas." En estos casos, cada tronco se mide como un árbol independiente. Al decidir donde se debe medir la circunferencia, las raíces fúlcreas que crezcan de las ramas más altas deben ignorarse.

Altura: La altura debe ser medida usando tres parámetros: (a) altura sobre la superficie del sedimento de la raíz fúlcrea más alta, (b) longitud del tronco, desde las raíces fúlcreas al área principal de ramificación y (c) altura total, del suelo a las hojas más altas (Figura 5.2). Para manglares blancos y negros, se debe medir: a) altura total del sedimento a las hojas más altas; y b) longitud del tronco de la superficie del sedimento al área de mayor ramificación. Para vástagos y árboles de hasta 6 m, es práctico usar un tubo telescópico graduado de 6 m. Para árboles más altos que el tubo telescópico, utilice un clinómetro. En lugares donde la densidad arbórea es alta, la medición de la altura será muy difícil. Para aquellas áreas donde pueda ser más difícil obtener una medición real, calcule lo más cercanamente posible. Las mediciones a realizarse se describen abajo:

Con estos datos se puede calcular la densidad del árbol por punto central con la siguiente fórmula (Cintron and Shaeffer Novelli, 1984):

$$D = 1 / d_{\text{mean}}^2$$

Donde: D = densidad del tallo en m⁻²

d_{mean} = distancia promedio para todos los árboles en un transecto

También se debe calcular el dbh promedio por especie por punto central y el promedio total de todas las especies combinadas por punto central; y la altura promedio por especie por punto central y el promedio total de todas las especies combinadas por punto central. Con estos datos se pueden hacer gráficas de estos promedios y densidades contra la distancia de la orilla del punto central. De estos análisis, así como de observaciones de campo y fotografías aéreas (si están disponibles), se deben definir los diferentes tipos de hábitats de manglar en cada estación (ej., bosque dominado por árboles altos de *Avicennia germinans*; bosque dominado por *Rhizophora mangle* enano, etc.). Utilizando el espacio provisto en el formulario, se debe dibujar una diagramación simple pero representativa de la estructura vegetal. Este diagrama se puede utilizar para ilustrar la comunidad entera y el lugar donde al cual se cree el lote pertenece. En la Figura 30 se presentan algunos de los símbolos que se pueden utilizar para representar las diferentes especies de mangle.

Cambios de Estructura Vegetal: Para medir los cambios a través del tiempo en la distribución del manglar y los ambientes asociados, y así monitorear la estructura vegetal se debe desplegar una soga marcada o una cinta métrica a lo largo del transecto. Se camina de un lado de la soga y se anota la distancia cuando hay un cambio en la vegetación (hierbas marinas, plántulas, plantas juveniles de mangle, neumatóforos, plantas adultas de mangle, etc.) o cuando se encuentra suelo sin vegetación. También se debe anotar el tipo de sedimento (arena, lodo, etc).

Luego de finalizado el estudio de cambios de vegetación a lo largo del transecto, se debe escoger un área 10 x 10m y delimitarla temporalmente. Un lado de este terreno debe ser la soga de transecto. Para futuros monitoreos, se debe apuntar en qué lugar y lado del transecto se hizo este estudio (hacer un dibujo). Dentro del terreno se debe contar el número total de plantas de manglar y se deben medir (dbH y altura) diez de estas plantas. Se deben contar el número de vástagos y el número de plantas de semillero. Si hay demasiadas plantas de semillero, entonces cuente todos los individuos

en un área más pequeña (1 x 1 m) y haga tres réplicas de esto. Es importante mantener un registro de los métodos que se utilizaron en estos conteos.

Productividad

Química del Suelo: en cada estación se deberán tomar muestras del suelo y en ellas medir el pH, el eH y la salinidad del suelo. Cuando se toma la medida del pH del suelo se debe hacer con muestras frescas para evitar la oxidación de las pirritas de hierro (un constituyente común en los suelos de manglar) a ácido sulfúrico, lo cual daría un valor mucho menor de pH que el que ocurre normalmente in situ. Si el lote está inundado se debe medir la salinidad del agua utilizando un hidrómetro y convirtiendo la densidad del agua a salinidad (ppt).

Sedimentación: Para medir las tasas de sedimentación (o pérdida de sedimentos) de la manera más simple, con un martillo coloque 15 estacas numeradas a lo largo del transecto y a varias distancia del transecto, siempre dejando 20 cms expuestos. Asegúrese de tener 5 réplicas en cada hábitat. Para el monitoreo de la sedimentación, se coloca una regla en el suelo tocando el fondo de la estaca y se mide perpendicularmente desde la regla hasta el tope de la estaca.

Protocolo de Monitoreo Intermedio (2 veces al año, temporadas seca y húmeda)

1. Parámetros Núcleos

Se deberán medir todos los parámetros del Protocolo Básico y llenar el mismo formulario.

2. Descripción Cualitativa del Manglar

Se deberá llenar el mismo Formulario de Evaluación Cualitativa del Manglar del Protocolo I, pero tratando de ser más detallado en las descripciones.

3. Descripción Cuantitativa del Manglar

Topografía: se deberán realizar las mismas mediciones y llenar el mismo formulario del Protocolo Básico.

Estructura y Zonificación

Fotografía y Diagramación

Se deberán realizar las mismas acciones descritas para el Protocolo Básico.

Cambios de Estructura Vegetal

Se deberán realizar las mismas acciones descritas para el Protocolo Básico.

Estudio de Capas del Manglar

Para tener una mejor idea de la estructura vegetal del bosque se deberán identificar las diferentes capas que componen el bosque y medir su porcentaje de cobertura. Las capas o estratos de un bosque están conformados por una o varias especies de plantas y cubren por lo menos un 10% del área bajo estudio. La Figura 31 muestra la terminología estándar utilizada para describir estas capas. Una vez se hayan identificado las diferentes capas del bosque se debe empezar con la más alta y registrar los siguientes datos:

- Porcentaje de cobertura de capas: Mire hacia las copas de los árboles y examine la amplitud de las copas de los árboles. Proyecte esta área sobre el suelo y calcule el porcentaje de cobertura que tendría esta capa completa si estuviera en el suelo. Haga lo mismo para las otras capas. Las clases de cobertura para las capas son amplias y su cálculo debe acercarse a uno de estos : LT1 : 1 - 10%; LT2 : 11 - 25%; LT3 : 26 - 60%; LT4 : 61 - 100%. Se debe llegar a un estimado de cobertura a través de un consenso de varios observadores y por calibración.
- Porcentaje de cobertura por especies dominantes: En un bosque de varias especies de mangle, en cada copa se deben escoger la o las (1-2) especies dominantes y de igual forma hacer un cálculo estimado de su cobertura. Las clases de cobertura para especies individuales son mucho más específicas que las de copa completa, y es un parámetro importante para caracterizar comunidades de plantas : LT1 : 0 - 1%; LT2 : 2 - 5%; LT3 : 6 - 25%; LT4 : 26 - 50%; LT5 : 51 - 75%; LT6 : 76 - 100%.
- Altura de Árbol: Calcule la altura (m) de los árboles al metro más cercano para cada copa. Por definición, todos los árboles que forman una copa son similares en elevación. Para cada cuadrante muestreado, marque cada categoría independientemente.
- Medidas Promedio de DAP: Este es el “Diámetro de los Árboles a la Altura del Pecho.” Para manglares, lo convencional es que se mida el diámetro justamente encima de la última raíz. Usando una regla o cinta de medir, estime el diámetro al centímetro más cercano de los árboles. Registre todas las medidas de diámetro para cada árbol y por especie. Será necesario sacar un promedio para cada estrato y para cada especie.
- Densidad de Árboles: En el lote de 100 m², cuente el número total de árboles para cada especie y en cada estrato. Si tiene un lote muy denso subdivídalo en áreas más pequeñas con rejillas de 1 x 1 m. Esta rejilla representa un 1% del área del lote. En este caso es necesario muestrear por lo menos 10 rejillas para obtener un buen estimado de densidad de plantas de semillero u de otras plantas que tal vez sean particularmente densas en el lote.

Además de estos datos, se debe incluir observaciones sobre los métodos de muestreo, la forma y calidad de los árboles, la existencia o no de crecimiento de bosque primario, las especies que conforman la madera muerta, y la fauna en general.

Epifauna: para caracterizar los animales que utilizan los diferentes hábitats proporcionados por el manglar se deben escoger 5 lugares al azar y sin alejarse más de 10m de la línea de transecto. En estos lugares coloque un cuadrante de 25 x 25 cm en el suelo dentro de cada uno de los hábitats principales (lodazales, semilleros, plantas adultas, etc). En cada cuadrante cuente los animales que se observan en la superficie del suelo. Si hay demasiados animales de un tipo se recomienda dividir el cuadrante en cuatro (luego multiplicar la cantidad por cuatro).

Productividad: además de las características y parámetros a ser descritos y medidos en el Protocolo Básico, en las mismas tres estaciones se deberá medir lo siguiente:

Química del suelo: además del pH, Eh y salinidad, se deberá medir las capas o estratigrafía del suelo, y el tamaño de las partículas que componen dicho suelo. Para el estudio de estratigrafía se deberá hacer un agujero con un taladro o barrena. Periódicamente se deberá inspeccionar la punta del taladro y se deberá apuntar cada vez que se llegue a una nueva capa en el suelo (nuevo color o composición). Tan pronto se llegue a una nueva capa se debe medir su espesor substrayendo la profundidad mediada de la capa anterior. También se debe describir la nueva capa (color, olor, apariencia, etc).

Todos los suelos están compuestos por partículas de diferentes tamaños, pero generalmente éstas se dividen en tres diferentes grupos: cascajo (mayor de 2 mm), arena (0.062 - 2 mm), y lodos (cieno y arcilla). Los lodos se dividen en cieno grueso (62-15.6µm), cieno fino (15.6-3.9µm) y arcilla (menos de 3.9µm). Un esquema gradual para los suelos es la Escala de Grados Wentworth (Tabla 25 OJO). Para esto se deberá obtener un núcleo del suelo. Esto se hace martillando un tubo (2" diámetro de PVC) en el suelo, al lado del agujero de la perforación. Se sube el tubo y el núcleo debe mantenerse dentro del tubo, sellando ambos extremos con tapas de PVC. El tubo se debe marcar con el número de la estación, código de muestra, y se debe señalar cuál extremo representa la superficie del suelo. Estos núcleos son llevados al laboratorio para analizar el tamaño de las partículas que conforman el suelo.

