



**GOBERNACIÓN DE SAN ANDRÉS-
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y PESCA**

Y

CORALINA

**MAPEO COMUNIDADES BÉNTICAS
ZONA EXTERNA DEL AMP SEAFLOWER,
BASADO EN IMAGENES IKONOS
INFORME FINAL**

**ELABORADO POR:
MARTHA PRADA Y ANTHONY MITCHELL**

PRODUCTO DEL CONVENIO 021/2009

SAN ANDRÉS ISLA, ENERO DE 2011

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
AREA DE ESTUDIO	4
METODOS	6
RESULTADOS.....	8
Procesamiento final.....	11
Descripción preliminar de hábitats	16
Hábitat de arena	16
Hábitat de arena con invertebrados.....	17
Hábitat de algas mixtas	17
Hábitat de barrera continua.....	18
Hábitat de barrera discontinua	18
Hábitat de coral continuo o parche de coral.....	18
Hábitat de fondo duro	20
Hábitat de plataforma esponjas/octocorales densos.....	20
Hábitat de plataforma esponjas/octocorales dispersos.....	20
Verificación de campo	21
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS.....	26

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de las imágenes Ikonos utilizadas para la generación de mapas béticos en la sección más norte de la Reserva de Biósfera Seaflower.....	7
Tabla 2. Ejemplos de las secciones seleccionadas como zonas de entrenamiento para la clasificación supervisada en el atolón de Nuevo, utilizando las bandas azul, azul y rojo.	10
Tabla 3. Resumen de los tipos de hábitats identificados y su extensión. Cálculos hechos sobre mapas en proyección UTM zona 17N y utilizando el Datum WGS84. Valores expresados en km ²	16
Tabla 4. Comparación entre las proporciones del mapa bético de Serranilla interpretado en escala 1:25.000 y las observaciones de buceo hechas a 1m ²	21
Tabla 5. Comparación entre las proporciones del mapa bético en el atolón de Alicia interpretado en escala 1:25.000 y las observaciones de buceo hechas a 1m ²	23
Tabla 6. Comparación entre las proporciones del mapa bético en el atolón Nuevo interpretado en escala 1:25.000 y las observaciones de buceo hechas a 1m ²	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalles de la carta náutica Estadounidense No.26050 a una escala de 5km, e ilustrando el poco conocimiento que se tenía de la zona antes de este estudio. El recuadro de la izquierda ubica los atolones al interior de la RB Seaflower. Batimetría de GEBCO.	5
Figura 2. Localización de los atolones de Serranilla, Alicia y Nuevo en el Caribe Sur-occidental. Batimetría obtenida de la base de datos GEBCO. La zona marcada con diagonales grises corresponde a la zona de régimen común entre Colombia y Jamaica según tratado Sanín-Robertson de 1993.	6
Figura 3. Sección de las imágenes Ikonos tal como se observan en la banda Azul y que fueron utilizadas para la generación de los mapas béticos. A. Nuevo oeste, B. Nuevo este, C. Serranilla, D. Alicia.	9
Figura 4. Salidas finales de la clasificación no supervisada utilizando el programa Envi Versión. 4.7.....	9
Figura 5. Mapa bético del atolón Nuevo sección oeste generado de una clasificación supervisada de una imagen Ikonos del 2009. El círculo del recuadro indica el mar territorial exclusivamente Colombiano.....	12
Figura 6. Mapa bético del atolón Nuevo sección este generado de una clasificación supervisada de una imagen Ikonos del 2009. El círculo del recuadro indica el mar territorial exclusivamente Colombiano.....	13

Figura 7. Mapa béntico del atolón de Serranilla generado de interpretación visual de dos imágenes Ikonos del 2009. Corresponde solo la sección sur que estaba visible de acuerdo al recuadro cuadrado mostrado. Los círculos indican el mar territorial exclusivamente Colombiano..... 14

Figura 8. Mapa béntico del atolón de Alicia generado de interpretación visual de una imagen Ikonos del 2009. Corresponde solo la sección sur que estaba visible de acuerdo al recuadro cuadrado mostrado. Los círculos indican el mar territorial exclusivamente Colombiano..... 15

Figura 9. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de arena. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010. .. 17

Figura 10. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de arena con invertebrados. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010..... 17

Figura 11. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de algas mixtas. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010..... 18

Figura 12. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de hábitat de coral. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010..... 19

Figura 13. Fotografías submarinas mostrando los pináculos de coral encontrados en el atolón Nuevo. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010..... 19

Figura 14. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de arena. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010. .. 20

Figura 15. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de plataforma de esponjas/octocorales dispersos. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010. 21

Figura 16. Localización de estaciones estudios de caracol pala y caracterización de corales utilizados para verificación del mapa béntico en el atolón de Serranilla. 22

Figura 17. Localización de estaciones estudios de caracol pala y caracterización de corales utilizados para verificación del mapa béntico en el atolón de Alicia. 24

Figura 18. Localización de estaciones estudios de caracol pala y caracterización de corales utilizados para verificación del mapa béntico en el atolón de Nuevo. 25

MAPEO DE COMUNIDADES BÉNTICAS ZONA EXTERNA DEL AMP SEAFLOWER, BASADO EN IMÁGENES IKONOS

INTRODUCCIÓN

Se presenta a continuación el desarrollo de un trabajo que buscaba generar los primeros mapas de comunidades bénticas para la sección externa del Área Marina Protegida Seaflower, que hace parte de la Reserva de Biósfera del mismo nombre, y que corresponde a los atolones de Serranilla, Alicia y Nuevo.

Es un esfuerzo inter-institucional realizado entre CORALINA y la Gobernación Departamental, a través de su Secretaría de Agricultura y pesca quienes mediante el convenio 21/2009 acordaron desarrollar trabajos conjuntos de manera que se obtuviera información para complementar el manejo de los recursos marinos enfocado hacia el ecosistema. Hace parte del trabajo el componente del mapeo de comunidades bénticas en una zona de alto potencial y biodiversidad, sujeta a una intensa presión de pesca, especialmente por pescadores de Jamaica, pero sobre la cual poco es lo que los manejadores y científicos conocen. Otros trabajos en este acuerdo incluyeron la determinación de la abundancia y distribución espacial del caracol pala (*Strombus gigas*), la caracterización preliminar de los corales y los peces asociados, además de planes contra la pesca ilegal y del manejo pesquero para una de las secciones del AMP Seaflower entre otros.

Los mapas generados están basados en imágenes del satélite Ikonos, las cuales tienen una alta resolución espacial (1m de pixel) y cuenta con cuatro bandas, la azul, verde, rojo y la pancromática. Sin embargo, dada la profundidad de los bancos en estudio, la reflexión del sol sobre la superficie del océano, la presencia de nubes y la mezcla de la señal del fondo con la columna del agua, estos mapas deben ser complementados con productos de otros sensores y poder así tener una mejor determinación de la composición y distribución espacial de estos hábitats dominados por ecosistemas de coral y sus diferentes componentes.

En el proceso de generación de estos mapas se han utilizados rutinas automatizadas disponibles en programas especializados así como la interpretación visual de técnicos con gran experiencia en el tema, lo cual conduce a pensar que se tienen una alta precisión. No obstante, aún queda pendiente el cuantificar su grado de precisión aunque al final del reporte se hacen estimativos cualitativos de este aspecto.

Los mapas fueron producidos en formato digital y son propiedad conjunta de las dos instituciones.

AREA DE ESTUDIO

El área externa del Área Marina Protegida Seaflower corresponde a los atolones de Serranilla, Alicia y Nuevo los cuales hacen parte del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina también reconocido por UNESCO como la Reserva de Biósfera Seaflower (Figura 1).

El atolón de Serranilla se localiza aproximadamente a 325km al nor-este de Providencia entre las coordenadas geográficas $15^{\circ}41' - 16^{\circ}04' N$ y $80^{\circ}03' - 79^{\circ}40' W$ (SIG-CORALINA 2010). Es un extenso atolón que mide cerca de 40km en longitud y 32km en amplitud, y está compuesto por una plataforma carbonatada en su mayoría localizada en aguas profundas (Figura 1). La sección sur es la que contiene los ambientes arrecifales más someros, las crestas arrecifales y cinco pequeños cayos emergentes, llamados Beacon Cay, West Breaker Cay, Middle Cay, East Cay y North Cay de los cuales el primero y el cuarto tienen poca vegetación y los demás mantienen solo arena (aerofotografías de la Armada Nacional). El banco en su totalidad cubre un área aproximada de $1,200\text{km}^2$ y tiene una barrera arrecifal de aproximadamente 23km de longitud (SIG-CORALINA 2010) la cual está fraccionada por canales naturales, y permite el paso de pequeñas embarcaciones. La fragmentación de la barrera genera condiciones oceanográficas de corrientes y turbulencia fuertes en secciones localizadas al interior de la laguna arrecifal del Banco. El Beacon Cay es el de mayor tamaño y en él se encuentra un faro (construido en concreto) de aproximadamente 33m de alto (DIANE 1997) y mantiene un destacamento de la infantería de marina de la Armada Nacional de Colombia de manera permanente (con relevos mensuales) y en el aparentemente los Estados Unidos de América construyeron casas e infraestructura militar durante el conflicto con Cuba. Serranilla es conocido porque los últimos avistamientos de la ahora extinta foca caribeña (*Monachus tropicalis*) se hicieron allí en 1952 sobre una pequeña colonia residente. También se sabe de cientos de encallamientos de barcos en sus cercanías.

