

# Identificación de Humedales en Puerto Rico utilizando Imágenes Multiespectrales

LOLA XIOMARA BAUTISTA ROZO

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadores  
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez  
P.O Box 5328, Mayagüez PR 00681  
e-mail : lola.bautista@ece.uprm.edu

**ABSTRACT.** Los humedales son áreas cuyos suelos están saturados con agua durante toda la parte del tiempo y que alberga plantas características de suelos hidricos. Son excelentes filtros biológicos y reducen el movimiento de nutrientes hacia el mar. En Puerto Rico se observan humedales en áreas de mangle, en las montañas donde la topografía es alta y en las tierras bajas de la isla. En este trabajo se buscaba identificar los principales humedales de la isla utilizando la información suministrada por las imágenes del satélite IKONOS y usando ENVI para el procesamiento de las imágenes. El procesamiento consistió de dos fases: en la primera se ejecutó la herramienta de clasificación el árbol de decisión suministrada por el software, y en la segunda, se utilizó clasificación supervisada con el algoritmo de Distancia Mahalanobis. Se analizaron 14 imágenes correspondientes a las zonas costeras de la isla, sin embargo, las mayores dificultades se presentaron debido a que el conjunto de imágenes no contiene los metadatos asociados con la fecha y hora de toma, a la frecuente presencia de nubes y a la carencia de datos de campo tales como reflectancias de la vegetación de las áreas cercanas a los humedales.

**KEYWORDS.** Humedales, NDVI, Distancia Mahalanobis, Arbol de Decisión, IKONOS.

## INTRODUCTION

Los humedales son áreas de transición entre sistemas acuáticos y terrestres frecuentemente inundadas o saturadas de aguas superficiales o subterráneas, durante un periodo de tiempo suficiente como para que crezca un tipo de vegetación especialmente adaptada a vivir en estas condiciones (vegetación hidrofítica).

Hay tres parámetros básicos que ayudan a identificar un humedal: el suelo, la hidrología y la vegetación. El suelo se compone primordialmente de sedimentos anaeróbicos y dependen del nivel de inundación y saturación del agua. La hidrología es esencial y varía en tiempo y en espacio, dependiendo de la precipitación,

proximidad a las costa y las mareas. La vegetación es quizás el indicador mas utilizado, especialmente en el Caribe, para caracterizar un humedal.

En Puerto Rico se han reconocido hasta siete tipos diferentes de humedales: 1) Acuático Marino. 2) Planicies costeras de agua salada. 3) Ciénagas de agua salada. 4) Pantanos de agua salada o manglares. 5) Acuático de agua dulce. 6) Ciénagas de agua dulce. 7) Pantano de agua dulce.

Poseer información sobre la existencia y características de estos ecosistemas ha tomado gran importancia en el proceso de desarrollo y planeación de diversos países. Recientemente, se ha incrementado el uso

de imágenes satelitales para realizar estudios ambientales, ya que éstas proporcionan mayores ventajas que las fotografías aéreas, ya que se dispone de una mejor resolución para mejorar la interpretación y por lo tanto, mayor área de cobertura. Es por esto que el gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico en el año de 2002 compró a la empresa Space Imaging un conjunto de imágenes del satélite IKONOS que abarcan las 3,515 millas cuadradas de la isla, lo cual le proporciona información detallada de su geografía, además que permite la actualización de mapas obsoletos e imprecisos.

El trabajo que se describe a continuación tenía como objetivo la identificación de los principales humedales de la isla y de ser posible, asignarlos a alguna de las siete clases de humedales mencionadas anteriormente. También se buscaba establecer una metodología para la identificación de humedales a partir de estas imágenes utilizando las herramientas proporcionadas por el software ENVI.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREAS DE ESTUDIO

Las áreas de estudio que se escogieron fueron las zonas costeras de la isla, las cuales, como se muestra en la Figura 9, son las áreas donde se encuentran los principales humedales. Esta imagen fue adquirida de la página electrónica de *U.S. Fish and Wildlife Service*, la cual se tomó como referencia para escoger directamente los archivos de imágenes de IKONOS que tendrían que ser analizados.

### IMÁGENES IKONOS

IKONOS es el primer satélite comercial que proporciona imágenes pancromáticas a una

resolución de 1 metro e imágenes multiespectrales a 4 metros. Las imágenes multiespectrales comprenden las tres regiones del visible y una del infrarrojo (Tabla 1). Los datos son recolectados a una resolución radiométrica de 11 bits.