Nombre	Límites	
	mm	µm
Canto rodado	>256	
Cascajo	256 - 64	
Guijarro	64 - 4	
Gránulo	4 - 2	
Arena muy gruesa	2 - 1	2000 - 1000
Arena gruesa	1 - 0.5	1000 - 500
Arena media	0.5 - 0.25	500 - 250
Arena fina	0.25 - 0.125	250 - 125
Arena muy fina	0.125 - 0.062	125 - 62
Lieno	0.062 - 0.0039	62 - 3.9
Arcilla	<0.0039	<3.9

Escala de grados Wentworth utilizada para descubrir tipos de suelo o granulometría. (Tomado de English et al., 1994).

Sedimentación: En cada manglar se deberá medir la deposición del sedimento o tasa de sedimentación con trampas de sedimento colocadas en lugares marcados con boyas. Las trampas de sedimento se deben construir de tubos de PVC y colocadas en el fondo. Las trampas se deben colocar y recobrar al cabo de 2-4 semanas. Después de recuperadas, el contenido se vierte en filtros previamente pesados y se enjuaga con agua destilada para eliminar las sales. Después se secan los filtros en una estufa hasta alcanzar peso constante. La cantidad de sedimento sobre cada filtro se determina por la substracción del peso del filtro. La tasa de sedimentación (mg peso seco/cm²-día) se

calcula como: $\{(\text{sedimento} + \text{peso de filtro}) - \text{peso de filtro}\} / (\text{número de días en el sitio} \times \text{área de la trampa})$.

Protocolo de Monitoreo Avanzado (2 veces al año, temporadas seca y húmeda; excepciones están anotadas)

1. Parámetros Núcleos

Se deberán medir todos los parámetros del Protocolo Básico y llenar el mismo formulario.

2. Descripción Cualitativa del Manglar

Se deberá llenar el mismo Formulario de Evaluación Cualitativa del Manglar del Protocolo Básico.

3. Descripción Cuantitativa del Manglar

Fotografía y Diagramación: se deberán realizar las mismas acciones y estudios llevados a cabo en el Protocolo Intermedio.

Topografía: se deberán realizar las mismas mediciones y llenar el mismo formulario del Protocolo Intermedio.

Estructura y Zonificación:

Fotografía y Diagramación: se deben realizar los mismos estudios descritos en el Protocolo Intermedio

Cambios en Estructura Vegetal: se deben realizar los mismos estudios descritos para el Protocolo Intermedio.

Estudio de Capas del Manglar: se debe realizar el mismo estudio descrito en el Protocolo Intermedio.

Biomasa de Bosques Adultos (Tomado de Almada-Villela, Sale, Gold-Bouchot y Kjerfve, 2003). Para poder calcular la biomasa es necesario establecer sub-parcelas separadas, de las cuales todos los vástagos y plántulas deberán ser cosechados para determinar relaciones altura-peso para manglares jóvenes de menos de 2.5 cm dbh. La muestra debe contener entre 50-100 plantas de cada especie muestreada. Cuando se cosechen las plantas juveniles, se puede usar un tenedor para aflojar el sedimento alrededor de cada planta y así sacar lo más que pueda del sistema de raíces. Esto se hace solo una vez para determinar el factor de conversión altura-a-peso, después de lo cual sólo se mide la altura de las plántulas en muestreos sucesivos. Los datos deben ser expresados como de peso húmedo la biomasa.

Se deberá calcular la biomasa de los bosques de árboles de manglares mayores a 2.5 cm dbh usando el diámetro del tronco y la densidad del árbol (número de árboles por unidad de área). La biomasa individual del árbol se calcula usando el factor de conversión dbh - peso (1) Golley et al. (1962):

$$\text{Biomasa (g)} = \text{dbh (cm)} \times 3,390$$

y (2) Cintrón and Shaeffer Novelli (1984):

$$\text{Biomasa (g)} = b[(\text{dbh})^2 (\text{altura})]^m$$

Donde b y m son constantes de 125.9571 y 0.8557, respectivamente (para detalles ver publicación).

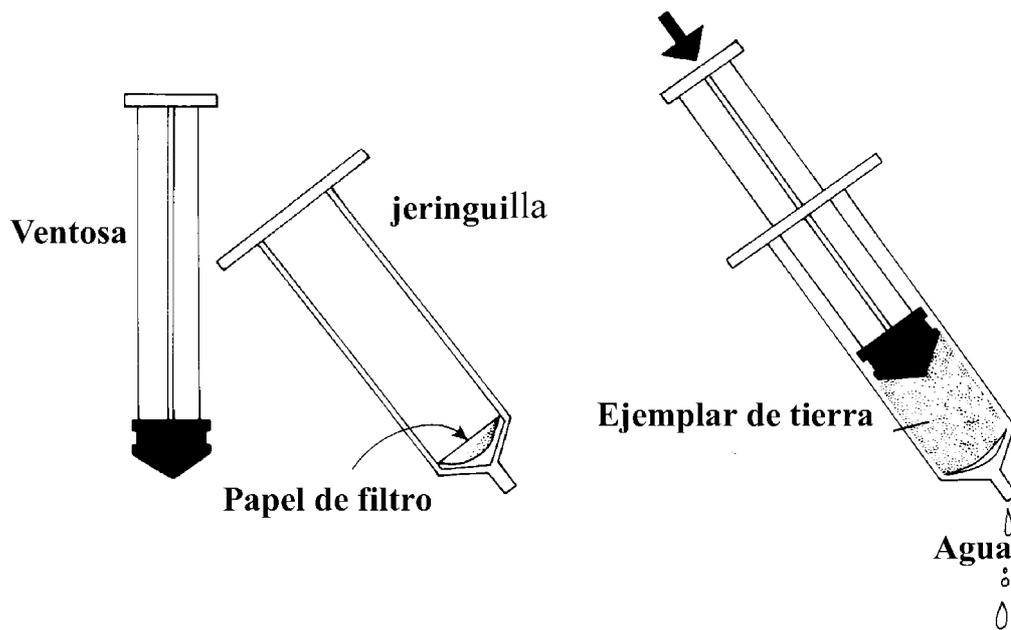
La biomasa arbórea total en las parcelas será calculada sumando las mediciones individuales de los árboles. Los datos deben ser expresados como el peso húmedo para la biomasa viviente (kg/m²). El incremento anual de la biomasa en pie, o vertical, debido al crecimiento del árbol se obtiene de las diferencias entre las mediciones dbh del árbol, realizadas en dos intervalos anuales. Usando la tasa de conversión calculada, se añadirá la biomasa de los vástagos y plántulas obtenida de los datos experimentales de la sub-parcela a los datos de árboles. Registre el crecimiento de vástagos y plántulas a intervalos bi-anuales como una indicación del reclutamiento de la biomasa en pie. Se pudiera esperar que alguna mortandad de plántulas influya en los cálculos de biomasa añadidos a la biomasa en pie.

Epifauna: se deberá realizar el mismo estudio descrito para el Protocolo Intermedio.

Productividad: además de las características y parámetros a ser descritos y medidos en el Protocolo Básico y el Intermedio, en las mismas tres estaciones se deberá medir lo siguiente.

Química del suelo: además del pH, Eh, salinidad, estratigrafía y tamaño de partículas, se deberá tomar muestras del agua intersticial del suelo cada seis meses. Esto se hace escogiendo de nuevo un punto al azar dentro del lote. En este punto se martilla un tubo de PVC de 2" con tapa puesta, y cuyos lados previamente han sido taladrados. Agua se introducirá dentro del tubo a través de los agujeros del taladro. Esta es el agua intersticial. A esta agua se le debe medir la concentración de oxígeno, la temperatura, el pH (un pH/milivoltímetro con electrodo de platino para medir Eh y pH) y la salinidad.

Se recomienda medir el Eh y pH (con papel pH) desde que se saque el núcleo. Para medir las características del agua intersticial se puede introducir la sonda del YSI directamente en el tubo, o extrayendo agua con una pipeta grande. Para tomar la salinidad del agua intersticial se deberá utilizar una jeringa de 10-20 ml a la cual se le coloca un pedazo de papel filtrador o pañuelo de papel ("kleenex") en el fondo. Se toman muestras a 10 y 40 cm. del núcleo (medido desde la superficie) y se colocan en la jeringa. Se exprime hasta que salgan una o dos gotas de agua, las cuales se colocan directamente sobre el refractómetro (Figura 29) La temperatura se puede tomar extrayendo agua con una pipeta, colocándola en un envase plástico y leyéndolas directamente con un termómetro.



El agua puede expresarse del suelo usando una jeringa con papel de filtro. (Tomada de English et al., 1994)

Sedimentación: se deben realizar los mismos estudios descritos para el Protocolo Intermedio.

Hojarasca (método CARICOMP) (dos veces al año): una mejor idea de la productividad del manglar se obtiene a través del pesado permanente de las hojas, flores, tallos etc., que caen normalmente al suelo (medida de hojarasca), usando para esto 10 trampas o canastas, construidas con red de nylon o sarán y cosidas a un marco de tubos de PVC. Estas trampas se colocan al azar en cada unas de las tres parcelas. Éstas deben ser atadas a las raíces zancas a aproximadamente a un metro por encima del suelo o el agua. Cada trampa debe estar identificada con una etiqueta indicando la letra de la parcela en donde se encuentra y un número para la trampa.

Durante el primer año del estudio se recogen las muestras de hojarasca mensualmente (Tabla 36 y 37), y en el primer mes del muestreo se recoge la hojarasca suelta alrededor de las trampas. La hojarasca se coloca en bolsas separadas y se etiqueta según la trampa más cercana, denominándose ésta como hojarasca de superficie. Las colectas subsiguientes recogidas de las trampas se colocan en fundas de cierre hermético y se etiquetan según la etiqueta de la trampa.