Por su parte el atolón o bajo de Alicia es un banco pequeño con cerca de 16km de diámetro (definido por la isóbata de 200 m) y localizado 58km al noreste de Serranilla, a 85km al oeste de Bajo Nuevo y a 382km al NE de Providencia, entre las coordenadas geográficas $15^{\circ}57' - 16^{\circ}10' N$ y $79^{\circ}28' - 16' W$ (SIG-CORALINA 2010). Se mantiene completamente sumergido con una profundidad mínima de 11m en la sección sur-este. En su totalidad el banco cubre una extensión aproximada de 50km^2 (Figura 1).

En comparación, el atolón o bajo Nuevo se localiza aproximadamente a 123km de Serranilla, a 405km al NE de Providencia, y a 496km de San Andrés, entre las coordenadas geográficas $15^{\circ}47' - 56' N$ y $78^{\circ}49' - 31' W$ (SIG-CORALINA 2010). El banco tiene aproximadamente 26km de longitud y 9km de ancho y está compuesto por dos geoformas separadas por un canal profundo de 1,4 de ancho en su punto más estrecho (Figura 1). El sector suroeste es más ancho (15,4km) comparado con el noreste (9,4km) y cubren en conjunto un área de 100km^2 . Tiene un cayo prominente llamado Low Cay en la sección sur-occidental (300 m x 400 m) con no más de 2 m.s.n.m. sin vegetación y compuesto por pedazos de coral, madera flotante y arena. En el cayo se encuentra in faro

que fue construido en 1980 por las autoridades Colombianas como una torre metálica con luz en la parte superior (DIANE 1997).

En 1993, con la firma de tratado Sanín-Robertson Colombia y Jamaica acordaron crear una zona de régimen común de la cual se extraen las 12 millas náuticas de mar territorial alrededor de los cayos de Serranilla y Nuevo toda vez que fueron reconocidos por Jamaica como exclusivamente Colombianos. En la zona de régimen común con Jamaica se comparten los derechos de uso de recursos renovables y no renovables con los ciudadanos Jamaíquinos en la totalidad del bajo Alicia y las partes profundas de los alrededores de Serranilla y Nuevo (Figura 2). Hasta antes de este estudio no se tenía ninguna información sobre los tipos y distribución espacial de los hábitats béticos, por lo que los resultados obtenidos cobran mayor relevancia, especialmente por lo planes conjuntos que tienen Colombia y Jamaica para explorar petróleo y otros recursos hidrobiológicos.

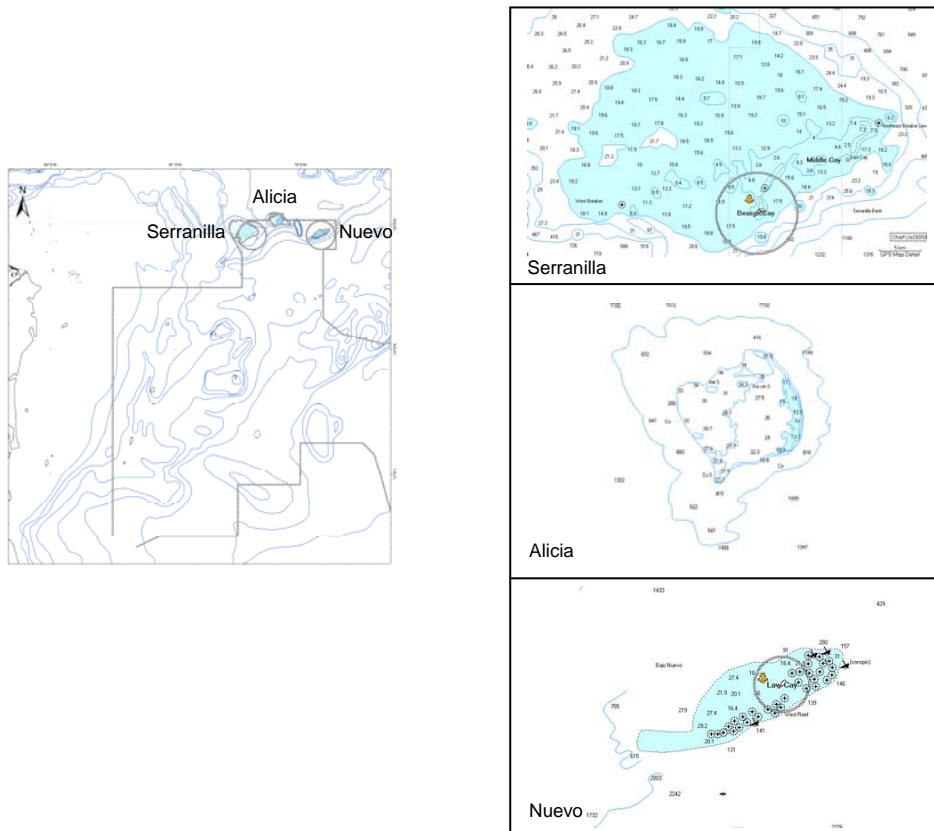


Figura 1. Detalles de la carta náutica Estadounidense No.26050 a una escala de 5km, e ilustrando el poco conocimiento que se tenía de la zona antes de este estudio. El recuadro de la izquierda ubica los atolones al interior de la RB Seaflower. Batimetría de GEBCO.

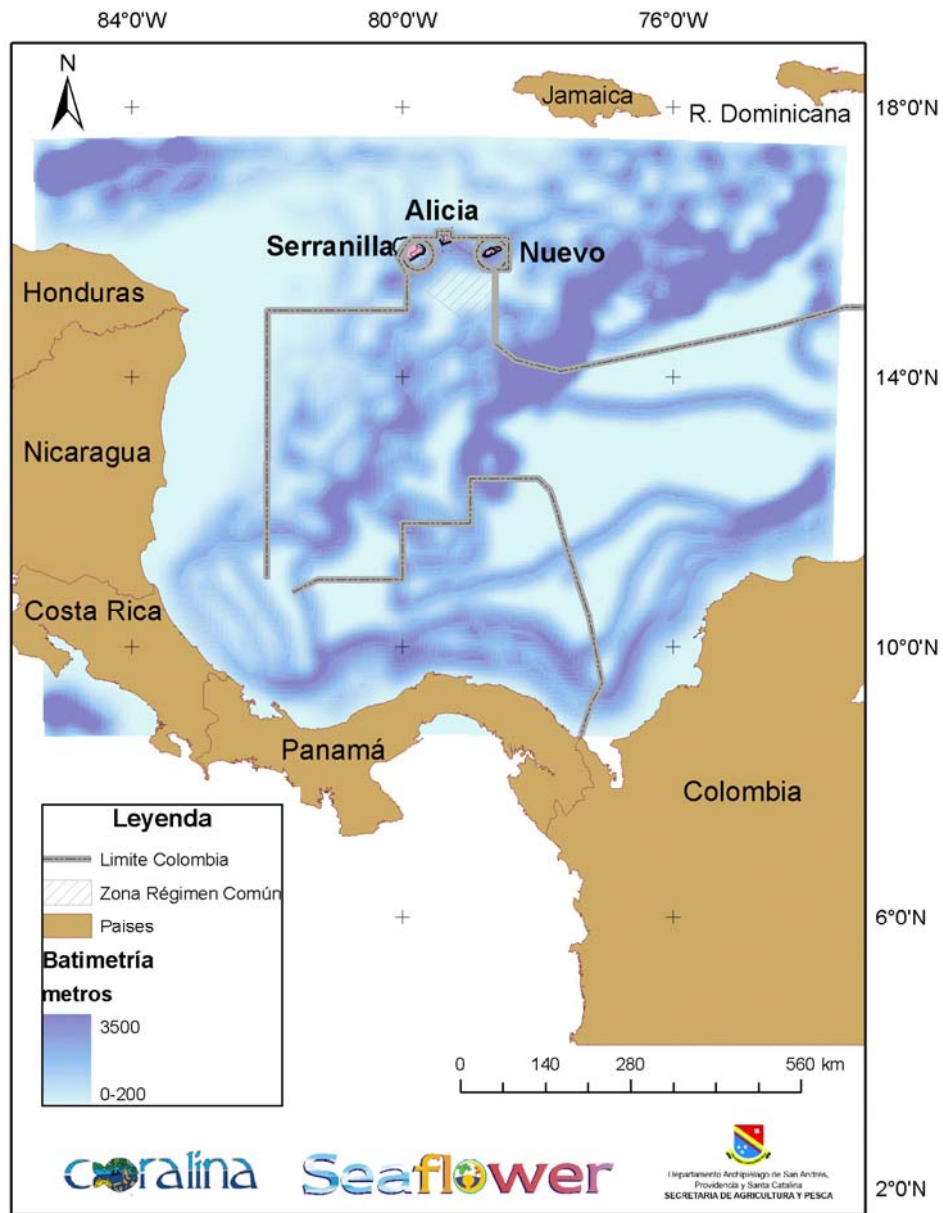


Figura 2. Localización de los atolones de Serranilla, Alicia y Nuevo en el Caribe Sur-occidental. Batimetría obtenida de la base de datos GEBCO. La zona marcada con diagonales grises corresponde a la zona de régimen común entre Colombia y Jamaica según tratado Sanín-Robertson de 1993.

METODOS

La generación de los mapas béticos en el área de estudio están basados en imágenes Ikonos adquiridas por CORALINA con financiamiento del Fondo de Compensación Ambiental, proyecto “Protección y Conservación de los Recursos de la Biodiversidad y

de los Ecosistemas Estratégicos dentro la RB Seaflower”. Las imágenes fueron programadas, geo-referenciadas y tomadas en Septiembre del 2009 de acuerdo a las especificaciones dadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Identificación de las imágenes Ikonos utilizadas para la generación de mapas béticos en la sección más norte de la Reserva de Biósfera Seaflower.

