



# Análisis multitemporal de la cobertura de manglar en la Reserva Cayos Miskitos

*Multitemporal analysis of mangrove coverage in the Miskito Cays Reserve*

Rudy A. Salas T.<sup>1</sup>  
Walter Olivas Castro<sup>2</sup>  
Marcos Williamson<sup>3</sup>

## Resumen

Este estudio ha analizado el cambio de coberturas de los manglares de la Reserva Cayos Miskitus por efectos del huracán Félix de categoría 5 según la escala Saffir-Simpson, que impactó en la Costa Caribe de Nicaragua en el 2007, mediante el análisis digital de imágenes de satélites Landsat para los años 2006, 2012 y 2017. Se evaluaron las condiciones recientes y las tendencias de cambio, estimándose una reducción de aproximadamente 1,783.2 hectáreas del bosque de mangle para el período.

Se analizaron los cambios de la cobertura con métricas del paisaje estimadas a partir de los mapas de cobertura de manglar generados para cada fecha. Los resultados indican un incremento en el número de parches y una reducción del tamaño de las masas boscosa del conjunto de islas y cayos, así como variaciones de los valores de índice de partición, que indican una cobertura fragmentada.

A partir de los resultados del 2017 se evaluó el impacto sobre los patrones espaciales del manglar producto del huracán. A nivel de islotes y cayos encontrándose que el mayor impacto sobre el manglar se observó en la isla mayor de los Cayos Miskitus, donde la cobertura se redujo 1762 hectáreas, presentando además valores de las métricas del paisaje que señalan incremento en los procesos de fragmentación.

**Palabras clave:** huracán; fragmentación; manglar, percepción remota (PR); Sistemas de Información Geográfica (SIG).

## Abstract

This study has analyzed the change in mangrove coverage from Miskitus Cays Reserve due to the effects of Félix Hurricane, 5 category according to the Saffir-Simpson scale, which impacted on the Caribbean Coast of Nicaragua in 2007, by digital image analysis of Landsat satellites for 2006, 2012 and 2017. Recent conditions and trends of change were evaluated, estimating a reduction of approximately 1,783.2 hectares of mangrove forest for the period.

Coverage changes were analyzed with landscape metrics estimated from the mangrove coverage maps generated for each date. The results indicate an increase in the number of patches and a reduction in the size of the forest masses of the islands and cays set, as well as variations in the partition index values, which indicate a fragmented coverage.

From the 2017 results, the impact on the mangrove spatial patterns product of the hurricane was evaluated. At the level of islets and cays, it was found that the greatest impact on the mangrove was observed

<sup>1</sup> Ingeniero agroforestal, Técnico de IREMADES-CISA, N° ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0308-3791> , e-mail: alexandersalas6@yahoo.es

<sup>2</sup> Ingeniero Agroforestal Técnico de IREMADES-CISA, e-mail: walcaskumi@gmail.com

<sup>3</sup> Msc. en Gobernanza y Desarrollo de Identidad, Director de IREMADES-CISA, URACCAN, tutor de investigación; e-mail: marcoswillni123@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1887-1328>

Recibido: 08/08/2019 - Aprobado: 30/08/2019

on the main island of the Miskitus Cays, where the coverage was reduced by 1762 hectares, also presenting values of landscape metrics that indicate an increase in fragmentation processes.

Keywords: Hurricane; fragmentation; mangrove; remote perception (RP); Geographical Information System (GIS)

## I. Introducción

Los Cayos Miskitus constituyen vida y sobrevivencia de la mayoría de las comunidades indígenas ubicada en todo el litoral norte caribeño, tales como Sandy Bay, Awastara, Dakura, Pahara, Cabo gracias a Dios, Bismuna, Krukira y Tuapi entre otras; es así que en 1994 la comisión interinstitucional para la protección y conservación de los Cayos Miskitus, renombró el área; "Reserva de la Biosfera de las Comunidades Indígenas y Cayos Adyacentes". Lau,W.(2007).