En ambos casos se lleva al laboratorio para su procesamiento. La hojarasca de superficie se lava cuidadosamente para removerle el sedimento y las sales adheridas y se llevan al horno hasta que estén completamente secas, para luego ser separadas en hojas, flores, frutos, madera/ramas, brácteas y otros. Acto seguido se pesa cada fracción. La hojarasca producto de las trampas también pasan por el proceso de separación, secado y pesaje. Los datos obtenidos se pasan a los formularios confeccionados para estos fines

PROCOLOS DE MONITOREO PARA PASTOS MARINOS

- I. Protocolo de Monitoreo Básico (2 veces al año: temporadas seca y húmeda)
 - a. parámetros núcleos (fecha, hora de visita, nombre de sitio, coordenadas GPS, nombres de técnicos, clima, temperatura del aire y del agua, viento, estado del mar, salinidad, turbidez, DO)
 - b. Composición y cobertura – método visual con cuadrantes
 - c. Biomasa – método CARICOMP con nucleador

- II. Protocolo de Monitoreo Intermedio (cada 4 meses)
 - a. Parámetros núcleos – los mismos del Protocolo Básico
 - b. Composición y cobertura – los mismos del Protocolo Básico pero incrementando repeticiones
 - c. Biomasa, crecimiento y productividad
 - i. método CARICOMP con nucleador – el mismo del Protocolo Básico
 - ii. método estimación crecimiento de *Thalassia*
 - d. Fauna y epifauna – nado aleatorio P/A
 - e. Juveniles de peces y crustáceos (ver Pesquerías)

- III. Protocolo de Monitoreo Avanzado (cada cuatro meses al menos que se indique al contrario)
 - a. Parámetros núcleos – los mismos del Protocolo Básico
 - b. Composición y cobertura – los mismos del Protocolo Intermedio
 - c. Biomasa, crecimiento y productividad
 - i. método CARICOMP con nucleador
 - ii. método estimación crecimiento de *Thalassia*
 - iii. índice de área de hoja
 - iv. contenido C:N:P (una vez al año)
 - d. Fauna y epifauna – lo mismo del Protocolo Intermedio
 - i. Juveniles de peces y crustáceos (ver Pesquerías)

Protocolo de Monitoreo Básico (dos veces al año – temporada seca y húmeda) (3 sitios, dos estaciones en cada sitio)

1. Parámetros Núcleos

El formulario de Parámetros Núcleos para Estaciones en Praderas de Hierbas Marinas (Hoja de Campo PHB1) se debe llenar en el campo con las siguientes informaciones. Luego de finalizado el estudio, los datos deberán pasarse a lapicero para así asegurar su uso para referencias en el futuro.

Fecha: indique la fecha cuando se realizó el estudio

Hora de visita: indique la hora cuando se empezó el estudio

Nombre de sitio: indique el nombre de la estación

Coordenadas GPS: indique las coordenadas de latitud y longitud en grados, minutos y segundos. La mayoría de los GPS tiene una opción que muestra la posición en grados, minutos, y decimales (décimas de minuto). Si sus coordenadas están en las unidades de

grados, minutos y decimales (décimas de minuto), simplemente multiplique la fracción de minutos por 60 para obtener segundos. Por ejemplo 3 grados, 10.25 minutos al norte sería 3 grados 10 minutos 15 segundos al norte ($0.25 \times 60 = 15$ segundos).

Nombres de técnicos: indique el nombre y apellido de todos los que participan en el estudio

Clima: indique el estado del tiempo según las categorías en el formulario

Temperatura del aire: tome la temperatura del aire mínima y máxima con un termómetro colocándolo 1.5 m sobre el suelo, permanentemente a la sombra. Anote con aproximación de 0.5°C las temperaturas mínimas y máximas registradas en las 24 horas recién pasadas. Para tomar la temperatura al momento del muestreo, se debe hacer con el mismo termómetro e igualmente con aproximación de 0.5°C .

Temperatura del agua: tome la temperatura del agua utilizando un termómetro ordinario de mercurio. Tome una muestra de agua superficial con un balde, teniendo cuidado de no exponer el balde al sol (calentamiento) o a la evaporación del viento (enfriamiento).

Viento y estado del mar: indique el estado del viento y del mar utilizando las categorías de la escala de Beaufort descritas en la siguiente tabla. La velocidad del viento se toma utilizando una brújula de mano. Se registra la dirección de donde proviene el viento.

Escala Beaufort	Viento (nudos)	Estado del Océano	Viento	Criterios oceánicos
1	0-5	Calmando	viento ligero	onda pequeña, el mar parece un espejo
2	6-10	Liso, tranquilo	brisa suave	grandes ondas, las crestas empiezan a romper
3	11-15	Leve	brisa moderada	pequeñas olas que se tornan más largas
4	16-20	Moderado	brisa recia	se forman muchas crestas blancas
5	21-25	Violento	brisa fuerte	olas grandes, crestas blancas extensas

Salinidad: use un refractómetro para medir la salinidad del agua. Sumerja un recipiente con tapa en el agua hasta la profundidad de 0.5 m; debajo del agua retire la tapa y deje que el recipiente se llene de agua; tape nuevamente el recipiente debajo del agua y súbalo a la superficie. Determine la salinidad en el sitio, colocando unas cuantas gotas de agua en la superficie de medición del refractómetro, y se baja la cubierta. La salinidad se lee en la escala del refractómetro graduado en partes por mil (ppt). Para mejor claridad en la lectura, este aparato debe estar dirigido hacia una fuente de luz. En caso de que se sospeche existan próximo al sitio de estudio aportes de aguas dulces, se deben tomar varias medidas de salinidad

Turbidez: El equipo necesario para realizar esta medición es el disco estándar de limnología (Secchi) de 0.2 m de diámetro dividido en cuatro cuartos (2 negros y 2 blancos). Dependiendo de las condiciones encontradas en el campo, la medición se puede realizar de dos formas:

Lectura Vertical: sumerja el Disco de Secchi en el agua desde la borda en el lado protegido al viento (barlovento) hasta que desaparezca y no pueda ser visto desde la

superficie (no utilice máscara de buceo). Anote la profundidad cuando esto ocurre con una aproximación de 0.1m. Para obtener las mejores lecturas se recomienda sea entre las 10:00 y las 14:00 horas, ya que el sol se encuentra en su máxima elevación (acimut).

Lectura Horizontal: Coloque el Disco de Secchi a 0.5 m de profundidad, sujetado a un costado sumergido del barco y/o bote, o a una estaca clavada al fondo. Usando una máscara de buceo y a partir del disco, sujete una cinta métrica marcada y nade retirándose del mismo hasta que el disco desaparezca. Anote la distancia registrada con una aproximación de 0.1m.

2. Composición y Cobertura

Para determinar la importancia de las praderas de hierbas marinas y detectar los cambios que ocurren a través de perturbaciones, primero es necesario mapear la distribución y densidad de los organismos que los componen. Esto incluye datos de cobertura por las diferentes especies, y datos de biomasa si es posible.

La mayoría de los métodos para determinar la biomasa de las praderas de hierbas marinas son complejos y difíciles de realizar en lugares con poca visibilidad como la Bahía de Samaná, pues involucran el conteo y recolección de retoños, hojas etc. En este caso se utilizará un método desarrollado por Saito y Atobe (1970). Es un método visual de estimar la cobertura de hierbas marinas que evita la destrucción de la pradera en los lugares de muestreo. Este método consiste en colocar un cuadrante de 50 x 50 cm que ha sido dividido en 25 cuadros de 10 x 10 cm. sobre el sustrato. En cada uno de estos 25 cuadros se registra la cobertura por las diferentes especies utilizando las siguientes categorías:

Clase	Area del Sustrato Cubierto	% del Sustrato Cubierto	% Medio (M)
5	½ a todo	50 - 100	75
4	¼ a ½	25 - 50	37.5
3	1/8 a ¼	12.5 - 25	18.75
2	1/16 a 1/8	6.25 - 12.5	9.38
1	menos de 1/16	< 6.25	3.13
0	Ausente	0	0

La cobertura (C) de cada especie en cada cuadrante de 50 x 50 centímetros se calcula de la siguiente forma :

$$C = \frac{\sum(M_i x f_i)}{\sum f} \quad \text{donde } M_i = \% \text{ medio de la Clase } i$$

$f = \text{frecuencia (número de cuadros con la misma categoría de dominancia (i))}.$

En cada estación, se deben realizar cinco repeticiones escogidas al azar.

3. Biomasa (Método CARICOMP)

La mejor manera de que se haga un muestreo de biomasa en las praderas de hierbas marinas (ceibadales) es usando nucleadores. Este consiste en un tubo de PVC de 60-80 cm de largo y unos 15-20 cm. de diámetro, con agarradera de palo de escoba de 45 cm. de largo, con un orificio y un tapón hermético removible de 5-7.5 cms de diámetro en su parte superior. Un mango continuo debe ir transversalmente a través del nucleador y se debe sellar en las partes donde pase a través del tubo del nucleador. Las agarraderas deben ser de cuando menos 15-20 cm en cada lado, para apalancamiento, y deben tener un diámetro lo suficientemente largo para ser fuertes y cómodas. El extremo inferior es abierto y aserrado para facilitar su inserción en los sedimentos y el corte de las rizomas de las hierbas marinas a ser muestreadas. Para este estudio también se necesitarán varios envases plásticos pequeños a medianos; bolsas de malla (parecidas a las de buceo o alguna otra que permita atrapar solo el material y dejarlo fuera el agua); cubetas grandes para depositar muestras del nucleador en el campo; cepillo de dientes suave; coladores de plástico; fundas ziplock; cuadrantes de alambre de calibre grueso; papel de aluminio; ácido clorhídrico; pinzas; cintas plásticas de marcar; balanza analítica; y horno de secado.

En cada pradera de hierba marina bajo estudio, se deberán escoger dos sitios separados entre sí por aproximadamente unos 20 m. Idealmente, el sitio principal debe ser el más representativo de un área. El sitio principal será el que a simple vista tenga la comunidad más exuberante o mejor desarrollada de *Thalassia*, con hojas limpias y verdes. Este sitio es el más fácil de seleccionar y será un indicador de lo mejor que el área sea capaz de producir. Si es posible, se seleccionará un segundo sitio, uno que le parezca al investigador como promedio y representativo del área en general. En cada sitio, se escogerán dos estaciones para replicación estadística. Estas deben estar separadas por diez metros o más, y deben ser similares visualmente.

En cada sitio se colocan al azar seis (6) cuadrantes para efectuar las mediciones de productividad y cuatro marcadores donde se tomaran núcleos para la medición de la biomasa.

El procedimiento para la toma de muestra consiste en:

1. Se quita el tapón de goma de la tapa del nucleador.
2. Con fuerza se inserta el nucleador en el sedimento hasta una profundidad de 45 a 50 cm para poder obtener más del 90% de las rizomas y raíces de la *Thalassia*. Para lograr esto se recomienda utilizar movimientos rotatorios, asistiéndose en este proceso con 20 lb. de pesas de buceo, las cuales se colocan en el mango del nucleador. Si es posible se debe hundir el nucleador hasta las agarraderas para que la muestra no se resbale del nucleador cuando éste sea sacado del sedimento. Al alcanzar la profundidad deseada, se obtienen raíces y rizomas de la *Thalassia*, así como epifitas, algas y sedimentos de varios tipos.
3. En el momento de sacar la muestra se coloca el tapón hermético y con fuerte movimiento hacia arriba se extrae el nucleador colocando una funda de malla fina, debidamente etiquetada, en el extremo inferior con el fin de evitar el deslizamiento y pérdida de material.
4. Se saca la muestra al bote y se coloca en una cubeta.
5. Con la muestra aún dentro de la bolsa de malla, se elimina por completo el sedimento y se separa el material vegetal (*Thalassia*, algas y otros tipos de

pastos)

- a. Hojas verdes (arrancar en interfase verde/blanca... casi siempre donde la hoja emerge de la vaina)
- b. Hojas no verdes y vástagos o brotes cortos
- c. Rizomas vivas
- d. Raíces vivas
- e. Material muerto
- f. Algas carnosas y
- g. Algas del grupo de las *Caulerpas*.