Atolón	Nombre archivo	No. Imagen Ikonos	Fecha
Bajo Nuevo	Po_367041	2009091116021450000011623822	11 sep. 2009
		2009091116025860000011623823	
		2009091116022990000011623824	
Bajo Alicia	Po_377042	2009091116031760000011623826	12 sep. 2009
Serranilla	po_367836	2009091116032980000011623827	19 sep. 2009
		2009091615450810000011631008	19 sep. 2009

El pre-procesamiento digital de las imágenes se inició con un recorte de la zona con información lo que ayudó a reducir el tamaño del archivo y facilitó la corrida de los algoritmos del procesamiento digital. Seguidamente se aplicó un filtro de media, con una ventana de 9*9 pixeles, el cual fue pasado múltiples veces (hasta 10 pasadas cuando se hizo necesario) para reducir la reflexión del sol (sunlint en inglés) y otras interferencias. Este pre-procesamiento se hizo con rutinas disponibles en el programa Envi versión 4.7. En el caso de Serranilla, fue además necesario unir en un solo mosaico las dos imágenes adquiridas utilizando la opción disponible en el mismo programa.

La identificación de los hábitats béticos se hizo preliminarmente mediante una clasificación no supervisada en la cual se especificaron 8 clases en el caso de Serranilla y Nuevo y solo 4 clases en el caso de Alicia. Mientras este proceso fue considerado aceptable para el atolón de Nuevo, no fue así para los otros dos atolones puesto que aún la interferencia de la reflexión del mar era demasiado alta en Serranilla y hubo poca información en Alicia al ser demasiado profundo, lo cual generó mucha confusión en la corrida de los algoritmos automatizados.

Se procedió entonces a realizar una clasificación supervisada para las dos imágenes correspondientes al atolón Nuevo, haciéndose necesario realizar pruebas de combinación de bandas de manera que los contrastes de color entre los diferentes hábitats quedaran realzados y tener un producto de mejor calidad. Al final se generó una composición de color con las bandas azul, azul y rojo y se hizo se contrajo el histograma de color para hacer este realce de la tabla de color aún mayor. Teniendo ya las imágenes listas se procedió a la selección de zonas de entrenamiento para siete clases de hábitats, procurando que se distribuyeran lo más espaciado posible y que en total cubrieran al menos un área de 1.000m² o de 500m² si el hábitat era poco común en la imagen. El

resultado de la clasificación fue nuevamente filtrada con un filtro de media, con ventana de 3*3 pixeles, el cual ayudó a limpiar la salida final.

Los resultados de esta clasificación fueron entonces poligonizados para convertir la imagen tipo raster en un archivo vectorial de polígonos.

Debido a los pobres resultados obtenidos tanto con las clasificaciones no supervisadas como con las supervisadas para Serranilla y Alicia, se optó por hacer una interpretación visual de las imágenes. Para esta interpretación se utilizó una escala de observación de 1:25.000 y se amplió solo para observaciones de casos específicos donde las coberturas eran demasiado pequeñas. Se utilizó el programa Arc Map GIS versión 10.0 para la digitalización de los polígonos y otros parámetros estándar de la cartografía como son los procedimientos de revisión y cálculos de áreas.

La revisión de los mapas se valió de una rutina específica que verifica que no hayan polígonos sobrelapados, ni vértices abiertos y son los que se presentan como productos finales en este reporte.

Para verificar la exactitud del mapa se tuvo como referencia un trabajo de campo que hizo observaciones de la condición del coral, de la abundancia de peces y de caracoles pala. Aunque estos datos corresponden a observaciones hechas a una escala de 1m² y no pueden ser comparados directamente, aunque si dan idea general de la calidad del mapa y provee información preliminar para la descripción de los hábitats. Los trabajos de campo fueron realizados entre el 7 y 23 de abril de 2010. Se espera poder mejorar la comprobación de los mapas aquí presentados con trabajo de campo adicional programados para el 2011.

RESULTADOS

Pre-procesamiento

Sabiendo que la banda azul al ser de menor longitud de onda, es la que más penetra en la columna del agua, en el procesamiento digital esta fue la banda de mayor peso en el análisis. Después de ser filtrada La Figura 3 ilustra la información disponible en las imágenes para el mapeo bético en el área de estudio. La banda roja fue utilizada por ser la que muestra el pico de reflexión de clorofila, incrementando el contraste en los hábitats que presentan especies vegetales. La limitación es que la banda roja se absorbe rápidamente en la columna del agua.

De la misma manera, la Figura 4 ilustra las salidas preliminares de las clasificaciones no supervisadas, mostrando las mejores posibilidades de continuar con un análisis digital solo para el caso del atolón Nuevo.

Un ejemplo de cómo se observaron las zonas de entrenamiento utilizadas para la el atolón de Nuevo es presentado en la Tabla 2.

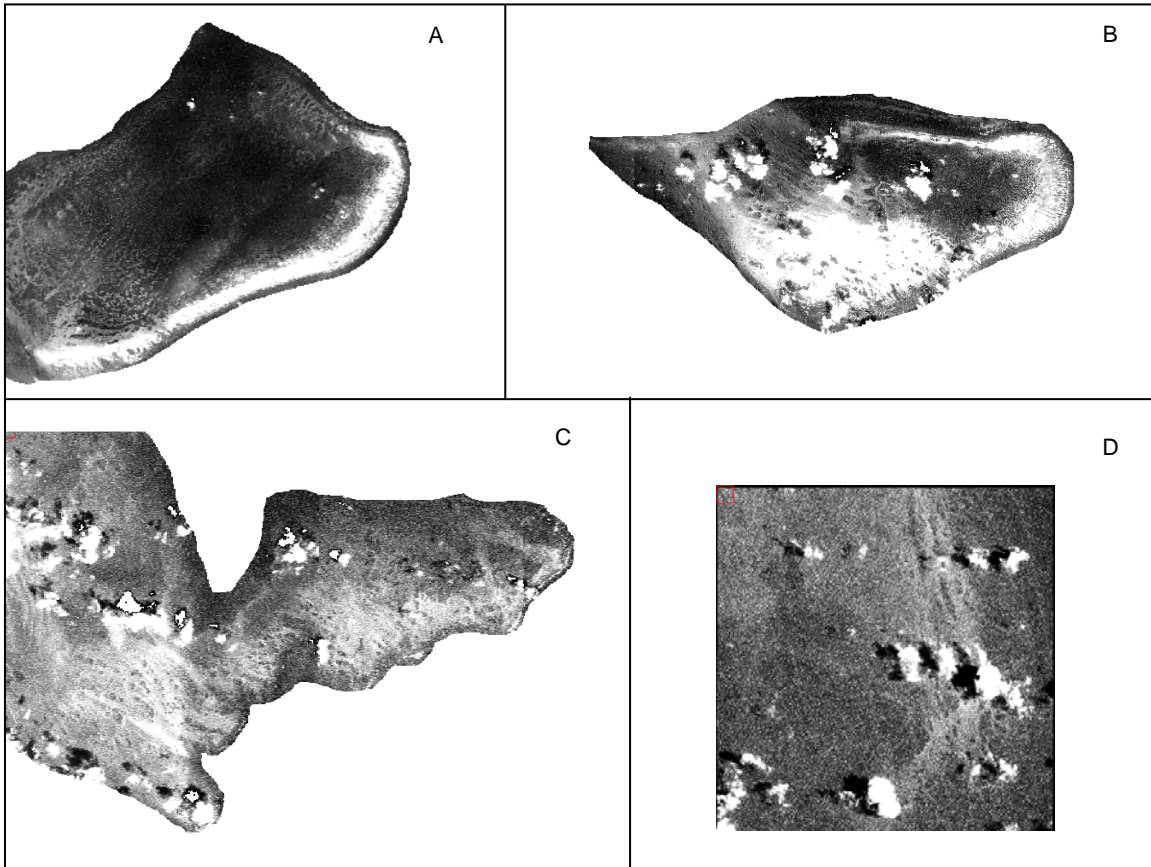


Figura 3. Sección de las imágenes Ikonos tal como se observan en la banda Azul y que fueron utilizadas para la generación de los mapas béticos. A. Nuevo oeste, B. Nuevo este, C. Serranilla, D. Alicia.

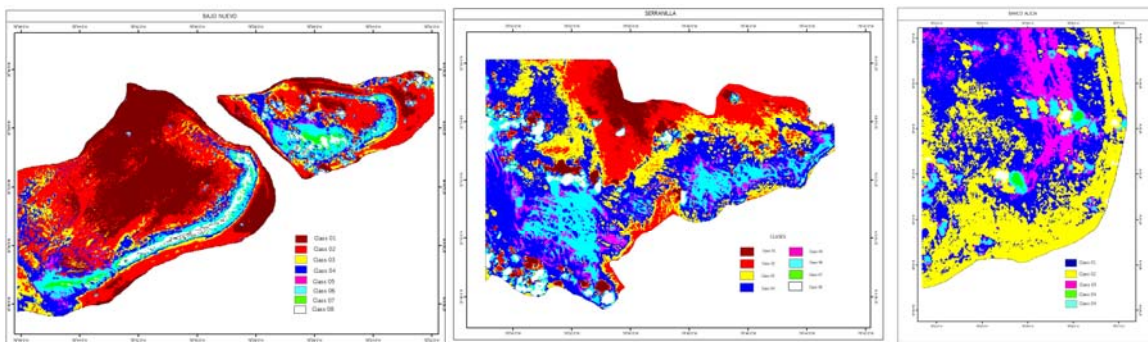


Figura 4. Salidas finales de la clasificación no supervisada utilizando el programa Envi Versión. 4.7.