Durante el proceso se elaboró un plan preliminar de manejo integral del área protegida, definiendo que los recursos deben de ser manejados cuidadosamente para la subsistencia y beneficio de sus habitantes, ya que existe preocupación por las amenazas de sobreexplotación indiscriminada de los recursos biológicos existentes (Asamblea de Nicaragua, 1991), para el 2007, la reserva de la biosfera de los Cayos Miskitus fue impactada por el huracán Félix, fenómeno natural que ha sido el que causó la mayor pérdida de cobertura manglar en el cayo tras su paso; sin embargo, en el territorio no existe un documento actualizado de representación del estado del manglar tras diez años del paso del huracán Félix, actualmente se desconoce si existe dentro de los Cayos Miskitos un proceso de regeneración, lo que dificulta la toma de decisiones por parte de instituciones rectoras vinculadas a la conservación de los recursos naturales. Por lo tanto, existe la necesidad de generar y actualizar información relacionada a la cobertura manglar de los Cayos Miskitos.

Con el avance tecnológico para el siglo XXI, se han desarrollado satélites artificiales que permiten colocar sensores remotos para la obtención de imágenes satelitales que mediante la captación de la radiación electromagnética genera información periódica, dando la posibilidad de monitorear los diferentes cambios en el uso de suelo, así como fenómenos naturales y antropogénicos. Con esta tecnología surge la necesidad de realizar un estudio sobre la cobertura manglar de los Cayos Miskitos antes del paso del huracán en el 2006, después del paso del huracán Félix en el 2007 y diez años después tras el paso del huracán. El objetivo global de este estudio se enmarca en elaborar un estudio multitemporal del estado de mangle del Cayo Miskuta tras el paso del huracán Félix mediante el uso de imágenes satelitales. Por lo tanto, estimaremos la cantidad de Bosque de mangle durante el periodo 2006, 2007 y 2017.

## II. Revisión de literatura

### Fundamentos de la teledetección o percepción remota

De acuerdo a Chuvieco (2008), define la teledetección como "la técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento (sensor) que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo investigación."

Es decir, la radiación reflejada por los objetos es capturada por los sensores del satélite, siendo parcialmente procesada a bordo de éste y retransmitida a estaciones receptoras terrestres para su posterior procesamiento y análisis.

Lo que indica que las utilidades de imágenes generadas por los satélites nos proporcionan información inmediata y precisa para ser utilizada en diferentes aspectos entre ellos: el monitoreo de la cobertura vegetal de un área geográfica previamente seleccionada.

## Imágenes satelitales

Una imagen satelital es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales

Clasificación de imágenes satelitales

### Método supervisado

Álvaro Yébenes menciona que el método supervisado es:

Un método que requiere un cierto conocimiento de la zona de estudio que permite delimitar sobre la imagen unas zonas o áreas representativas de las distintas categorías que se pretenden discriminar. Estas áreas se conocen como training fields (áreas de entrenamiento) ya que sirven para entrenar al ordenador para que pueda reconocer las distintas categorías. A partir de estas áreas el ordenador calcula diversos parámetros estadísticos de los ND que definen cada clase, para luego clasificar el resto de píxeles en una categoría determinada atendiendo a sus ND. Resulta adecuado seleccionar varias áreas de entrenamiento por clase para reflejar correctamente su variabilidad en la zona de estudio.

### Método no supervisado

Este método de clasificación trata de definir las clases espectrales presentes en la Imagen. No implica ningún conocimiento previo del área de estudio por lo que la intervención humana se centra en la interpretación de los resultados.

Este método asume que los ND de la imagen se agrupan en una serie de conglomerados (o clusters) que se corresponden con grupos de píxeles con un comportamiento espectral homogéneo y que, por ello, deberían definir unas clases informacionales de interés. Por desgracia estas clases espectrales no pueden ser asimiladas siempre a las categorías temáticas que el usuario pretende deducir por lo que es labor de éste interpretar el significado temático de dichas categorías espectrales.