Tabla 1  
Características de los datos adquiridos por el sensor de IKONOS

Banda	Longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )	Resolución espacial
1 – Azul	445-516	4
2 – Verde	506-595	4
3 – Rojo	632-698	4
4 – Infrarrojo cercano	757-853	4
Pancromática	450-900	1

La manera como están organizados los archivos de las imágenes utilizadas se muestran en la Figura 10.

### PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES

Para el procesamiento de las imágenes se utilizó ENVI 4.1. Dado que los archivos no contaban con los metadatos de fecha y hora de adquisición, a todas las imágenes se les realizó "Dark subtraction", herramienta del software que hace aproximadamente una corrección atmosférica.

Para la clasificación de las áreas de agua con vegetación circundante se ensayaron dos procedimientos. El primero consistió en calcular el índice de vegetación (NDVI) y luego clasificar las áreas por medio de un árbol de decisión. En la Tabla 2 se pueden observar los rangos de valores característicos de NDVI de los píxeles escogidos para la clasificación.

Como se puede notar, los valores de las clases que no corresponden a vegetación se

solapan entre sí, lo que no permite agruparlos en diferentes clases, por lo que solo se pudo construir dos clases para los valores de vegetación densa y vegetación de charcas y cultivos. Con dichos valores se construyó el árbol de clasificación que posee ENVI (Figura 1).

Tabla 2  
Valores de NDVI

Clase	Rango NDVI
Mar	-0.7616 a -0.2028
Playa	-0.3558 a -0.2096
Techos zinc	-0.1222 a -0.0169
Cemento	-0.3077 a -0.1848
Asfalto	-0.3434 a -0.1977
Arena	-0.5551 a -0.0845
Agua charcas	-0.1103 a 0.0104
Ríos	-0.4668 a -0.3078
Vegetación densa	0.4476 a 0.8867
Vegetación charcas	0.4164 a 0.6228

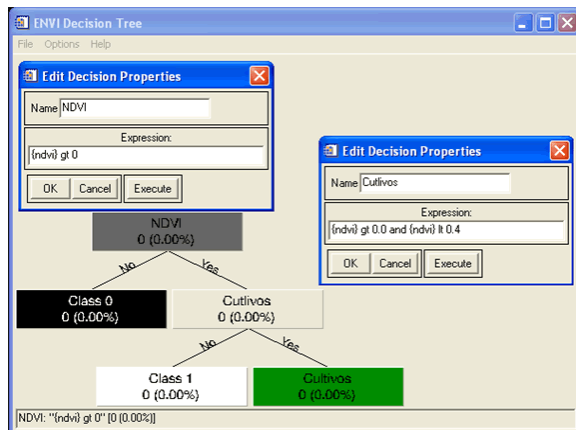


Figura 1. Árbol de Decisión en ENVI

La Figura 2 muestra la imagen en color falso que corresponde al área suroeste del municipio de Aguadilla y en la Figura 3 se muestra el resultado de la ejecución del árbol de decisión.



Figura 2. Imagen en color falso del suroeste del municipio de Aguadilla



Figura 3. Resultado de la ejecución del árbol de decisión.

Las áreas en color blanco corresponden a valores de NDVI mayores de 0.4, en color verde los valores entre 0 y 0.4, y en color negro los valores por debajo de 0.

Como esta representación no dice mucho acerca de dónde se encuentran los cuerpos

de agua rodeados de vegetación, se planeó otro procedimiento en el que se utilizó el método de clasificación supervisada de Distancia Mahalanobis y se aplicaron máscaras para dejar solamente las clases que correspondían a agua y vegetación.

La Figura 4 muestra la clasificación resultante del algoritmo sobre la misma imagen. Hay que aclarar que el agua de mar se tomó en una clase por separado a la del agua de los cuerpos de agua rodeados de vegetación (en azul).