Tabla 2. Ejemplos de las secciones seleccionadas como zonas de entrenamiento para la clasificación supervisada en el atolón de Nuevo, utilizando las bandas azul, azul y rojo.

Sección de la Imagen	Tipo de Hábitat	Descripción
	Algas mixtas	Sección con dominancia de un color azul intenso y una textura granulada fina. Posiblemente en zonas profundas dada la intensidad del color azul.
	Fondo duro	Sección con alta reflectancia de color amarillo intenso, cercana por lo general a las partes expuestas y correspondientes a la parte posterior de la barrera del arrecife.
	Parches de coral	Caracterizado por un color azul-verdoso, con textura granulada media o gruesa, por lo general separado claramente de otros hábitats circundantes.
	Arena con invertebrados	Caracterizado por su color amarillo-verdoso, presentando pequeñas áreas con textura granular de color más oscuro.
	Arena	Similar al anterior pero con pocos o ninguna zona de textura granular.
	Vegetación acuática (Pastos marinos)	Sección de color verde-amarillo, posiblemente en secciones más someras dada la prevalencia del color verde.
	Nubes	Zonas con la máxima reflexión generado por el alto albedo que las nubes presentan.

Procesamiento final

El atolón Nuevo resultó ser el más complejo en cuanto a la distribución y composición de hábitats. La clasificación supervisada catalogó un total de 331.782 polígonos para la sección oeste con un área de cubrimiento de 120,8km² (Figura 5). Por su parte, la sección este contó con un total de 18.279 polígonos y un cubrimiento de 38,5km² (Figura 6).

Como se observa en estos mapas el atolón de Nuevo presenta un muy buen desarrollo y cobertura de coral, tanto en la sección del arrecife de la barrera así como hacia el interior de la laguna en donde se presentan parches y zonas continuas de coral. Los biólogos que participaron en los trabajos de campo reportaron el desarrollo del coral que bordea el canal que separa las dos secciones como uno de estructura impresionante y alta cobertura de tejido vivo, en promedio superior al 60% y en muchos casos llegando a superar el 90%. Existe el desarrollo de una zona importante de crecimiento de algas mixtas en las secciones más profundas de la laguna, así como también un buen desarrollo del arrecife posterior que crece paralelo y detrás de la barrera del arrecife, llamado en este trabajo como hábitat de fono duro. Los tipos de hábitats en la sección este son muy similares a los de la sección oeste pero presentan una distribución diferente, se nota aquí más claramente el anillo de coral bordeando el atolón y dejando en el centro de la laguna las arenas y el fondo duro junto con áreas de algas mixtas.

Como resultado de la interpretación visual realizada para Serranilla se identificaron en total 515 polígonos asignados a ocho diferentes tipos de hábitats y distribuidos espacialmente como se presenta en la Figura 7. El mapa cubrió una sección de 172,6km² distribuidos como se presenta en la Tabla 3. La cobertura de coral en este atolón fue más reducida comparada con el atolón Nuevo y principalmente conformando parches de diferentes tamaños en la laguna del arrecife. La barrera tiene una sección continua y bien desarrollada hacia el extremo sur-este y se reduce hacia el extremo sur-oeste. Hacia la sección central, la barrera no es continua y presenta parches grandes de coral separados por pequeños canales entre ellos, haciendo de este un ambiente altamente dinámico. Las coberturas de algas mixtas se localizan hacia el norte del atolón. A diferencia del atolón de Nuevo, en donde el mapa cubrió la mayor parte del banco, en Serranilla el mapa aún está incompleto porque es un banco más profundo y la imagen presentó alta reflexión del sol, limitando la capacidad de interpretar visualmente un área más extensa.

En el caso de la sección cartografiada del atolón de Alicia se identificaron en total de 64 polígonos asignados a cinco tipos de hábitats y distribuidos espacialmente como se presenta en la Figura 8. El mapa cubrió un total de 72,8km² según se presenta en la Tabla 3. El mapa generado solo pudo lograrse para una sección del sur que es la más somera del banco. La estructura de los hábitats es menor presentando grandes extensiones de plataformas dominadas por esponjas y octocorales, aunque hay secciones en donde se observa un buen desarrollo del coral, especialmente en los taludes que van hacia la mayores profundidades o en parches rodeados de arena en la parte somera del mismo.

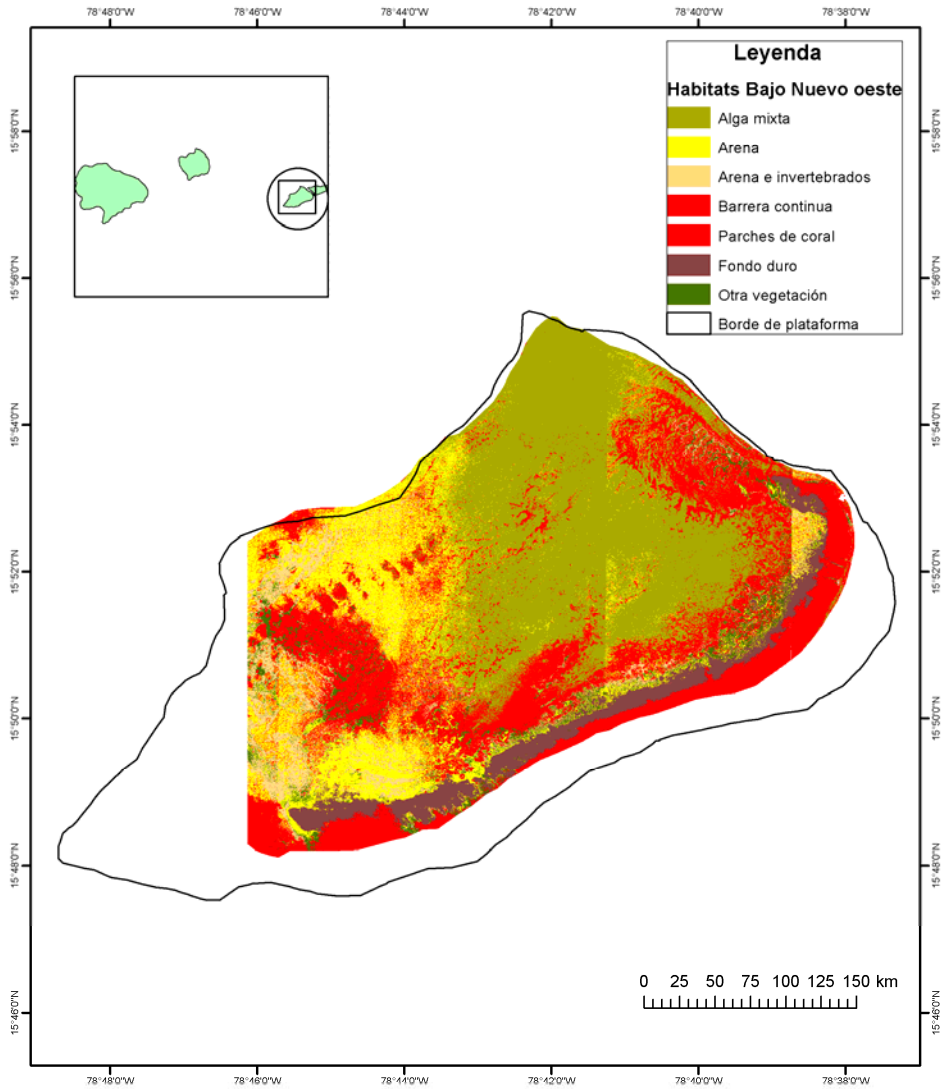


Figura 5. Mapa béntico del atolón Nuevo sección oeste generado de una clasificación supervisada de una imagen Ikonos del 2009. El círculo del recuadro indica el mar territorial exclusivamente Colombiano.