Los rizomas y raíces muertas, se diferencian de las vivas, debido a que las primeras flotan en el agua y las vivas tienden a hundirse. Para las otras especies de pastos se pueden separar en tejido verde y no verde.

6. Después de separar el material se elimina todo residuo de sedimento y epifitas (algas, etc.) utilizando un cepillo de dientes suave para los rizomas y raíces y para las hojas mediante inmersión en ácido hidrociorhídico al 10% (mientras se sostienen en un colador). Las hojas al igual que las algas deben permanecer hasta que el burbujeo (formación de CO₂) finalice, pero nunca exceda los 5 minutos en este proceso; el cual debe ser cambiado periódicamente conforme pierda la efectividad.
7. Usando el colador de cocina, se lava con abundante agua para limpiar el excedente del ácido y la sal.
8. Se lleva al laboratorio las muestras procesadas y bien separadas, envueltas en pedazos de papel de aluminio previamente pesados y etiquetados.
9. En el laboratorio se pesan las muestras.
10. Se colocan las muestras en un horno (60 a 90 grados) para su secado (algunas fracciones difieren en el tiempo del secado). Cuando se compruebe que todas están secas (peso constante), se deja enfriar.
11. Se pesan nuevamente y se determina la diferencia de peso húmedo con el seco.
12. Se anota los datos en el formulario correspondiente

El muestreo se debe realizar dos veces al año en épocas de mayor y menor productividad, lo que usualmente coincide con el período comprendido entre Enero y Marzo (menor productividad) y el segundo entre Junio y Septiembre (mayor productividad).

Protocolo de Monitoreo Intermedio

1. Parámetros Núcleos

Se deberán medir todos los parámetros del Protocolo Básico y llenar el mismo formulario.

2. Composición y Cobertura

Se deberá realizar el mismo estudio descrito para el Protocolo Básico, pero incrementar el número de repeticiones en cada pradera de hierba bajo estudio.

3. Biomasa, Crecimiento y Productividad

Biomasa - Método CARICOMP

Se deberá realizar el mismo estudio descrito para el Protocolo Básico pero 4 veces al año.

Estimación Crecimiento de *Thalassia*

El método descrito en el Protocolo Básico para medir la biomasa proporciona una medida *estática* de la condición de las plantas en un momento dado. Para poder medir la biomasa y productividad simultáneamente y de manera *dinámica*, se deberá estimar el crecimiento de las hierbas. Además de la productividad de área (el crecimiento por metro cuadrado de fondo de mar por unidad de tiempo), el método descrito abajo permitirá determinar la tasa de rotación de las plantas, la cual es una medida del crecimiento por unidad de peso de la planta. En este caso se usa solamente *Thalassia testudinum* porque es la especie de pasto marino dominante en el Caribe ya que contribuye típicamente con mayor biomasa, y por lo tanto productividad del área, a la producción total del lecho de pasto marino que *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii*, y *Halophila* spp. La *Thalassia* es también la especie competitiva dominante y “clímax” en la sucesión de pasto marino en el Caribe.

El método se resume a continuación:

1. En cada estación de muestreos se esparcen al azar 6 cuadrantes de metal (10 x 20 cm) etiquetados con cintas de marcar. Se hunden un poco dentro del sedimento.
2. Se entresacan y define la colocación de las hojas de cada planta a ser manejada, asegurándose de que todas se encuentren dentro de los cuadrantes.
3. Se procede a hacer agujeros a todo el grupo foliar dentro de los cuadrantes, con la ayuda de una aguja hipodérmica. Estos agujeros se hacen a corta distancia del meristemo basal (el lugar donde la hoja se torna blanca – verde), o al nivel de la altura del sedimento. Es importante que todas las hojas de un mismo brote frondoso sean marcadas simultáneamente con una única perforación a través de todas las hojas.
4. Las hojas marcadas se dejan durante un período de 8 a 12 días, para luego realizar la colecta del material, el cual se hace sacando todo el grupo foliar del sedimento y transportándolo intacto al laboratorio dentro de bolsas con cierre hermético (ziplock) y etiquetadas. Durante el período de espera se deben medir varias veces los coeficientes de extinción (disco Secchi horizontal) y la luz en la columna de agua sobre los pastos marinos. Dos períodos adecuados son: justo antes de la marcación y justo antes de la colecta, antes de que los buzos hayan perturbado los sedimentos. La luz disponible para el crecimiento de *Thalassia* se calcula usando el coeficiente de extinción e irradiación entrante registrados diariamente en la estación atmosférica del sitio.

- c. Biomasa cosechable vieja: es la parte de las hojas perforadas que queda entre la marca y la porción apical por encima del agujero; es la parte que ya estaba presente cuando se marcó la hoja.
7. Cada uno de los tres grupos se des-calcifica con ácido hidrociorhídrico, se lava con abundante agua y se seca. Se colocan en pedazos de papel de aluminio previamente pesados y etiquetados.
8. Se pesan las muestras se le resta el peso de la porción del aluminio, y se calcula el peso real de la porción de la planta.
9. Se hacen los siguientes cálculos y se apuntan en el formulario correspondiente (Tabla 34):

La *Productividad por Area* es la cantidad de material nuevo producido por unidad de área por día. Se obtiene sumando el total del crecimiento de la planta (grupos #1 + #2) y dividiéndolo por el número de días. Esta cantidad es la producción por cuadrante. Ya que un cuadrante es de 1/50 m², este número es multiplicado por 50. Por lo tanto, la producción diaria se define como:

$$\text{Producción Diaria} = \frac{(\text{Peso del Grupo 1} + \text{Peso del Grupo 2}) \times 50}{\text{\# Días Marcados}}$$

La *Tasa de Rotación* puede ser considerada de dos maneras. Mientras que la productividad del área es la cantidad de una planta producida por unidad de área; la tasa de rotación es la cantidad de planta producida por unidad de planta. Al expresarlo como porcentaje, es el porcentaje de la planta que está presente y que se reemplaza cada día. Por lo tanto,

$$\text{Tasa de Rotación (\%/día)} = \frac{\text{Producción Diaria} \times 100}{\text{Biomasa Cosechable}}$$

Donde la biomasa cosechable es (Gp 1 + Gp 2 + Gp 3) x 50.

Estos datos deben ser convertidos a peso por metro cuadrado. La productividad normalmente se mide en un cuadrante de 200 cm² (1/50 por m²), por lo que sólo es necesario multiplicar todos los valores por 50 para obtener el valor apropiado. Por lo tanto, 50 es el factor (f) para estos cuadrantes.

4. Fauna y Epifauna Asociada

Con el listado de especies desarrollado por el laboratorio MCSC-TNC se recolectará información sobre la presencia/ausencia de las especies de epifauna conspicua que crece sobre las praderas de hierbas marinas (Sullivan et al, 1995). Este método consiste en identificar las especies observadas dentro de un polígono de muestreo (Tabla 18). Los listados en estos formularios de campo poseen espacios en blanco para anotar otras especies que son observadas pero que no se encuentran en las listas. La información recolectada de esta manera permite que estas comunidades de fondo blando sean comparadas basándose en composición por especies.

Se deberá nadar de manera aleatoria dentro del polígono de hierbas marinas e ir anotando la presencia de los componentes bióticos observados. El propósito es anotar las especies presentes en el polígono, no la abundancia; o sea que aunque tan solo un individuo se haya observado, el mismo deberá ser anotado.

Protocolo de Monitoreo Avanzado

1. Parámetros Núcleos

Se deberán medir todos los parámetros del Protocolo Básico y llenar el mismo formulario.

2. Composición y Cobertura

Se deberá realizar el mismo estudio descrito para el Protocolo Intermedio, pero incrementar el número de repeticiones en cada pradera de hierba bajo estudio.

3. Biomasa, Crecimiento y Productividad

Biomasa - Método CARICOMP

Se deberá realizar el mismo estudio descrito para el Protocolo Intermedio.

Estimación Crecimiento de *Thalassia*

Se deberán realizar el mismo estudio descrito en el Protocolo Intermedio.

Índice de Área de Hoja

Se ha demostrado que el área y el ancho de la hoja de las hierbas marinas son indicadores del estrés en las comunidades de pastos marinos. Ambos disminuyen cuando las plantas están estresadas por exceso de temperatura o salinidad. Estas mediciones también permiten realizar mejores comparaciones entre diferentes praderas de hierbas marinas. El método se resume a continuación:

- a. Utilizando los cuadrantes del estudio de estimación de crecimiento de *Thalassia*, y en el momento de marcar las hojas se deberá contar el número de brotes cortos en cada cuadrante. Luego, de un área adyacente a los cuadrantes marcados, que visualmente sea de la misma densidad, se deberán coleccionar 5 brotes cortos desarraigando el brote completo y sin perder ninguna hoja (tal vez sea necesario excavar o quitar el sedimento de la base del brote con las manos).
- b. Se colocan los brotes en una funda ziplock y se llevan al laboratorio donde se deberán lavar con agua dulce.
- c. Se cortan las hojas del brote corto con una navaja, cuchillo o tijeras. Se colocan en el orden original en el brote.
- d. Se mide cada hoja empezando con la más joven, la cual será la Hoja 1, hasta llegar a la más vieja. Típicamente, la Hoja 1 será corta, muy verde, con la punta redondeada. La Hoja 2 será la siguiente más joven y estará adyacente a la Hoja 1. Usualmente será verde con ninguna o muy pocas epifitas pero mucho más larga que la Hoja 1. Ya que las hojas se producen alternadas, la Hoja 3 se encontrará en el lado opuesto de la Hoja 1 desde la Hoja 2. Las Hojas 4, 5 (si están presentes) continuarán alternándose de lado a lado (Figura 4.1). Para las mediciones, se mide el largo total de la hoja desde su base hasta su punta (en cms). El ancho de la hoja casi siempre es de 1-2 cm. Si la hoja es menor a 2 cm de ancho, debe medirse en el centro. Si la hoja aún tiene la punta redondeada, se debe registrar este hecho. Finalmente, se

mide el largo desde la base de la hoja hasta donde ocurran las primeras epifitas en la hoja. Si las epifitas cubren la totalidad de la hoja hasta la base, entonces se debe escribir 0.0 en el formulario.

Contenido C:N:P

El contenido de carbono, nitrógeno, y fósforo y las proporciones entre estos tres, permite determinar el estatus de los nutrientes en las plantas, los que indican si el nitrógeno o fósforo están limitados o son excesivos en los diversos lugares de muestreo.