## Tipos de cobertura del suelo

### 1. Bosque de mangle

Área cubierta por las diferentes especies de mangle. En el Cayo Miskutu para el 2005 se identificaron cuatro especies de mangle: El mangle rojo (*Rhizophora mangle*), El mangle negro (*Avicennia germinans*), El mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y El mangle de botón (*Canocarpus erectus*).

### 2. Cuerpos de agua

En esta clase se ubica los mares, lagos y lagunas, así como los ríos que tiene un ancho de cauce puede ser identificado visualmente en la imagen. En área existen una laguna, lo cuales está rodeados de vegetación manglar.

## Materiales y métodos

La localidad de estudio fue en la reserva de biosfera Cayos Miskitus (Cayos Miskuta), situado en el caribe norte de la región autónoma de Nicaragua con las coordenadas 14°20'55" N y 82°46'30" O (figura 1).

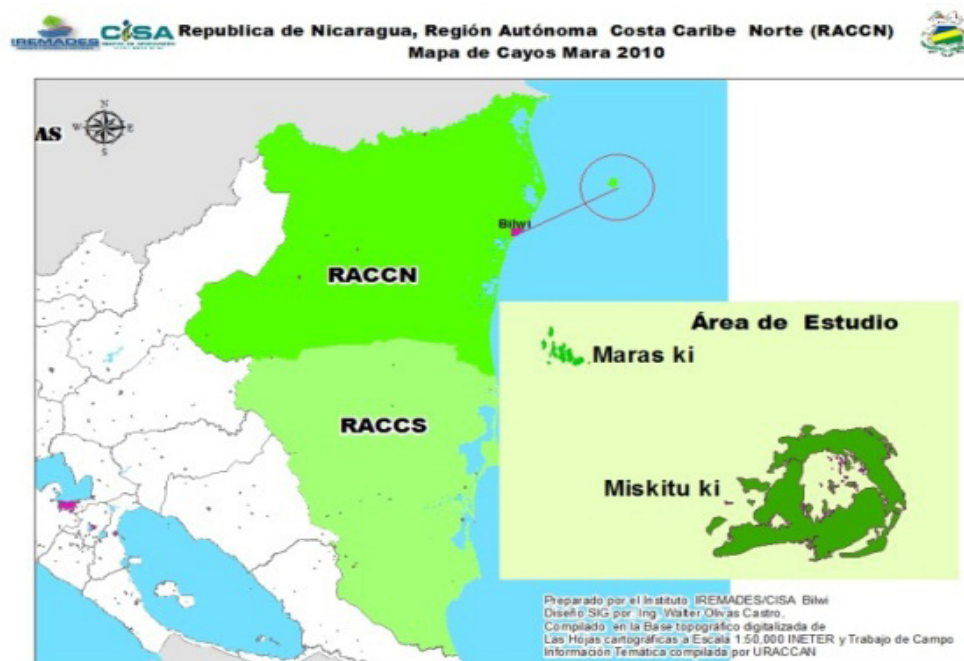


Figura No. 1 mapa de ubicación de los Cayos Miskitos.

### Obtención de la información primaria

Para la obtención de las fuentes primarias, se desarrollaron actividades de recolección de información en el terreno, lo que consiste en la visita in situ a Cayo Miskuta para su posterior análisis. Además de la descarga de imágenes satelitales landsat del periodo 2006, 2012 y 2017, a fin de evaluar la dinámica de regeneración.

### Obtención de la información secundaria

Las fuentes secundarias estuvieron orientadas a la búsqueda de información bibliográfica existente sobre la zona de estudio, lo que comprende, planes de manejo, estudios monográficos orientados a la cobertura manglar.