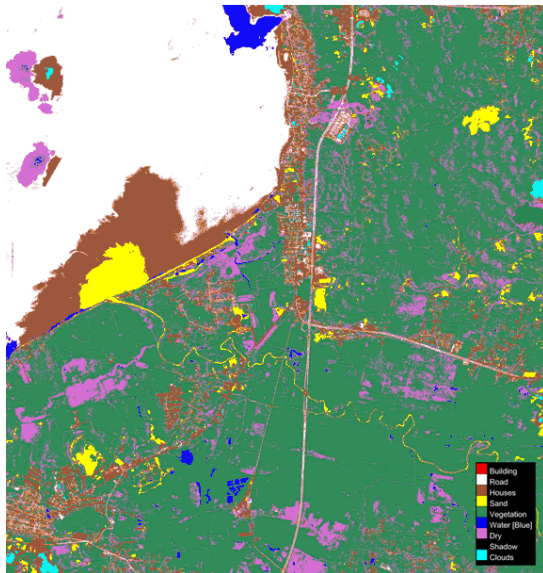


Figura 4. Distancia Mahalanobis

En la Figura 5 se ve el resultado de aplicar la máscara para distinguir los cuerpos de agua (en azul) y de vegetación (en verde).

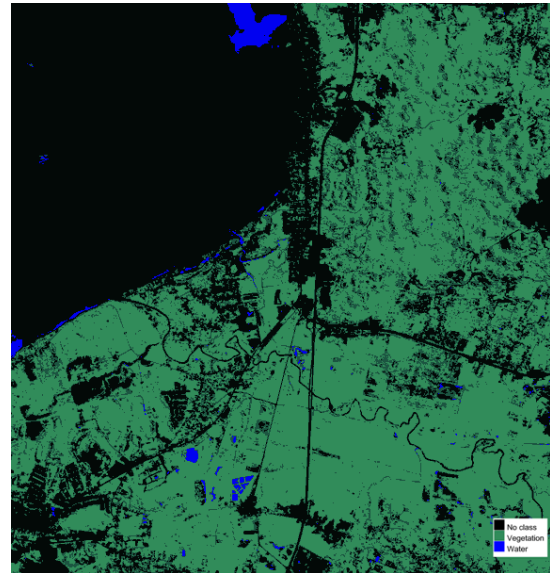


Figura 5. Imagen clasificada con máscara

Una de las primeras dificultades que se encontraron fue la similitud de algunas regiones de las imágenes, lo cual no permitía hacer una adecuada clasificación. Por esto, en algunas imágenes aparecen más clases que en otras. Por ejemplo, en la Figura 6 se ve la imagen clasificada de la región noreste del municipio de Río Grande.

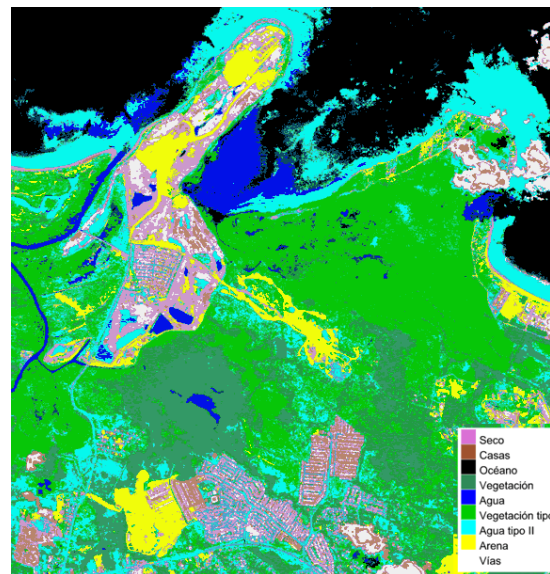


Figura 6. Imagen en color falso del noreste del municipio de Río Grande.

Como se puede apreciar, fue necesario determinar tres tipos de agua: Océano (negro), agua tipo I (azul) y agua tipo II (cyan), esta última se mezcló con la clase que correspondía a vías (blanco). Así mismo, fue necesario establecer dos tipos de vegetación (verde oscuro y verde claro). Con esta clasificación fue posible construir la máscara y obtener la imagen de la Figura 7.