Luego de realizar las mediciones del estudio de Índice de Área de Hoja, se deberán preparar las muestras para la medición del contenido de estos tres nutrientes. Esto se hace tratando de raspar todas las epifitas que sean posible de las hojas utilizando una navaja de hoja sencilla o un cuchillo muy filoso. Tal vez no se pueda limpiar todo y se raspe parte de la hoja verde. Esto es normal. Se deben descartar las hojas si están muy amarillas, café y completamente cubiertas de epifitas por lo que no puedan limpiarse razonablemente, o si se fragmentan tanto que sea imposible trabajar con ellas.

4. Fauna y Epifauna Asociada

Se deberá realizar el mismo estudio descrito para el Protocolo Intermedio.

PROTOCOLOS DE MONITOREO PARA COMUNIDADES DE FONDOS BLANDOS

I. Protocolo de Monitoreo Básico (dos veces al año)

- a. Parámetros núcleos (fecha, hora de visita, nombre de sitio, coordenadas GPS, nombres de técnicos, clima, temperatura del aire, precipitación, viento, estado del mar, luz).
- b. Física y química del agua
 - i. Transparencia
 - ii. temperatura del agua (superficie y fondo: termómetro y botella Nansen)
 - iii. salinidad del agua (superficie y fondo refractómetro y Nansen) profundidad
 - iv. DO
 - v. BOD
 - vi. sólidos suspendidos
 - vii. pH
- c. Física y química de sedimentos
 - i. granulometría
 - ii. carbón orgánico total
 - iii. tasa de sedimentación (trampas)
- d. Macrobenetos: evaluación visual de invertebrados grandes, peces y algas/hierbas

II. Protocolo de Monitoreo Intermedio (dos veces al año)

- a. todos los de el Protocolo I
- b. Física y química del agua:
 1. NH₄
 2. NO₂
 3. NO₃
 4. PO₄
- c. Física y química de sedimentos
 1. carbón orgánico total
 2. TKN (Kjeldahl nitrógeno total)
 3. concentración de metales pesados en capa superficial de sedimentos (0-2cms)
 4. potencial redox (Eh)
 5. PAH (carbón poliaromáticos) en capa superficial de sedimentos (0-2 cm)
- d. Macrobenetos: presencia/ausencia (supraespecífico)

III. Protocolo de Monitoreo Avanzado (2 veces al año)

- a. todos los del Protocolo II
- b. Física y química del agua
 - i. Nutrientes inorgánicos disueltos

- c. Macrobentos: análisis cuantitativo (grab y sledge) (abundancia, riqueza de especies (# taxa), similitud Pielou (J'), diversidad Shannon (H'))

Metodologías de Reconocimiento y Caracterización del Ecosistema de Fondo

Técnica de remolque manta

El método de remolque de manta se utiliza para evaluar cambios amplios en comunidades bentónicas arrecifales, donde la unidad del estudio frecuentemente se trata de un arrecife entero o una porción grande de arrecife. O sea, el método se utiliza para muestreos generales y a gran escala. El método permite que visualmente se evalúe un área de gran tamaño en un tiempo relativamente corto. Además, es un método que ha sido utilizado por voluntarios (Wells, 1995). Se recomienda para determinar los efectos de ciclones, blanqueamiento de corales, y otros. También se utiliza frecuentemente para seleccionar lugares representativos de un arrecife.

La técnica consiste en: remolcar un observador detrás de una embarcación utilizando una soga (17 metros) y una tabla de madera o plástico (manta) (Figura 10). Normalmente el remolque ocurre en la superficie, aunque también se pueden realizar remolques a poca profundidad. La tabla manta posee las siguientes dimensiones: 60 x 40 x 2 cm, con mangos en ambos lados y uno en el centro en la parte trasera de la tabla. Además debe tener un espacio para colocar un formulario impreso y cualquier otra información que se desee (Ej. categorías de cobertura coralina, etc.), y un lápiz sujetado con soga (Figura 11). Se colocan dos boyerines en la soga, uno a 6 metros de la tabla manta, y el otro a 12 metros; estos boyerines sirven para que el observador calcule visibilidad de una manera estándar.

Antes de empezar los muestreos, se deben anotar algunas variables físicas tales como la cobertura por nubes y el estado de viento y océano (escala Beaufort). Los remolques se realizan a una velocidad constante y en etapas de 2 minutos cada una. El conductor de la embarcación debe tener un reloj para tomar el tiempo de cada remolque, y una imagen, mapa o fotografía aérea del arrecife, así como una pluma a prueba de agua para marcar la posición de los remolques. Si se va a relocalizar un lugar, es bueno utilizar un GPS. Luego de cada remolque de dos minutos el observador debe apuntar en el formulario predeterminado las observaciones sobre las variables que interesen al estudio, Ej. número de corales blanqueados, porcentaje de cobertura por arena o coral, etc.

Mientras el observador apunta sus notas, el conductor del bote debe anotar el número del remolque y la posición del bote en la fotografía aérea. Cuando el observador esté listo, debe señalar al conductor y empezar otro remolque de dos minutos. Esto se continúa hasta que se haya muestreado el perímetro o la longitud del arrecife. Para mejores resultados, el observador se debe remolcar paralelo a la cresta arrecifal, ya que en esta posición se puede observar mejor el contorno del arrecife y sus pendientes. La anchura de observación varía (de acuerdo a visibilidad, pendiente del arrecife, distancia del fondo, etc.), pero se recomienda que se obtenga una visión entre 10-12 metros. La velocidad del remolque debe ser estándar y en aguas calmas como de unos 3-5 kph (1.5 nudos, o lo equivalente a una caminata lenta). Se debe anotar la visibilidad cada 15 remolques o cuando se note una diferencia marcada en el lugar de

estudio. Si la visibilidad es menor de 6 metros, no se deben hacer mas remolques. Esta distancia se determina utilizando los boyerines en la soga.

De esta manera este método se puede utilizar para caracterizar un arrecife en cuanto a distribución y abundancia de corales, o determinar cambios en estas variables, pero a gran escala. No se recomienda evaluar muchas variables al mismo tiempo ya que el observador tendría que recordar demasiada información, ni tampoco para conteo de peces. Mientras más remolques de dos minutos se realizan, mas precisos los datos. Una de las desventajas del método es que solo puede ser utilizado en áreas en donde predominen condiciones de alta visibilidad.

Los arrecifes de coral son comunidades tridimensionales complejas, y aunque los métodos de muestreo basados en transectos lineales tienden a dar información simplificada e incluso a veces distorsionada, estos sencillos métodos se siguen considerando muy útiles, particularmente por su alta eficiencia en términos del tiempo utilizado bajo el agua (CARICOMP, 1994). Los métodos de intercepción de transecto y de cuadrantes en serie se utilizan para caracterizar las comunidades bentónicas de fondo duro utilizando categorías de formas de vida y de sustrato que proveen una descripción morfológica del arrecife. Estas categorías se registran en formularios por personal entrenado que deben bucear a lo largo de líneas de transecto (Figura 12) posicionadas paralelas a las crestas arrecifales o los espolones de un arrecife (contornos de igual profundidad). Si se registran los puntos de comienzo y fin de las líneas (con estacas permanentes, por ejemplo), es posible utilizar estos métodos también para monitoreo.

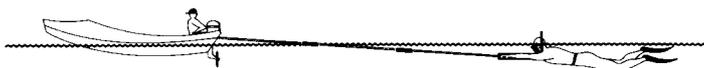


Figura 10: La técnica de remolque manta mostrando el observador mientras es remolcado en la superficie del agua detrás de una embarcación. (Tomada de English, et al., 1994).



Metodo de transecto para formas de vida. Ilustracion Amaury Villalba. Proyecto arrecifes de coral WWF, CIBIMA-UASD 1994.

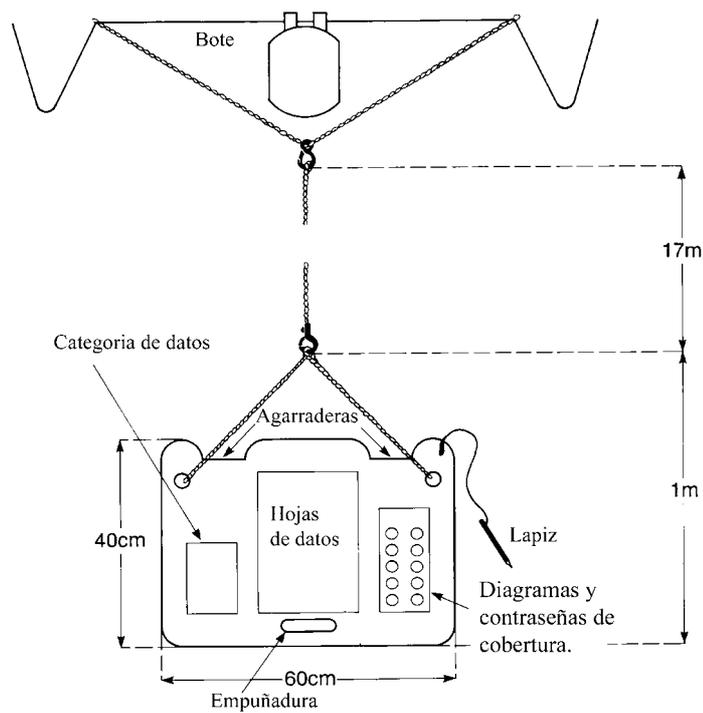


Figura 11: Detalle de la tabla manta y equipos adecuados. (Tomada de English, et al., 1994).

Como muchos de los métodos utilizados en las ciencias marinas, la técnica de interceptación de transecto se desarrolló en ecología de plantas terrestres y fue adoptada subsecuentemente por los estudiosos de la ecología arrecifal. Básicamente, el método se usa para estimar la cobertura de algo (organismo o sustrato) dentro de un área específica, calculando la fracción de línea que es interceptada por el objeto (organismo

o sustrato). Esta medida de cobertura, que normalmente se expresa como un porcentaje, se considera como un estimado imparcial de la proporción del área total cubierto por ese organismo si se aplican las siguientes presunciones: que el tamaño del organismo es pequeño comparado a la longitud de la línea y que la longitud de la línea es pequeña en comparación con el área que se desea muestrear. Este método se ha utilizado con diferentes objetivos tales como para comparar morfológicamente a comunidades arrecifales y para evaluar los impactos de perturbaciones naturales y antropogénicas. Se ha considerado como el más eficiente en el uso del tiempo para determinar abundancia de especies (Wells, 1995).