### Análisis, clasificación, depuración y estandarización de la información colectada

Toda la información colectada fue sometida a un proceso de análisis, clasificación, depuración y estandarización, a fin de evitar duplicidad de información, se clasificó en imágenes (raster), coberturas (vectores) y documentos; la información geográfica, fue normalizada en lo referente a la proyección, todas las capas fueron proyectadas a UTM-WGS84. Para este propósito se utilizaron procedimientos automáticos que están incluidos en los programas de procesamiento de imágenes y SIG que se utilizan (Erdas Imagine y ARCGIS). Posteriormente se realizó la validación en el terreno.

### Corrección geométrica (georreferenciación) y radiométrica de las imágenes satelitales

Tema referido al pre-procesamiento de las imágenes satelitales se desarrolló la corrección geométrica y radiométrica de las imágenes satélites. La corrección geométrica permitió obtener imágenes proyectadas en el sistema WGS 84 y con la radiométrica se eliminaron las distorsiones atmosféricas.

El propósito del proceso de georreferenciación es remover la distorsión geométrica, haciendo que la geometría de una imagen se convirtiera a planimetría, lo que permite a su vez que la información que generada pudiera ser superpuesta con información de un SIG, y así obtener y realizar sobreposiciones entre coberturas y cálculo de superficies.

## Análisis multitemporal

Las fechas promedias de las imágenes para los períodos analizados corresponden a los años 2006, 2012 y 2017. Con las clasificaciones de los diferentes períodos realizados se procedió a la confrontación de los mismos para determinar los cambios sucedidos en cada periodo de tiempo.

Como resultado se genera la información referente a ganancias y pérdidas de bosque de manglar del Cayo Miskutu.

## Resultados y discusión

La cobertura vegetal de mangle existente en el cayo Miskuta para el año 2006 antes del paso del huracán Félix, era de 98% de la superficie del cayo y solamente un 2% era de mangle muerto, ver tabla 1. Además de presentar cuatro especies de mangles en la zona: 1. Mangle rojo (*Rhizophora mangle*); 2. Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*); 3. Mangle negro (*Avicennia germinans*); 4. Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*).

Tabla 1. Esta tabla muestra las coberturas, superficie y porcentaje correspondiente

Miskuta Cay 2006			
Leyenda	Cobertura 2006	Superficie	
		Has	%
1	Mangle vivo	2,649.51	98%
2	Mangle Muerto	67.55	2 %
Total		2,717.06	100%

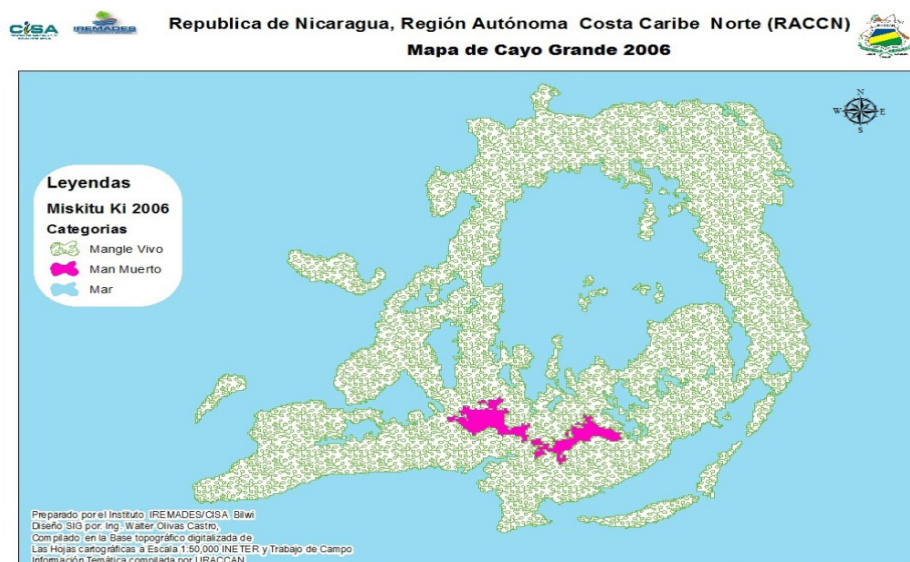


Figura 1. Cobertura manglar Cayo Miskuta 2006.