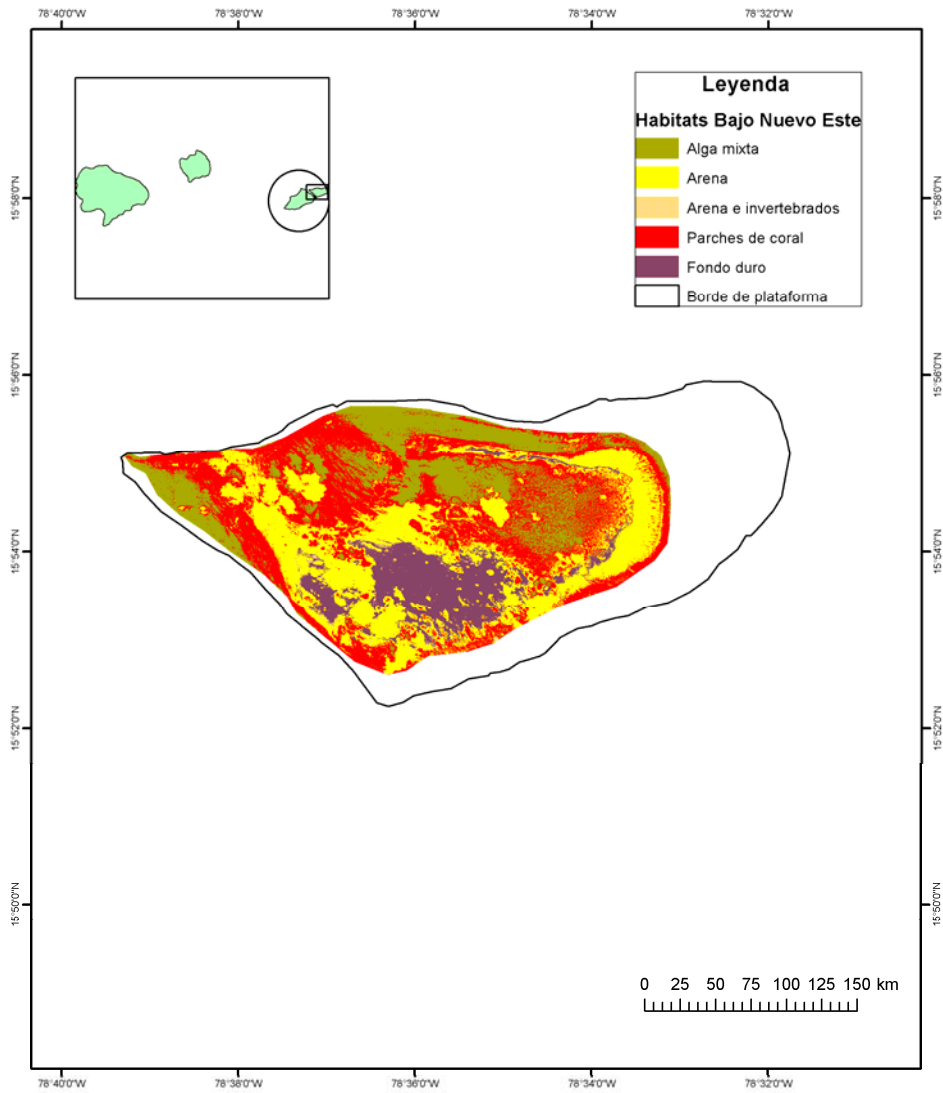


Figura 6. Mapa bético del atolón Nuevo sección este generado de una clasificación supervisada de una imagen Ikonos del 2009. El círculo del recuadro indica el mar territorial exclusivamente Colombiano.

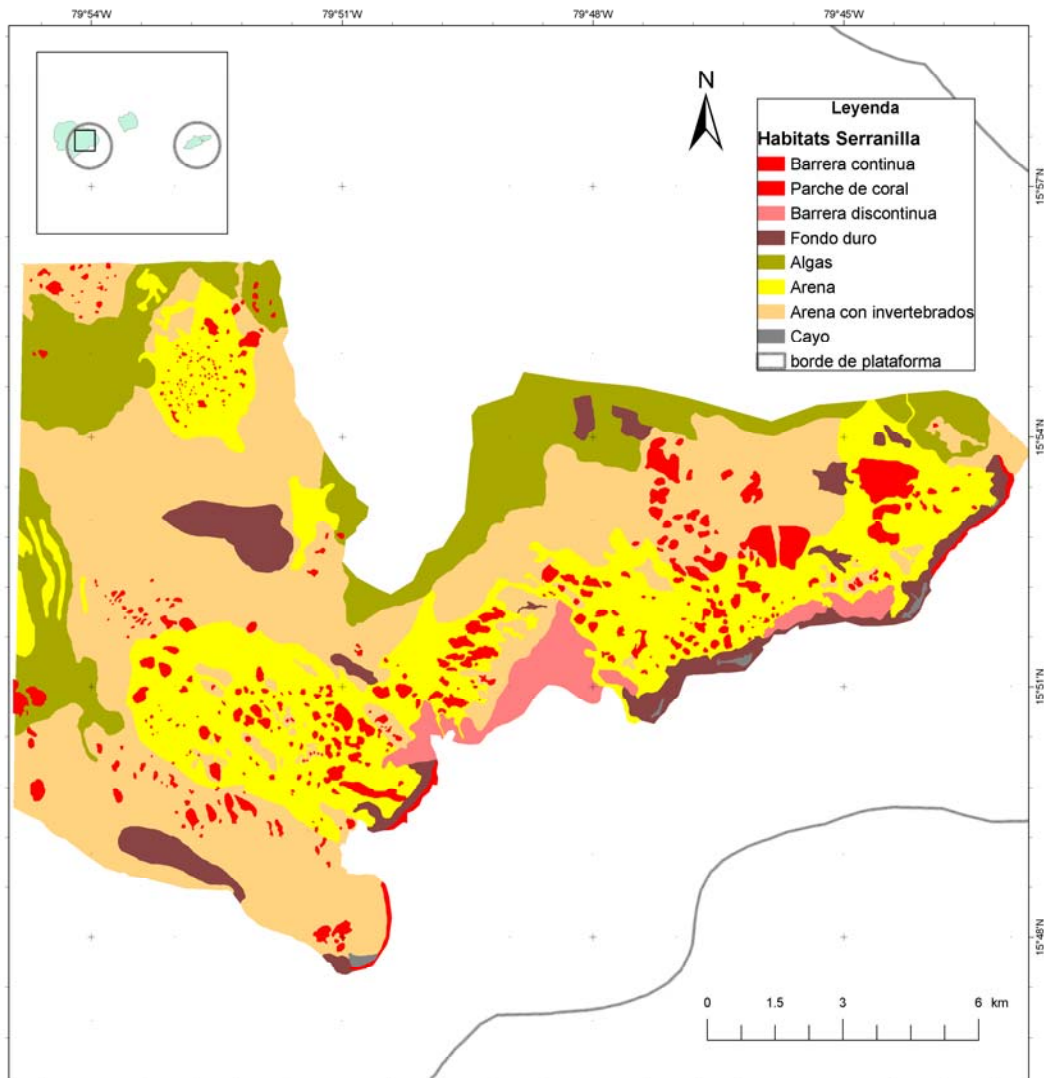


Figura 7. Mapa bético del atolón de Serranilla generado de interpretación visual de dos imágenes Ikonos del 2009. Corresponde solo la sección sur que estaba visible de acuerdo al recuadro cuadrado mostrado. Los círculos indican el mar territorial exclusivamente Colombiano.

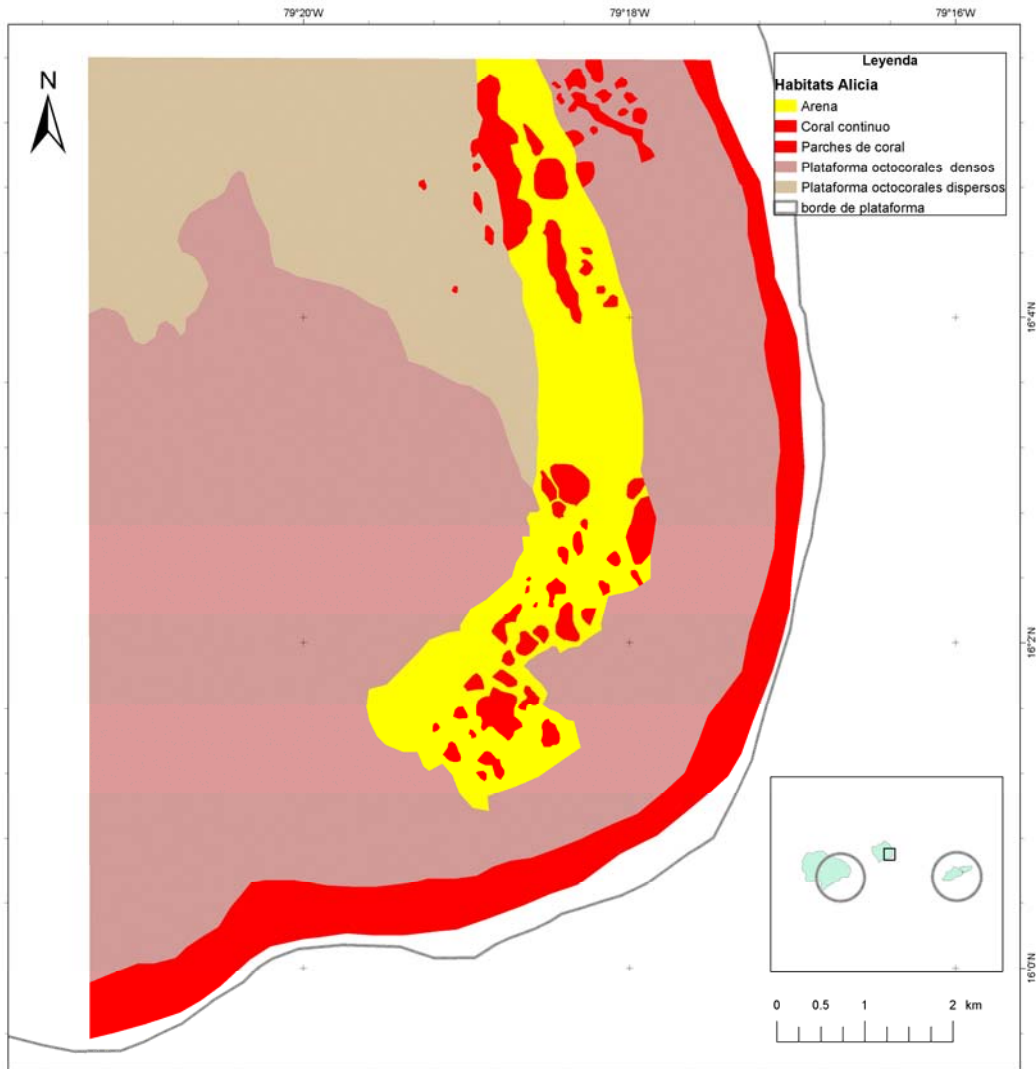


Figura 8. Mapa bético del atolón de Alicia generado de interpretación visual de una imagen Ikonos del 2009. Corresponde solo la sección sur que estaba visible de acuerdo al recuadro cuadrado mostrado. Los círculos indican el mar territorial exclusivamente Colombiano.