Una desventaja que tiene el método es que es difícil estandarizar las categorías de sustrato y formas de vida. Además no es apropiado para responder preguntas demográficas relacionadas con crecimiento, reclutamiento o mortandad; solo se limita a preguntas relacionadas con porcentaje de cobertura y abundancia relativa. Tampoco es apropiado para medidas cuantitativas de especies raras o pequeñas. Pero las categorías permiten la recolección de información muy útil por personas de experiencia limitada en la identificación de organismos bentónicos (voluntarios). El método requiere poco equipo y es relativamente simple.

Para caracterizar un arrecife utilizando este método es necesario realizar mínimo dos muestreos en dos lugares. La selección de estos lugares se puede realizar con el remolque manta. Si existen zonas a sotavento y a barlovento que son distintas, se deben escoger lugares en cada zona. La localización de estos lugares de muestreo se deben registrar (GPS) e identificar en un mapa o fotografía aérea.

Para los muestreos es necesario buzos, cintas de medir (50 m o menos), formularios y lápices. Las cintas de medir deben tener un gancho o una pesa al final para anclarlas al fondo. English et al. (1994) recomiendan realizar por lo menos cinco transectos de 20 metros cada uno, a diferentes profundidades y escogidos al azar. Cada transecto debe ser completado por un mismo observador.

Aplicación del método:

1. Primero se ancla el cabo de la cinta métrica y se nada desenrollando la cinta hasta llegar a los 20 metros, donde se ancla la cinta métrica.
2. La cinta debe mantenerse muy cerca del fondo en todo momento y debe anclarse bien en ambos extremos para evitar movimientos laterales excesivos.
3. El observador nada hasta el principio del transecto y se inicia la toma de datos en los formularios pre-impresos.
4. Nadando lentamente a lo largo del transecto, el observador registra los sustratos y formas de vida (con las categorías estandarizadas) que se encuentran justamente debajo de la línea de transecto.
5. En cada punto en que ocurra un cambio en sustrato o forma de vida, se debe registrar el punto de transición (en cm.) y el código de la categoría.
6. Terminado los transectos en cada lugar se puede calcular el porcentaje de cobertura de cada categoría.

Cintrón et al. (1994) han desarrollado diferentes categorías de tipo de fondo y formas de vida (Tablas 7), para ser utilizadas por voluntarios. Ellos recomiendan primero colocar una línea de referencia (30-50m de longitud) que sirva como guía para establecer los transectos perpendiculares a ella. Los transectos en sí son de 10 m cada uno y recomiendan realizar la mayor cantidad de transectos posible.

Para obtener los datos de cobertura lineal de las formas de vida y tipos de fondo se coloca una cinta métrica justo debajo de la cuerda que marca el transecto. Las diferentes categorías de fondo (tipo de fondo y formas de vida) se van registrando en secuencia según aparecen bajo la cinta métrica (Figura 13), desde el comienzo del transecto hasta el final del mismo. Los datos se registran al centímetro más cercano.

3.3.1.3. Cuadrantes en serie

La evaluación inicial de una comunidad bentónica incluye una descripción de los componentes bióticos y abióticos que se encuentran en el fondo. Para estos fines se han diseñado formularios que facilitan la descripción de estos componentes evaluando la cobertura de éstos y la riqueza de especies de los diferentes taxa (algas, hierbas, esponjas, octocorales, y corales) que cubren el fondo. Estos datos se han utilizado para describir patrones de zonación y diferencias en la composición estructural de los arrecifes. Otra manera de adquirir los datos sobre cobertura del fondo es utilizando el método de cuadrantes en serie, que es una variación del método de intercepción de transecto, pero utilizando cuadrantes en vez de puntos de intercesión. Los métodos que usan cuadrantes requieren más tiempo y mejores habilidades de identificación que los métodos de líneas de transecto, pero tienen sus ventajas. Los métodos con cuadrantes pueden usarse para detectar cambios a gran escala causados por grandes impactos tales como la contaminación, pero no para monitorear impactos localizados o para muestrear una comunidad (Wells, 1995).

a. Evaluación de la Cobertura por los Componentes Bióticos y Abióticos:

La orientación de las líneas de transecto debe ser atravesando el eje mayor del polígono, dependiendo del tamaño y la geometría de la comunidad que se está evaluando (Figura 14).

Las líneas de transecto se marcan cada metro y se utilizan como guía para el posicionamiento de cuadrantes de 1 m^2 que se colocan bisecando la línea y que se muestrean de manera contigua a lo largo de la línea de transecto (Figura 15).

El número de líneas de transecto a ser utilizadas en un estudio depende del tamaño y heterogeneidad del área, así como de los objetivos del estudio. Típicamente se utilizan unos 50 cuadrantes para muestrear un polígono comunitario para describir la cobertura por los componentes que dominan el fondo.

TIPOS DE FONDOS A SER REGISTRADOS EN EL TRANSECTO.

Código	Tipo	Descripción
Fondos desprovistos de cobertura organica:		
FARE	Fondo Arenoso:	Sedimento arenoso.
LARE	Limo/Arenoso:	Sedimento arenoso con limos finos y materia organica. El substrato puede estar ennegrecido por sulfuro de hierro a poca distancia de la superficie.
FROC	Fondo Rocoso:	Fondo rocoso sin cobertura biótica.
FCAS	Fondo de Cascajo:	Fondo de cascajos o piedras sueltas desprovisto de cobertura biótica.
MADR	Madrigueras, Salientes:	Huecos profundos en la estructura arrecifal.

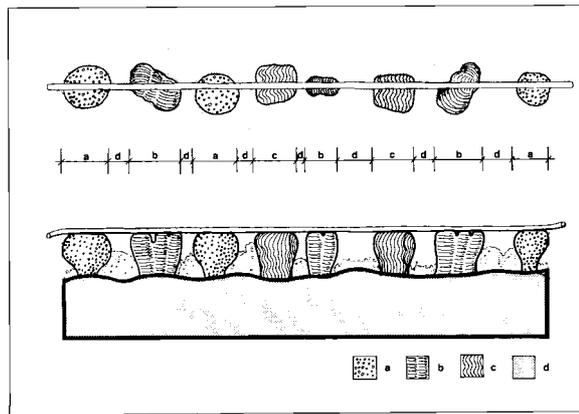
Tablas de tipos de fondo y formas de vida utilizadas en el metodo intercepción de transecto para caracterizar arrecifes de coral. (Tomada de Cintrón, et al., 1994).

TIPOS DE CLASES TAXONOMICAS

Código	Tipo	Descripción
Corales pétreos y corales de fuego (Miléporas):		
CRA	Corales Ramificados:	Formas pétreas (calizas) ramas gruesas o delicadas (por ejemplo; especies de Acropora).
CMA	Corales Macizos:	Formas pétreas sólidas formando estructuras compactas de forma esférica o forma de conos tales como; Monstastrea, Dendrogyra y Siderastrea.
CINC formando	Corales Incrustantes:	Formas pétreas de poco desarrollo vertical costras. Varias especies crecen en forma incrustante o en forma masiva, dependiendo del oleaje, luz y otros factores.
CFOL	Corales Follosos:	Formas pétreas con ramas laminares, formando planchas. Son comunes en áreas profundas, de poca penetración de luz (por ejemplo; especies de Agarcia y Montastrea anularis).

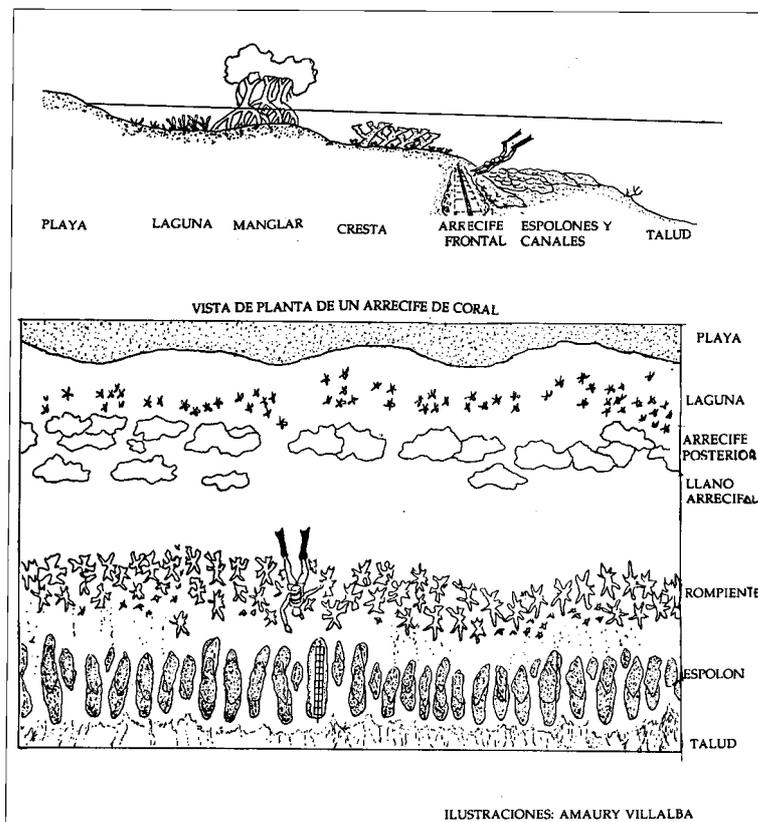
MILE	Mileporinos:	Corales urticantes; especies de Millepora. Son comunes en áreas de poca profundidad, crecen de forma erecta o incrustantes.
COMU	Coral Muerto:	Colonias recién muertas, o parte muerta de una colonia. El coral muerto es rápidamente cubierto por algas.
Corales blandos, anémonas y zoantarios:		
GORG	Gorgonios:	Abanicos y corales blandos erectos, por ejemplo; especies de Gorgonia, Murieca y Pterogorgia.
GOIN	Gorgonio:	Corales blandos incrustantes; especies de Erythropodium.
ZOAN	Anémonas/ Zoantarios:	Agregaciones o colonias incrustantes que carecen de exoesqueleto duro.