Este resultado confirma lo planteado por Lamus A. y Figueroa, A. (2005) en la que mencionan la existencia de prácticas de aprovechamiento del bosque de manglar en pie para suplir las necesidades de los pobladores con el crecimiento económico de la pesca” esto antes del paso del huracán Félix.

Con el crecimiento económico de la pesca y la inexistencia de normas de manejo de mangles la posibilidad de un aprovechamiento descontrolado era evidente a como lo afirman los autores citados anteriormente:

El uso maderable del recurso mangle no tiene ningún tipo de manejo y seguimiento, pues tanto las estructuras institucionales regionales y nacionales tienen concentrados sus esfuerzos en los bosques de pinares y Latífoliados, por lo que los ecosistemas del Manglar quedan desprotegidos y con mayor vulnerabilidad por la incapacidad técnica y financiera de las instituciones correspondientes (Ibíd).

Para el 2012, cinco años tras el paso del huracán Félix, el resultado del proceso de análisis espacial refleja una disminución de cobertura boscosa con respecto al 2006 así mismo se observa pérdida suelo. Ver tabla 2.

Tabla 2. Esta tabla muestra las coberturas, superficie y porcentaje correspondiente.

Miskuta Cay 2012			
Leyenda	Cobertura 2007	Superficie	
		Has	%
1	Mangle vivo	887.05	38%
2	Mangle Muerto	1446.84	62%
Total		2,333.89	100%

De la totalidad de mangles, 887.05 Ha de mangle se encontraban vivos con un porcentaje del 38% de los cuales 1,446.84 Ha de mangle estaban muertos, correspondiente a 62% del área, lo que indica claramente la afectación sufrida por el huracán Félix en dicho Cayo. Las especies de mangle que se encontraron en los cayos como resultado de una evaluación rápida fueron el Mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*).

La primera especie está relacionado a la densidad poblacional que presentaba antes de la afectación por el fenómeno natural, y esto lo confirma Lau W. (2005) “La especie de mangle rojo, es la única que presenta regeneración natural establecida, en las diferentes áreas de estudios” además, menciona que “Mangle rojo presenta alta densidad poblacional en su regeneración natural no establecida en los bordes externos, internos y la parte media o central de los Cayos Miskitos, acentuándose en el borde externo.”

Para el caso del mangle blanco su ubicación en el área geográfica pudo haber favorecido a que parte de sus individuos sobrevivieran al fenómeno debido a que se localizaba en zonas más elevadas con presencia de materia orgánica, fue localizado en la parte medio y central del cayo y posiblemente su densidad poblacional era bastante alta antes del paso del huracán que de acuerdo a Lau,W(2005) menciona que “, la cantidad de árboles de mangle blanco por hectárea varía entre 300 y 400, encontrándose en el borde interno la mayor cantidad de árboles por hectárea,”

Lo que concuerda con el mapa de cobertura del 2012, en donde se observa establecimiento de mangle en sus bordes externo y parte interna después del paso del huracán.