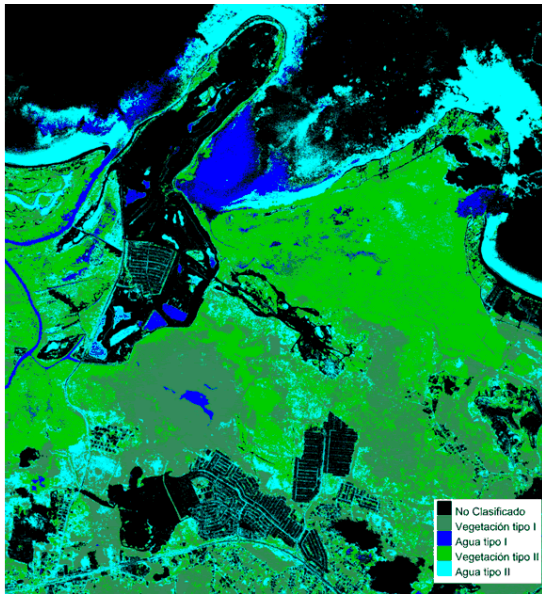


Figura 7. Imagen enmascarada del noreste del municipio de Río Grande

La otra dificultad que también se tuvo fue la relacionada con la presencia de nubes de algunas imágenes, como es el caso de Figura 8 que muestra el oeste del municipio de Mayagüez, en el que se esperaba encontrar el Caño de La Boquilla, uno de los mas grandes del área.

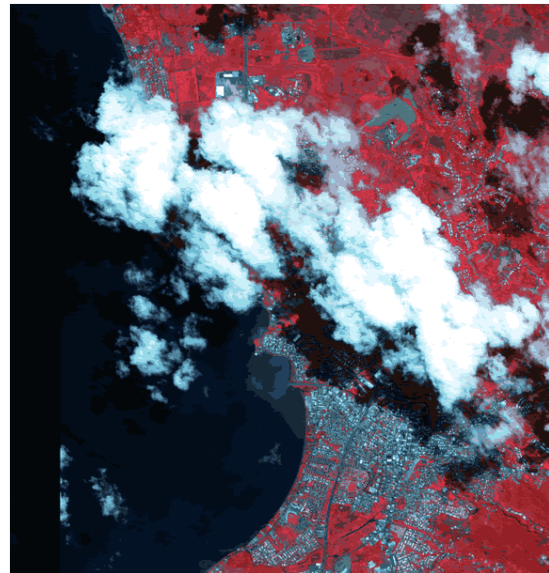


Figura 8. Imagen en color falso del municipio de Mayagüez

Aunque uno de los objetivos del trabajo era relacionar los humedales detectados con alguna de las clases vistas anteriormente, esto no fue posible debido a que primero, no se cuenta con datos de campo que permitan corroborar la posición geográfica de lo detectado después del procesamiento de las imágenes; segundo, tampoco se cuenta con mediciones espectrales de la vegetación de las áreas de interés que también hubieran facilitado mejor la clasificación entre los diferentes tipos de vegetación, y tercero, porque aunque el sensor tiene excelente resolución espacial, la resolución espectral es muy baja, es decir, las bandas son muy anchas.

## CONCLUSIONES

En total se analizaron 14 imágenes, de las zonas costeras de la isla. En la mayoría de ellas se notó que la extensión de los humedales no es la misma como en la que se muestra en el mapa de USGS, de lo que se infiere que probablemente los datos con los que fue construido dicho mapa no están

actualizados. También se vió que la zona urbana se ha extendido progresivamente, quitándole terreno a dichos ecosistemas, provocando un fuerte impacto ambiental en estas áreas.

En cuanto al procesamiento de las imágenes, se obtuvieron mejores resultados con la clasificación supervisada de Distancia Mahalanobis.

A manera de sugerencia, si se llegara a hacer un exhaustivo estudio de estas áreas, debe tenerse en cuenta en hacer un estudio de campo preliminar para hacer recolección de mediciones espectrales de la vegetación y el agua de estos ecosistemas, así como contar con imágenes de otros sensores que tengan mejor resolución espectral.

#### REFERENCIAS

Goetz, S.J. 2003. Wright, R. K. IKONOS imagery for resource management: Tree cover, impervious surfaces, and riparian buffer analyses in the mid-Atlantic region. *Remote Sensing of Environment*. 88(2003) 195-208.