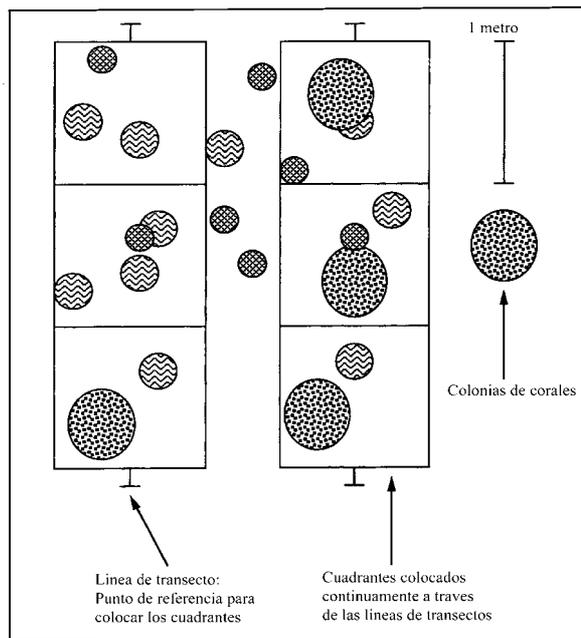
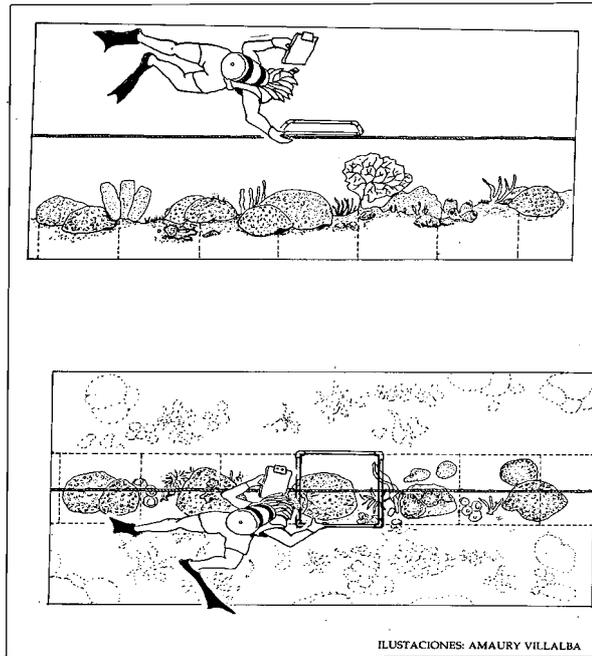
TIPOS DE CLASES TAXONOMICAS		
Código	Tipo	Descripción
(continuación)		
Esponjas:		
EERE	Esponjas Erectas:	Esponjas que forman estructuras que se levantan del fondo.
EINC	Esponjas Incrustantes:	Esponjas que recubren el fondo (por ejemplo; Anthosigmelia varians).
Algas:		
AGES	Césped de Algas:	Agregaciones compactas de algas de poco relieve vertical (menos de 1 cm.), pero de crecimiento fino que forma un césped sobre el substrato.
ACAR	Algas Carnosas:	Macroalgas de mayor desarrollo vertical ramificadas o laminares, por ejemplo; algas pardas (Phaeophyceae), o verdes (Clorophyceae).
ACAL	Algas Calcáreas:	Agregaciones de algas con estructura muy ramificada compuesta de pequeños discos calcáreos, e.g. Halimeda spp.
ACIN	Algas incrustantes:	Algas calcáreas incrustantes, de color rosa claro a púrpura.



Vista vertical y lateral de la línea de transecto para registrar los tipos de fondo y formas de vida utilizando el método de intercepción de transecto. (Tomado de Cintrón, et al., 1994).

Orientación correcta de línea de transecto en una comunidad arrecifal de espolones y surcos. (Tomados de Cintrón, et al., 1994 y Sullivan, et al., 1995).





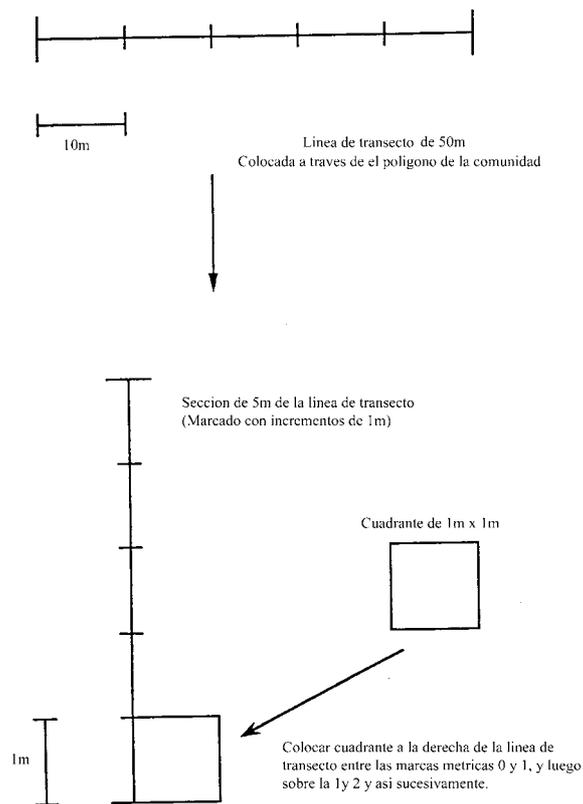
Línea de transecto y colocación de cuadrantes en serie. (Tomado de Cintrón, et al., 1994 y Sullivan, et al., 1995)

Dentro de cada cuadrante es posible evaluar rápidamente el porcentaje del cuadrante que cada tipo de sustrato o forma de vida cubre (Figura 16). Esta manera rápida de caracterizar un hábitat realiza dos objetivos: una evaluación cuantitativa de la cobertura bentónica dentro del polígono, y una confirmación de la designación que se le rindió a

esa comunidad cuando la misma fue determinada por fotografías aéreas.

El porcentaje de cobertura (tanto por diferentes tipos de substrato como por formas de vida) por m^2 se clasifican dentro de siete posibles categorías:

- 0 = cobertura de 0% o ausente
- 1 = cobertura de menos de 1%
- 2 = cobertura entre 1 - 5%
- 3 = cobertura entre 5 - 25%
- 4 = cobertura entre 25 - 50%
- 5 = cobertura entre 50 - 75%
- 6 = cobertura de más de 75%



La muestra cómo se clasifica la cobertura dentro de los cuadrantes. Durante el muestreo se debe registrar la profundidad en el centro de cada transecto (o sea cada metro).

b. Descripción de los Componentes Bióticos y Abióticos

Los tipos de fondo pueden clasificarse como arena-lodo (AL), arena (A), cascajo (C), o arrecife duro (AD) ; mientras que las diferentes formas de vida son algas (A), hierbas (H), esponjas (E), octocorales (O), corales duros (CD) y otros cnidarios (OC). En cada cuadrante se debe determinar el porcentaje de cada tipo de fondo y de cada forma de vida según las categorías de cobertura descritas arriba. A continuación se describen los componentes bióticos y abióticos de las comunidades bentónicas marinas.

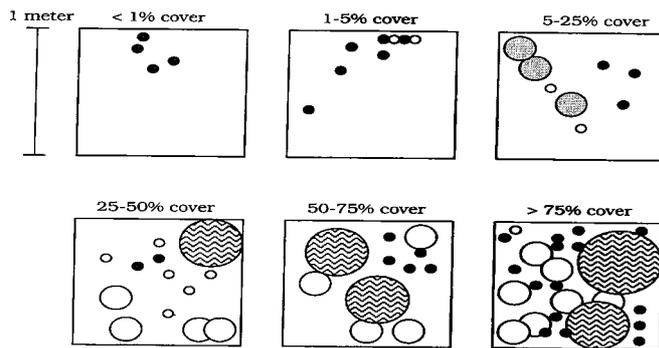
Tipos de Substratos :

- **Arena-lodo (AL) :** la granulometría de esta categoría se define como menor de 0.5 mm (límite inferior para arena). Los lodos y arcillas normalmente están formados por granos menores de 0.12 mm. Arena-lodo casi siempre es el substrato cuando se presentan hierbas marinas en densidades moderadas a densas.
- **Arena (A) :** arena gruesa biogénica u oolítica. La granulometría puede oscilar entre los 0.5 mm y los 2.0 mm, pero escombros biogénicos mas grandes (tales como esqueletos de algas o corales) pueden presentarse y tener una granulometría de grava (5 mm). Puede ser difícil diferenciar visualmente la arena de la arena-lodo ; normalmente se podrán encontrar ambos tipos en un solo lugar. Se deben coleccionar muestras de arena para determinar su granulometría y la naturaleza física del sedimento.
- **Cascajo (C) :** incluye gravas gruesas (> 5 mm) y pedazos movibles de piedra (más de 1 metro de diámetro) que claramente se han erosionado y soltado de los arrecifes o islas vecinas.
- **Arrecife Duro (AD) :** se considera arrecife duro cualquier plataforma rocosa que sea continua y esté consolidada, y que tenga menos de 3 cm de sedimento sobre su superficie. Estas pueden incluir arrecifes de coral, plataformas rocosas, algas litificadas, arrecifes de poliquetos, etc.

Tipos de Formas de Vida:

- **Algas (A) :** incluye cualquier tipo de cobertura por algas ; se debe poner atención a las algas incrustantes coralinas.
- **Hierbas (H) :** cualquiera de las tres especies de fanerógamas marinas encontradas en el Caribe.
- **Esponjas (E) :** incluye cualquier cobertura por esponjas; note las esponjas incrustantes y perforadoras.
- **Octocorales (O) :** la mayoría de los octocorales (gorgonias) tendrán una morfología ramosa. El porcentaje de cobertura para cada cuadrante se calcula basándose en el área cubierta por el canopio del octocoral ; o sea el área del cuadrante que cada colonia de octocoral cubriría si ésta fuese aplastada (similar a las plantas) .
- **Corales Duros (CD) :** incluye los corales escleractinios y los hidrocorales mileporinos ya que todos segregan un exoesqueleto duro calcáreo.
- **Otros Cnidarios Bentónicos (OC) :** incluye anémonas, zoántidos, y coralimorfos.

Evaluación visual de porcentajes de los tipos de fondo y formas de vida dentro de un cuadrante de 1m². (Tomada de Sullivan, et al., 1995).



Riqueza de Especies

Como complemento a la caracterización del fondo, se deben realizar listados de presencia-ausencia de las especies de los componentes bentónicos dominantes. Estos listados se realizan recolectando información sobre la presencia o no de especies dentro de un polígono específico de la comunidad. El Marine Conservation Science Center de la Universidad de Miami (CMSC) y The Nature Conservancy (TNC) ha desarrollado listados de especies de flora y fauna conspicua que habita aguas poco profundas en la Florida y el Caribe, y que son utilizadas en estos muestreos (Tablas 3-6). La recolección de este tipo de información (binaria) no tiene en cuenta medidas absolutas o relativas de especies (o sea densidad, cobertura, tamaño). O sea, el método no diferencia entre si solamente se observa una sola colonia o individuo, o si se observa una gran cantidad de ellos. Aunque estos listados de presencia-ausencia son semi-cuantitativos, esta información puede servir como un poderoso instrumento en la caracterización de las comunidades marinas.