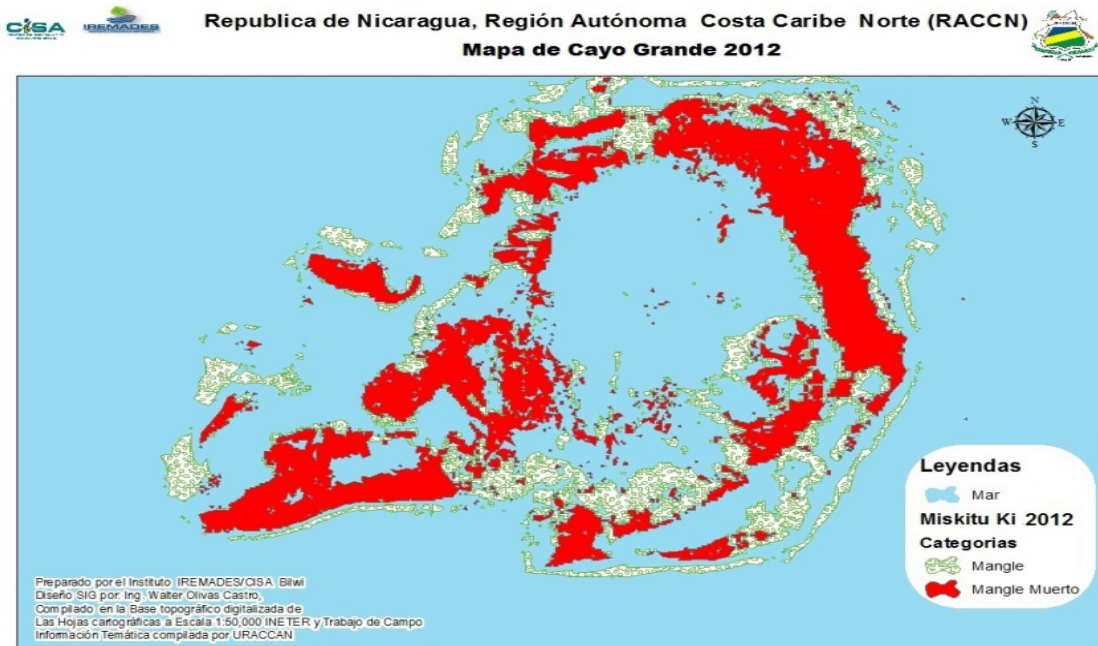


Figura 2. Cobertura manglar 2012.

Para el 2017, cinco años después de haber realizado la primera evaluación tras el paso del huracán Félix, nos encontramos con los siguientes resultados, existe una regeneración de cobertura de mangle de un 68% visualizando mayor densidad de follaje en el noroeste y sureste del cayo. Ver figura 3.

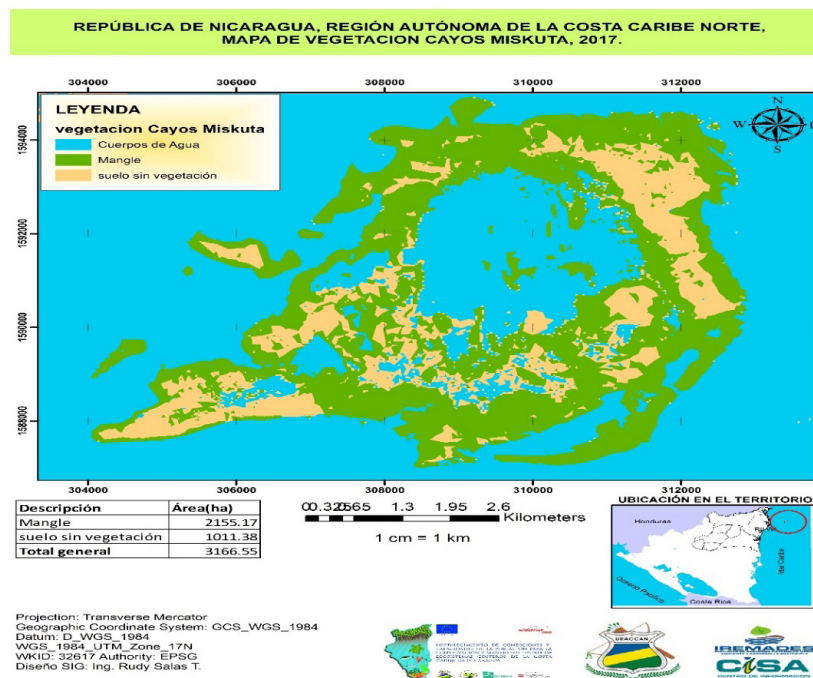


Figura 3. Cobertura manglar 2017.