Space Imaging.  
[http://www.spaceimaging.com/whitepapers\\_pdfs/2003/Applications%20of%20IKONOS%20Imagery-ASPRS%202003.pdf](http://www.spaceimaging.com/whitepapers_pdfs/2003/Applications%20of%20IKONOS%20Imagery-ASPRS%202003.pdf)

GeoImage.  
[http://www.geoimage.com.au/geoweb/pdfs/flyers/IKONOS\\_applications.pdf](http://www.geoimage.com.au/geoweb/pdfs/flyers/IKONOS_applications.pdf)

InfoTerra-Global. <http://www.infoterra-global.com/ikonos.htm>

U.S. Fish and WildLife Service.  
[http://wetlandsfws.er.usgs.gov/imf/imf.jsp?site=NWI\\_PRVI](http://wetlandsfws.er.usgs.gov/imf/imf.jsp?site=NWI_PRVI)

ENVI Tutorials. RSI Research Systems Inc. September, 2004 Edition.

# Mapa Índice

## Cuadrángulos Topográficos, Imágenes IKONOS, Mapas CRIM

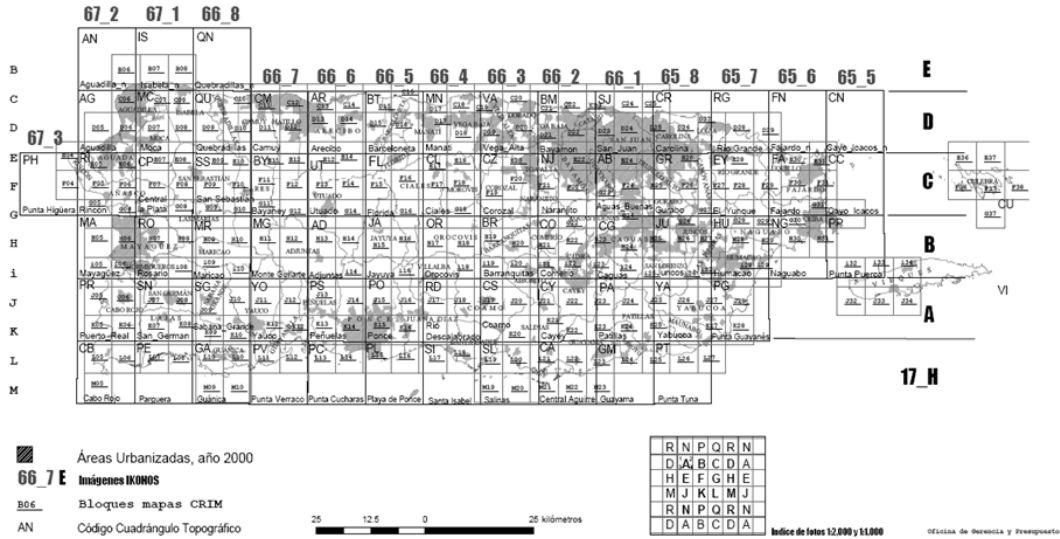


Figura 9. Mapa de cuadrángulos de IKONOS

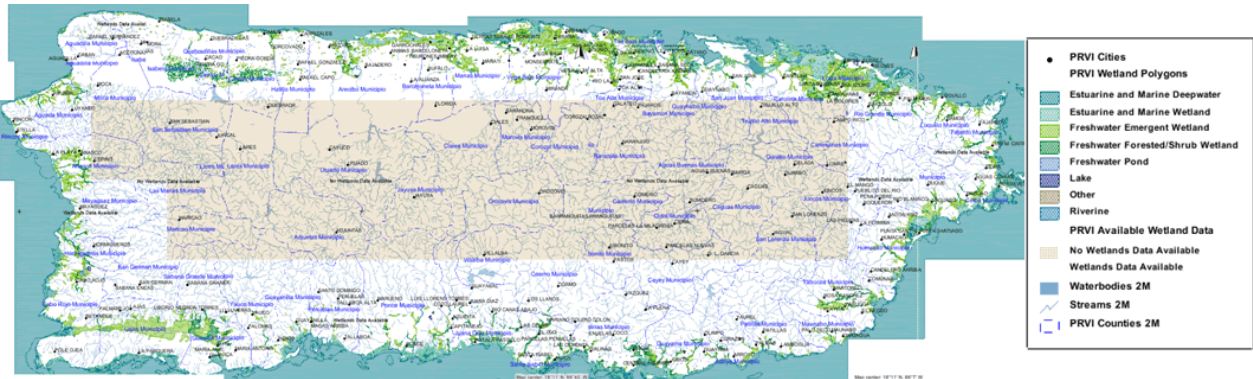


Figura 10. Mapa de localización de humedales en Puerto Rico