Los listados de presencia-ausencia se deben llenar para algas bentónicas, hierbas marinas, esponjas, octocorales, y corales duros (escleractinios y mileporinos). Estos listados se deben hacer después de las evaluaciones de cobertura. Se debe dividir el grupo, asignando diferentes taxa a diferentes personas, de acuerdo a sus especialidades o conocimientos. Muchas veces se tendrán que realizar múltiples buceos para completar la información sobre presencia-ausencia. El número de especies que se registra depende del tiempo de muestreo y del tamaño y clase de comunidad que se muestrea. Durante los buceos de debe buscar minuciosamente entre los diferentes micro-hábitats tales como cuevas, debajo de corales, etc. e incluir el borde o perímetro de la comunidad.

MONITOREO SOCIOECONOMICOS

Objetivos

Analizar los impactos de proyectos de desarrollo sobre los componentes socioeconómicos y culturales relacionados al medio ambiente, entre ellos:

1.1 Uso de suelos

- Cambio del uso del suelo
- Aumento o disminución del uso del recurso natural y el ambiente

1.2 Tenencia de la tierra

- Aumento del valor de la tierra.
- Degradación del valor de la tierra

1.3 Tráfico terrestre y marítimo

- Tráfico vehicular en las vías circundantes y puertos de desembarcos
- Tráfico embarcaciones en la zona y puertos de desembarcos

1.4 Infraestructura técnica y social

- Cambios en las redes viales existentes y construcción de nuevos en respuesta a las demandas inducidas por la pesca y otras actividades socioeconómicas relacionadas con el uso de los recursos de la bahía.

1.5 Población

- Cambios en las actividades productivas y comportamiento socioeconómico de la región entre otras:
 - Cambios en la oferta de empleo
 - Cambios en la calidad de vida de los pobladores.
 - Incremento de los riesgos de accidentes de tránsito ante un mayor flujo de vehículos y de embarcaciones
 - Mejoramiento de la currícula educativa de las escuelas en el ámbito nacional en lo que respecta a la vida marina.

1.6 Economía local

- Cambios en el poder adquisitivo de la comunidad.
- Incremento de la necesidad de servicios por la afluencia de trabajadores y público al área o.
- Aportes a la economía local y nacional.

1.7 Actividad financiera

- Incremento del flujo de divisas en el país por las nuevas capacidades de la infraestructura turística y de producción pesquera

2. Valoración de los Impactos de las Actividades sobre los Componentes Socioeconómicos y Culturales del Medio Ambiente

2.1 *Uso de suelos*

- Cambio del uso del suelo de un uso Turístico y residencial a uso de interés científico-cultural.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto: (Positivo de intensidad media, focalizado, reversible. En la actualidad la tierra posee un uso intensivo, caracterizado por la presencia de más de 50 operaciones para uso turístico. Con la entrada en operación de tours se espera que se diversifique el uso del suelo, al operar éste como un sitio para la visitación del Parque Nacional Los Haitises y desembocaduras de los Ríos Yuna y Barracote

- Aumento del uso de la playa.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción (Impacto negativo, de intensidad alta, focalizado y reversible. La afluencia de visitantes al proyecto generará un aumento de los visitantes a las playas. Estos aumentos de flujos de visitantes podrá afectar la dinámica de los distintos balnearios, generando mayores niveles de ruido, más desechos, incomodidades de parqueo y demanda de servicios.)

2.2 *Tenencia de la tierra y de los inmuebles.*

- Aumento del valor de la tierra y de los inmuebles.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto positivo, de intensidad media, disperso, no reversible. La presencia de nuevas actividades agregarán valor a las tierras e inmuebles de toda la zona, al constituirse éste en un atractivo para la visitación. Las edificaciones de uso residencial en torno al parque podrían verse afectadas en cuanto a su uso, al ser muchas de ellas factibles de ser convertidas en edificaciones de uso comercial.)

2.3 *Tráfico terrestre*

- Incremento del tráfico vehicular en las vías cercanas a los muelles y embarcaderos
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto negativo, de intensidad alta, disperso, reversible con medidas de mitigación. Es uno de los impactos más significativos, ya que la presencia del proyecto implicará una mayor movilidad de vehículos

2.4 Infraestructura técnica y social

- Mejoramiento de las redes viales existentes y construcción de nuevas en respuesta a las demandas del proyecto.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto positivo, de alcance medio, focalizado, reversible. El proyecto reparará y construirá nuevas vías de acceso a la zona de la Bahía de Samaná desde Sánchez, Barracote, Sabana de la Mar y Los Haitises.

2.5 Población

- Aumento de la oferta de empleo.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto positivo, de intensidad alta y disperso. La mayor actividad tiende a generar empleos: Es importante señalar que se estimulará la dinámica del turismo en toda la provincia, posibilitando la creación de nuevos puestos y fuentes de trabajo vinculados al sector.)
- Mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto positivo, intensidad baja y disperso. La magnitud de esta acción genera una reacción en cadena que posibilita una mejoría en la calidad de vida de los pobladores de toda provincia, en especial de aquellos vinculados al turismo.)
- Incremento de los riesgos de accidentes de tránsito ante un mayor flujo de vehículos.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto negativo, de intensidad media, disperso, reversible. El aumento del flujo vehicular y de navegación podría aumentar el riesgo de accidentes para residentes y visitantes a la zona.)
- Mejoramiento de la currícula educativa de las escuelas en el ámbito nacional en lo que respecta al estudio de componentes de la biología marina.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto positivo, de intensidad media y disperso. Si se promueven programas de capacitación para que se beneficie a las comunidades, con mayor información en contenidos así como de la utilización de una pedagogía participativa.

2.6 Economía local

- Mejoramiento del poder adquisitivo de la comunidad.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto positivo, de intensidad media y de disperso. La creación de empleos, el aumento de la dinámica comercial y el aumento del turismo en función del proyecto redundarán en una mejoría del poder adquisitivo de lo pobladores de la provincia.)

- Incremento de la necesidad de servicios por la afluencia de trabajadores y público
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto positivo, de intensidad alta y focalizado. La presencia de trabajadores y la afluencia de visitantes generará una demanda de servicios por parte de éstos. Servicios que variarán desde espacio para parqueos, expendio de comida, venta de productos en la playa, entre otros.)

- Incremento de los aportes a la economía local y nacional.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto: (Impacto positivo, de intensidad media y disperso. El proyecto concuerda con las políticas de desarrollo y de inversión en la provincia, fortaleciendo el principal motor de la economía nacional en los últimos 10 años que es el turismo. Esta inversión aumentará el aporte que hace el sector turismo a la economía nacional.)

2.7 Actividad financiera

- Incremento del flujo de divisas en el país por las nuevas capacidades de la infraestructura turística.
 - ❖ Impacto positivo
 - ❖ Impacto negativo
 - ❖ Impacto neutro
 - ❖ Ejemplo de descripción del impacto (Impacto positivo, de intensidad baja y disperso).

3. MEDIDAS DE MITIGACION A LOS IMPACTOS NEGATIVOS ENCONTRADOS

3.1 Uso de suelos

- Regular la presencia de los visitantes en la playa, creando un reglamento y un cuerpo de vigilancia.
- Realizar una campaña de promoción de las reglas de uso y de buen comportamiento a lo interno de la playa.
- Crear un sistema de mantenimiento de la playa y recogida de desechos mediante un programa de manejo y disposición de los mismos.
- Dinamizar la Asociación de Residentes y Hoteleros de Sánchez, Barracote, Sabana de la Mar y los Haitises, para gestar por un mayor rol en el

cumplimiento de las reglas de uso y convivencia en la Bahía, las playas y la visitación a las zonas identificadas, contemplando la aplicación de supervisión de un programa de manejo y disposición de desechos sólidos y vertidos sanitarios en la región

- Crear nuevas localidades de parque y cobrar por el uso de los mismos para de esta forma cubrir los costos de seguridad y otros aspectos

3.2 Tráfico terrestre y marino

- Regular el tipo y número de vehículos y embarcaciones que han de transitar por las vías y navegar en las rutas, durante horarios de mayor presencia de turistas y otros visitantes.
- Promover la instalación de sistemas de transporte colectivo que limite el uso de vehículos y embarcaciones pequeñas e individuales para dirigirse a las zonas de visitación y de pesca

3.3 Infraestructura técnica y social

- Promover la creación de cuerpos técnicos locales en las actividades de ecoturismo, pesca, procesamiento de la pesca, conservación de los productos pesqueros y aspectos culinarios

**PRESUPUESTO
FRECUENCIA**

- Para el primer nivel se realizara un monitoreo anual
- Para el segundo nivel se realizaran monitoreos semestrales
- Para el tercer nivel se realizara monitoreos trimestrales

PRESUPUESTO:

FRECUENCIA

La frecuencia de estos muestreos esta directamente proporcional al nivel de detalle que se desee, como los parámetros que se desee monitorear

ACTIVIDAD	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
1.1 a 1.7	1 año	2 año	4 año
2.1 a 2.7	1 año	2 año	4 año
3.1 a 3.3	1 año	2 año	4 año

COSTOS DE LA ACTIVIDAD EN US\$

Los costos para la realización de estos monitoreos para asuntos sociales se realizaran a través de entrevistas tanto en tierra como por mar. El costo está relacionado a la frecuencia de los mismos y tienen unos costos fijos de transporte terrestre y acuático, así como estadía y alimentación por día, Estos costos son:

Actividad	Costo unitario (1 visita) (US\$)	Nivel 1 Frecuencia anual (2 estaciones)		Nivel 2 Frecuencia anual (4 estaciones)		Nivel 3 Frecuencia anual (8 estaciones)	
		<i>Seco</i>	<i>Húmedo</i>	<i>Seco</i>	<i>Húmedo</i>	<i>Seco</i>	<i>Húmedo</i>
Transporte terrestre (20 gal/ viaje) + depreciación	100.00	100.00	100.00	400.00	400.00	600.00	600.00
Transporte acuático (20 gal/día) + depreciación	300.00	300.00	300.00	1200.00	1200.00	1800.00	1800.00
Alimentos 1 día 4 personas	120.00	240.00	240.00	600.00	600.00	840.00	840.00
Estadía 1 días 4 personas	160.00	320.00	320.00	800.00	800.00	1120.00	1120.00
Honorarios/día técnicos (2)	225.00	450.00	450.00	1125.00	1125.00	1575.00	1575.00
Ayudante (1)	50 x 2= 100.00						
Coordinador (1)	25.00						
Subtotal costos operaciones campo		1410.00	1410.00	4125.00	4125.00	5935.00	5935.00
Redacción informe		100.00	100.00	150.00	150.00	250.00	250.00
TOTAL US\$		1510.00	1510.00	4275.00	4275.00	6185.00	6185.00

No existen costos adicionales por los análisis solamente el coste del trabajo de campo y preparación del informe.