Tabla 3. Resumen de los tipos de hábitats identificados y su extensión. Cálculos hechos sobre mapas en proyección UTM zona 17N y utilizando el Datum WGS84. Valores expresados en km².

Hábitat	Serranilla	Alicia	Nuevo oeste	Nuevo este	Total
Algas mixtas	28,1		43,2	8,5	79,8
Otra vegetación			5,0		5,0
Arena	44,6	8,2	20,6	11,7	85,1
Arena con invertebrados	73,3		8,3	0,4	82,0
Barrera continua	0,6				0,6
Barrera discontinua	5,2				5,2
Parche de coral/coral continuo	10,9	8,9	29,6	13,1	62,5
Fondo duro	9,5		7,4	4,8	21,7
Plataforma octocorales densos		42,8			42,8
Plataforma octocorales dispersos		13,0			13,0
Cayo	0,3				0,3
Nubes (sin información)			6,9		6,9
Total	172,5	72,9	120,8	38,5	404,7

Descripción preliminar de hábitats

Se presenta una descripción preliminar de los hábitats identificados en los mapas béticos. Se han utilizado en esta descripción los resultados de los análisis hechos por los grupos de trabajo de caracol y corales según reportes elaborados por Castro et al. (2010) y Abril et al (2011). Las descripciones hechas corresponden a observaciones de buzos que son bien detalladas y no necesariamente corresponden a los hábitats observados en una mayor escala espacial. Se espera poder complementar esta información con una nueva expedición en la cual se espera hacer observaciones de campo a escalas más concordantes con las utilizadas en este proyecto de mapeo bético.

Hábitat de arena

Es un hábitat abundante especialmente en el atolón de Serranilla. Se le observa en secciones de arena coralina, de granos gruesos o finos y en ocasiones está revestida con finas películas de macroalgas (Figura 9). Se le identificó especialmente la arena en los alrededores de los parches de coral bien sea al interior de las lagunas del arrecife o en plataformas profundas (entre 16 y 25m).



Figura 9. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de arena. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010.

Hábitat de arena con invertebrados

Hábitat también dominado por arenas calcáreas pero exhibiendo invertebrados dispersos entre los que se encuentran pequeñas colonias de coral, octocoral, esponjas y otros invertebrados formando pequeños parches. Se estima que esta arena recubre una plataforma de fondos duros toda vez que los corales no reclutan sobre fondos blandos (Figura 10).

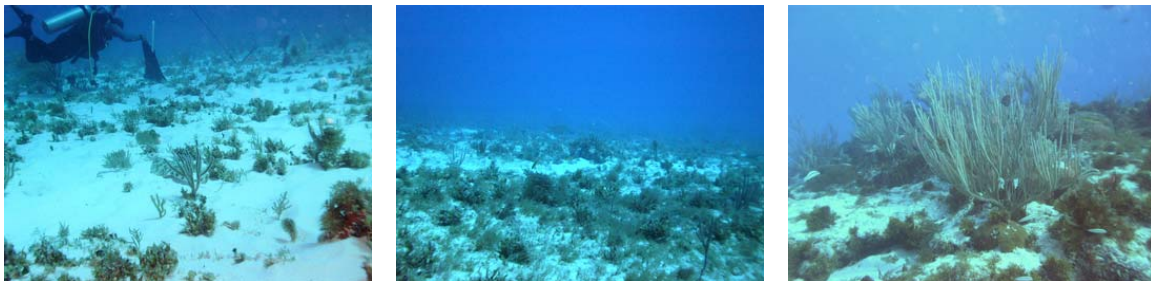


Figura 10. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de arena con invertebrados. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010.

Hábitat de algas mixtas

Se presenta como extensas plataformas de algas creciendo sobre arenas. Se le identificó especialmente sobre las secciones protegidas y profundas después de la laguna arrecifal de los atolones de Nuevo y Serranilla (Figura 11).

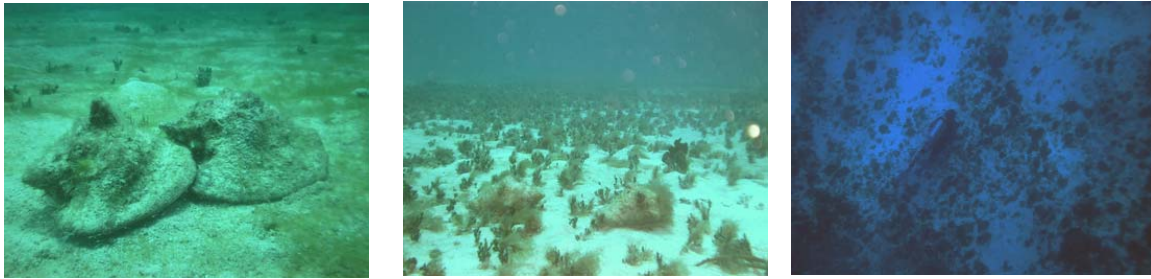


Figura 11. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de algas mixtas. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010.

Otra vegetación sumergida lo constituyeron los hábitats de pastos marinos, pero estos fueron un hábitat raro no claramente observado en las imágenes y tampoco fue muestreado durante el trabajo de campo del 2010. Los biólogos mencionan que los parches de pastos marinos estaban conformados principalmente por *Syringodium filiforme*.

Hábitat de barrera continua

Formación coralina continua en el frontón del arrecife, particularmente clara en el atolón Nuevo, la cual tuvo mayor desarrollo hacia el extremo este y en menor proporción en el oeste, mientras que hacia el centro es más estrecha. De acuerdo a Abril et al (2011), esta cresta de arrecife está conformada por *Millepora-Palithoa-Porolithon*, siendo similar a las descritas por Díaz *et al*, (1996), en los atolones del sur del archipiélago.

Hábitat de barrera discontinua

Formaciones coralinas someras que dan el frente al oleaje, a manera de parches de coral de diferente tamaño y aislados sin llegar a formar una barrera continua. Según Díaz et al (1996) y García y Pizarro (2002) esto se presenta porque alta corriente y turbulencia no genera condiciones apropiadas para el asentamiento de los corales. Formaciones similares se encuentran en la secciones de la barrera del atolón de Providencia y Santa Catalina.

Hábitat de coral continuo o parche de coral

Son formaciones de corales hermatípicos (formadores de arrecifes) que se diferencian claramente de otros hábitats aledaños (Figura 12). Presentan gran rugosidad y crean estructura para albergar la gran diversidad de especies característica de este ecosistema.

Los corales fueron un hábitat más abundante en Bajo Nuevo, y menor representación en Serranilla o Alicia.

Hay gran variedad de hábitats dominados por coral, incluyendo pequeños parches, plataformas amplias y taludes. Llama la atención la presencia de grandes parches de coral que se erigen desde el fondo hasta casi la superficie según los describen Abril et al (2011) como pináculos compuestos por corales hermatípicos en buen estado, con sitios presentando hasta con un 70% de tejido vivo y localizados especialmente en la zona de laguna arrecifal (Figura 13).

Los parches de coral son comunes en las lagunas del arrecife, donde las profundidades son más someras (6-20m) que en los taludes o el ante-arrecife y cubren relativas grandes extensiones. Los parches varían en su condición pudiendo tener coberturas bastante altas de coral vivo (70%, Abril et al. 2011). Estos investigadores, describen los parches de coral del atolón Nuevo como los de mayor desarrollo y conformados por colonias de *Montastraea spp.*, y de *Acropora cervicornis*. Por su parte describieron a los de Serranilla en menor calidad que los observados en Nuevo y menos representados en Alicia. Los observados en Alicia se les encontraron en grietas o en los taludes (Erick Castro, comunicación personal).



Figura 12. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de hábitat de coral. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010.



Figura 13. Fotografías submarinas mostrando los pináculos de coral encontrados en el atolón Nuevo. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010.

Hábitat de fondo duro

Se le llamó hábitat de fondo duro a las secciones del arrecife generalmente detrás de la cresta de la barrera, conformado por plataformas de roca calcárea de poca estructura y tiene cobertura de algas dispersas representadas por especies como *Sargassum sp*, *Dictyota spp*, *Lobophora variegata*, *S. zonale* y *Halimeda spp*. (Abril et al. 2011).

Hábitat de plataforma esponjas/octocorales densos

Amplias secciones de la plataforma insular, presente preferencialmente en los hábitats profundos del atolón de Alicia. Áreas con menos relieve que los hábitats de coral, y su estructura la generan la presencia de esponjas, octocorales y macroalgas e incluso colonias de corales pequeños entre grietas y huecos (Figura 14). Se distinguieron las áreas con mayor presencia de invertebrados llamadas plataformas de esponjas/octocorales densas de otras similares pero con menor cantidad de estos organismos coloniales.

De acuerdo a Abril et al. (2011), las esponjas en este atolón fueron las de mayor abundancia y representados principalmente por la especie *Xestospongia muta* que en alguna estaciones alcanzó coberturas hasta del 40%.

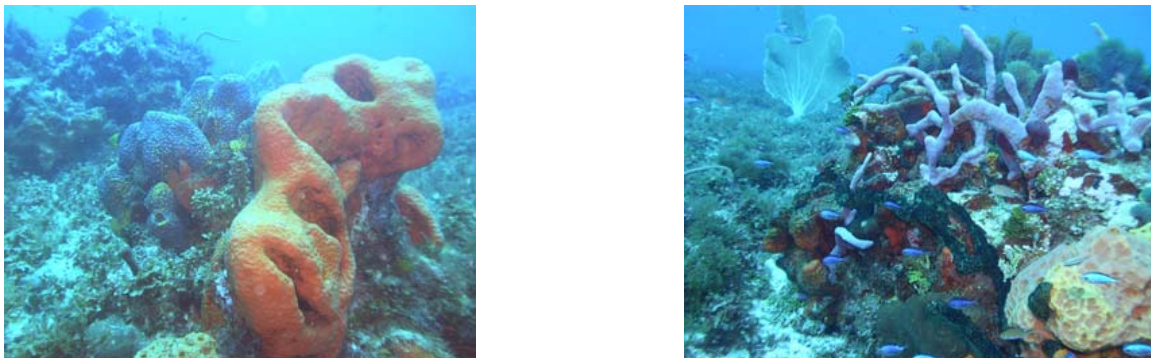


Figura 14. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de arena. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010.