De acuerdo al diagnóstico realizado en el 2018 por Guadamuz, N. y Bloomfield, M. (2018) identificaron la presencia de cuatro especies de mangle en el Cayo Miskutu: 1. Mangle rojo (*Rhizophora mangle*); 2. Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*); 3. Mangle negro (*Avicennia germinans*); 4. Mangle botoncillo o falso mangle (*Conocarpus erectus*), este resultado puede estar relacionado a pequeños individuos de la regeneración de las especies *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, lograron sobrevivir al fenómeno natural y que

al estar expuesto a luz solar después de la extracción y aprovechamiento de los árboles tumbados se desarrollaron hasta llegar a ser visibles.

## Análisis de cambios del 2006 – 2017

Tabla 4. Cambios y ganancias de la cobertura manglar durante el periodo.

No	Categoría	Cobertura	2006		2012		Diferencia	2017		Diferencia
			Ha	%	Ha	%		Ha	%	
1	Bosque	Manglar	2,649.51	98%	887.05	38%	-1762.46	2155.17	68%	+1268.12

Durante el período los datos del análisis espacial muestran que efectivamente hubo una gran pérdida de cobertura manglar tras seis años del paso del huracán Félix, este devastador fenómeno logro reducir un 66 por ciento de la cobertura manglar. Por otro lado, tras un periodo de cinco años después del primer análisis, podemos observar resultados positivos para la biodiversidad del Cayo miskuta, los datos arrojados tras el análisis espacial muestran que durante ese periodo se logra obtener una regeneración en cuanto a la cobertura se refiere.

En resumen, el trabajo permitió demostrar la existencia de una regeneración del mangle del Cayo Miskutu, la interpretación de imágenes satelitales permitió elevar el nivel de detalle temático.

Podemos decir que el huracán Félix ha sido el fenómeno que mayor daño le ha causado a la cobertura manglar del Cayo Miskutu, por otro lado, se ha observado la existencia de un proceso de regeneración de la cobertura manglar del Cayo Miskutu de la reserva biológica de Cayos miskitos a partir del 2013, es un proceso de regeneración gradual y que dio lugar a la aparición de las especies identificadas en el 2005; sin embargo, también se identificó en el campo la presencia de prácticas agrícolas y tala de árboles, por lo que es necesario la regulación del uso del manglar para lograr una regeneración aproximada a la del 2005. Por lo tanto, es necesario identificar alternativas de desarrollo que sean relevantes para el área y que sean visibles desde un punto de socioeconómico.

## Agradecimiento

Esta publicación obtuvo el financiamiento del Proyecto Ecosistemas Costeros, auspiciado por: Unión Europea, Dka Austria, Cooperación Austriaca para el Desarrollo y Horizont3000.

## Lista de referencia

- Asamblea de Nicaragua (1991). *Declaración de la reserva biológica marina "Cayos Miskitus y franja costera inmediata"*. Recuperado el 27 de Octubre de 2014, de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28\\$All%29/060B2DC3E3E72D70062570A10057D912?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28$All%29/060B2DC3E3E72D70062570A10057D912?OpenDocument)
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio*. 3<sup>o</sup> ed. Ed. Ariel Ciencia. Barcelona, España.
- Figuerola, L. y. (2005). *Uso y manejo del bosque de manglar insular de Bilwi*.
- Guadamuz, N y Bloomfield, M. (2018). *Diagnóstico de la Vegetación del Cayo Miskuta a 10 años del huracán Félix*.
- INGTELSIG. (2008). *Análisis multitemporal aplicando imágenes satélite para la cuantificación de los cambios de uso de la Tierra*. Managua.
- Lemus, F. (2005). *Uso y manejo del bosque de manglar insular de Cayos Miskitos*. Bilwi.
- Mairena, D. (2013). *Plan de manejo Cayos Miskitus*. Bilwi.