Hábitat de plataforma esponjas/octocorales dispersos

Hábitat similar al anterior, pero con menor cantidad de invertebrados que le dan menos estructura al hábitat y dejan pequeñas zonas de arena descubiertas. Se les observó solamente hacia el oeste del atolón de Alicia (Figura 15).

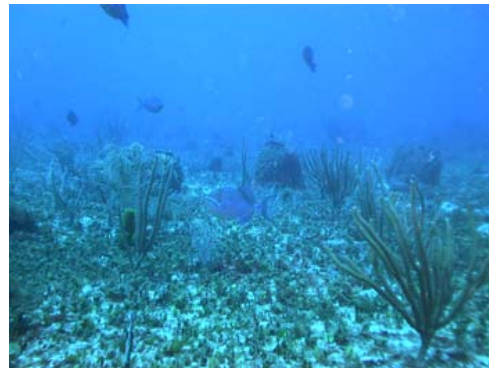


Figura 15. Fotografías submarinas mostrando diferentes tipos de plataforma de esponjas/octocorales dispersos. Fotos tomadas por los biólogos de CORALINA y la Gobernación durante expedición de abril, 2010.

Verificación de campo

La información de esta sección utiliza información a dos escalas diferentes y por lo tanto no pueden ser comparadas directamente, aunque si provee información general y cualitativa de la calidad del mapa.

En el atolón de Serranilla un total de 31 de las estaciones de caracol y de 16 de las estaciones de corales quedaron al interior de la zona cartografiada (Figura 16). En general, se puede decir que parece hubo concordancia en un 60% de los casos. Aquí los hábitats que parecen generar confusión incluyen aquellos donde hay algas las cuales son claras para los buzos pero parecen que no siempre son evidentes en las imágenes de satélite. Las proporciones de cobertura de las dos fuentes son resumidas en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación entre las proporciones del mapa béntico de Serranilla interpretado en escala 1:25.000 y las observaciones de buceo hechas a 1m².

Hábitat mapa	% cubrimiento	Hábitat buceo	% cubrimiento
Barrera continua	0,3	Coral	12-20
Barrera discontinua	3,0	Roca calcárea	5-10
Parche de coral	6,3	Octocorales	20-35
Fondo duro	5,5	Esponjas	8-15
Algas mixtas	16,3	Algas	45-60
Arena con invertebrados	42,5	Cascajo	< 2
Arena	25,9	Arena	10-30
Cayo	0,2		

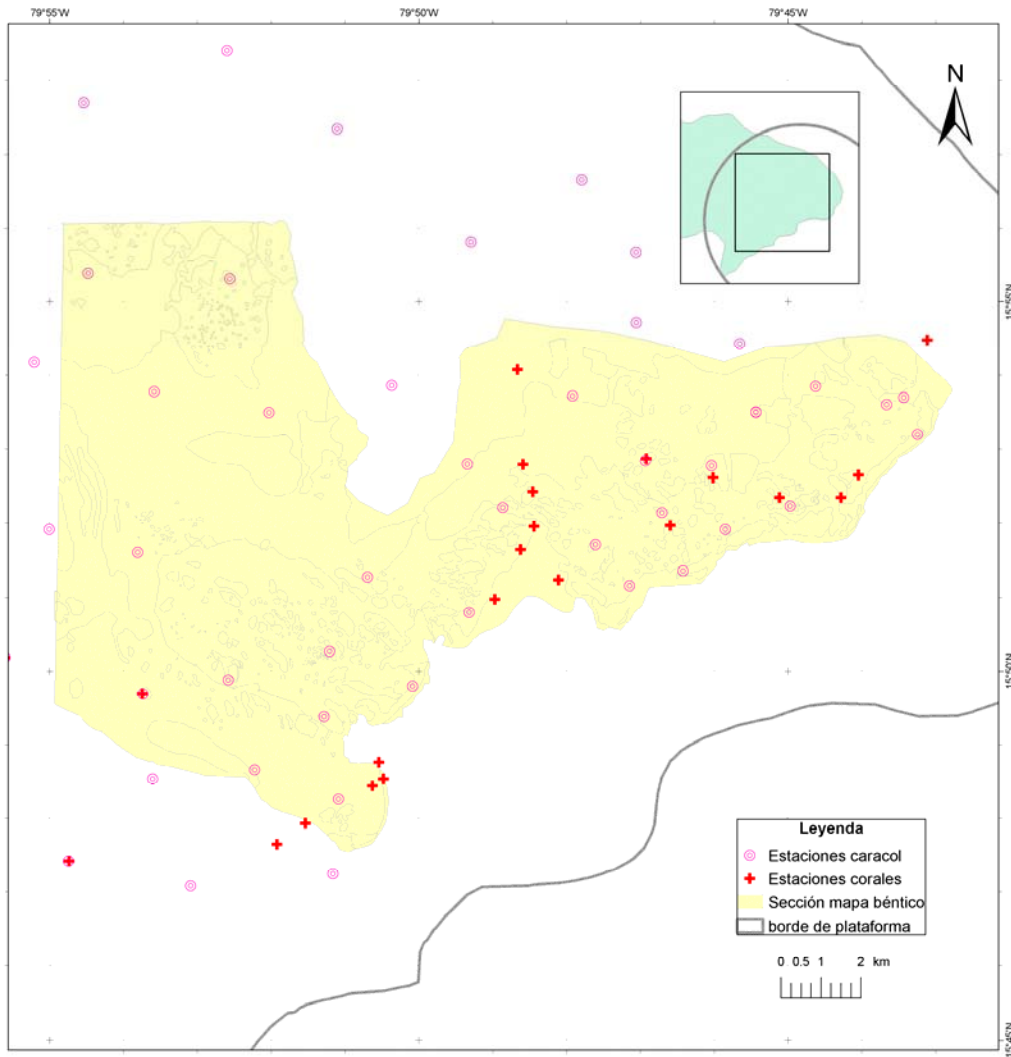


Figura 16. Localización de estaciones estudios de caracol pala y caracterización de corales utilizados para verificación del mapa bético en el atolón de Serranilla.

En el atolón de Alicia hubo un total de 15 de las estaciones de caracol y 9 de corales, de los cuales la concordancia entre las dos fuentes se dio en un 80% de los casos (Figura 17). La Tabla 5 resume los estimativos totales de los hábitats béticos para las dos escalas.

Tabla 5. Comparación entre las proporciones del mapa béntico en el atolón de Alicia interpretado en escala 1:25.000 y las observaciones de buceo hechas a 1m².

Hábitat mapa	% cubrimiento	Hábitat buceo	% cubrimiento
Plataforma esponjas densa	58,7	Coral	18-25
Plataforma esponjas dispersa	17,8		
Parche de coral	12,2	Octocorales	12-25
Fondo duro		Esponjas	18-30
Algas mixtas		Algas	35-50
Arena con invertebrados		Cascajo	5-20
Arena	11,2	Arena	18-30

Situación similar a la Serranilla se encontró en la verificación del mapa de Nuevo sección este, en donde hubo un total de 19 de las estaciones de caracol y de 10 de las estaciones al interior de la zona cartografiada (Figura 18). Aquí la concordancia se dio en un 60% de los casos, siendo los hábitats de arenas con algas los que generaron la mayor confusión. La Tabla 6 resume los resultados.

En la sección más complicada de todas, que fue la de Bajo Nuevo oeste, coincidieron un total de 49 estaciones de caracol y 29 de las estaciones de coral con el área cartografiada. Aquí los casos de acuerdo entre los hábitats ascendieron solo al 40%. La Tabla 6 muestra el resumen de las proporciones en las coberturas de los diferentes hábitats de acuerdo a las dos fuentes disponibles.

Tabla 6. Comparación entre las proporciones del mapa béntico en el atolón Nuevo interpretado en escala 1:25.000 y las observaciones de buceo hechas a 1m².

Hábitat mapa	% cubrimiento Oeste	% cubrimiento este	Hábitat buceo	% cubrimiento
Barrera continua			Coral	30-50
Barrera discontinua			Roca calcárea	4-8
Parche de coral	10,7		Octocorales	10-20
Fondo duro	13,0		Esponjas	8-14
Algas mixtas	5,2		Algas	28-38
Otra vegetación	3,0			
Arena con invertebrados	9,1		Cascajo	5-10
Arena	43,5		Arena	25-40
Nubes (sin información)	15,5			

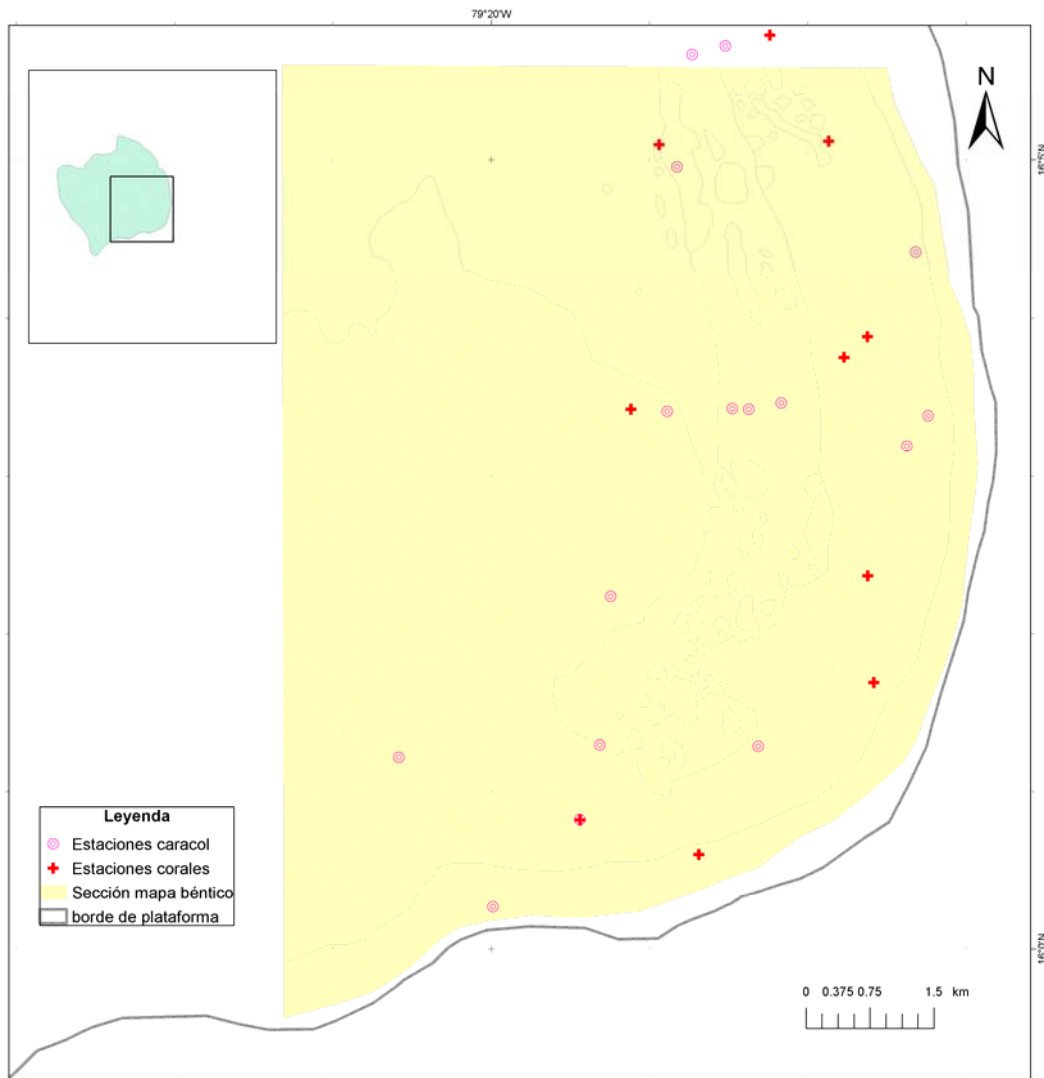


Figura 17. Localización de estaciones estudios de caracol pala y caracterización de corales utilizados para verificación del mapa bético en el atolón de Alicia.

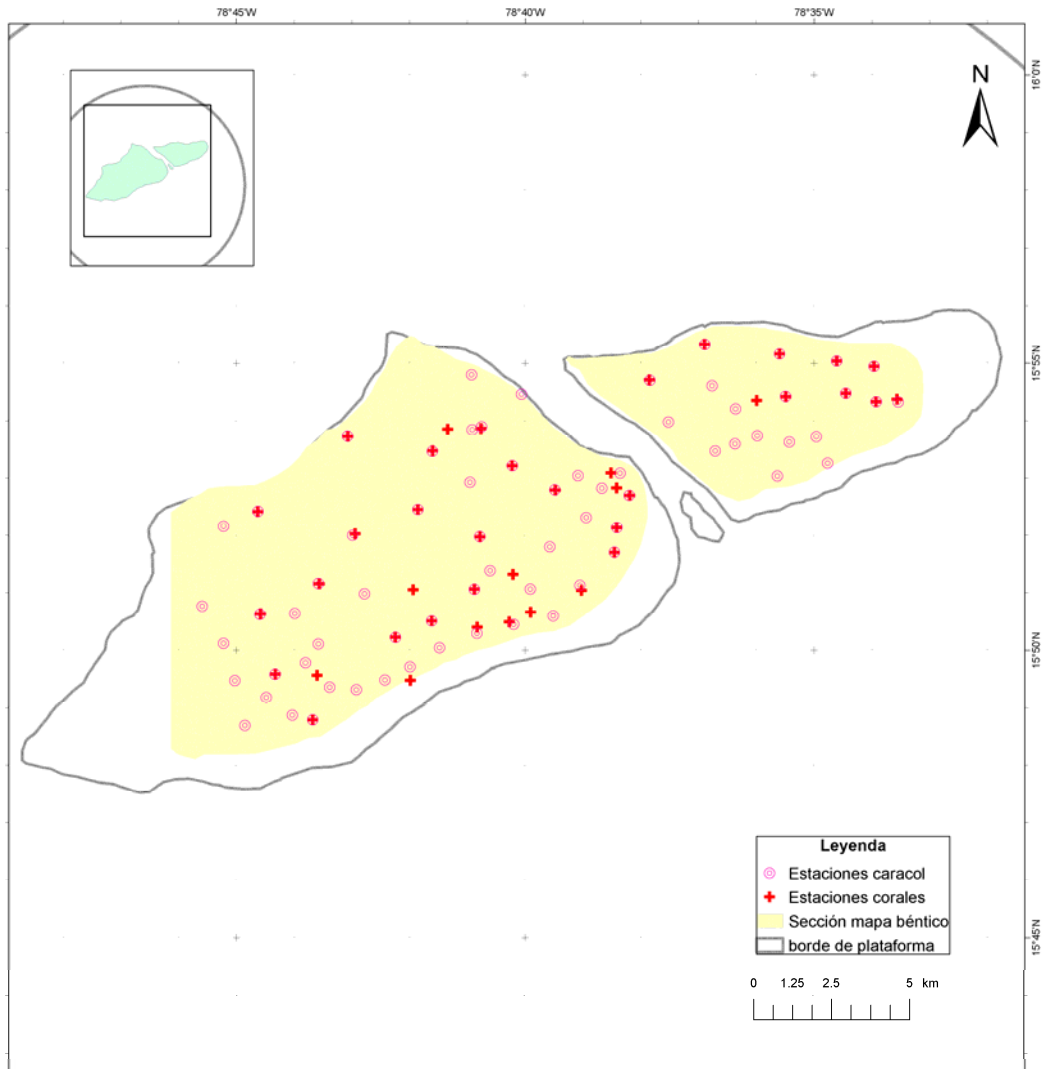


Figura 18. Localización de estaciones estudios de caracol pala y caracterización de corales utilizados para verificación del mapa bético en el atolón de Nuevo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con este trabajo preliminar se ha logrado proveer información clave para el manejo de los recursos marinos en la RB Seaflower, y se podrán actualizar los análisis hechos tanto para la distribución y abundancia del caracol pala como para la caracterización de las comunidades de peces asociados.

Aún es necesario tomar mayor información de campo que describa los hábitats a una escala similar a la utilizada para la generación de los mapas de manera que se pase de estimativos cualitativos a cuantitativos, mejorando así el conocimiento aquí presentado.

El uso de las imágenes Ikonos mostró ser una herramienta muy valiosa para la generación de los mapas béticos en estos atolones remotos, complejos y extensos. No obstante, requieren de tecnología complementaria para llenar los vacíos en la información especialmente en los relacionado con son secciones cubiertas por nubes, profundas, o áreas con mucha reflexión del sol, que limitan la cantidad de señal emitida por el fondo y que son la base para la interpretación automatizada o visual que se requiere en el proceso de generar mapas béticos.

REFERENCIAS

- Abril AJ, NW Bolaños y H Bent. 2011. Evaluación de los complejos arrecifales de los bancos y bajos de la sección norte del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia, Reserva de Biósfera Seaflower, Caribe Occidental. Informe final de la expedición conjunta CORALINA-Gobernación, Marzo-abril, 2010. Reporte técnico no publicado. San Andrés Isla. 56p.
- Castro ER, C Ballesteros, A Rojas, T Forbes, H Bent, MC Prada y RS Appeldoorn. 2010. ESTADO ACTUAL DEL CARACOL STROMBUS GIGAS EN LA RESERVA DE BIOSFERA SEAFLOWER, COLOMBIA. Informe final de la expedición conjunta CORALINA-Gobernación, Marzo-abril, 2010. Reporte técnico no publicado. San Andrés Isla. 19p.
- Díaz JM, JA Sánchez, S Zea and J Garzón-Ferreira. 1996b. Morphology and marine habitats of two southwestern Caribbean atolls: Albuquerque and Courntown. Atol Res. Bull. 435:1-33
- DIANE Publishing, 1997. U.S. Insular Areas: Application of the U.S. Constitution: Report to the Chairman, Committee on Resources, House of Representatives. Pág. 39. Escrito por United States General Accounting Office, United States Congress. House. Committee on Resources. En http://es.wikipedia.org/wiki/Isla_Serranilla y http://es.wikipedia.org/wiki/Bajo_Nuevo
- García E. M I. & Pizarro N. V.2002a. Estado y Biodiversidad de los Arrecifes Coralinos en la Islas de Providencia y Santa Catalina. CORALINA. 66p.