

Efectos de la Sedimentación en el Muelle de Arecibo

Manuel Aguiar Reyes, Yadira Soto Viruet, y José Martínez Colón
Departamento de Geología, Universidad de Puerto Rico en Mayagüez

Resumen

Durante años el muelle de Arecibo ha presentado problemas con la sedimentación del área, estos han afectado tanto a la geomorfología de la playa como a los residentes y visitantes del área. Por esta razón utilizaremos la Percepción Remota para medir la sedimentación en el muelle. Utilizamos imágenes obtenidas del sensor IKONOS de un metro de resolución. Con el programa ENVI 4.2 procesamos dichas imágenes, para llevar a cabo clasificaciones supervisadas y no supervisadas, para así entender como las estructuras construidas por el hombre afectan la geomorfología de la costa. Como parte de esta investigación encontramos que la playa tiene una tendencia erosiva al suroeste del rompeolas y en el norte una acreción. La cantidad de sedimentos que se depositan traída de los diferentes tributarios, por consecuencia, impide el paso a la marina ubicada en esa área.

Introducción

La construcción de un rompeolas de 350 metros de longitud paralelo al muelle, está localizado en el sector Jareales en Arecibo. Junto con el dragado requerido para facilitar el acceso de las embarcaciones, estas

construcciones crearon una concentración de sedimentos provenientes del Río de Arecibo. Este tipo de intervenciones antropogénicas y otras que afectan indirectamente sobre la playa, como la construcción de la represa Dos Bocas se combinan con

condiciones naturales para afectar grandemente las características de la costa (Figura 1). Al mismo tiempo una acumulación excesiva de sedimentos en la salida del caño y las tendencias erosivas, como las presentes en el caño, se deben al efecto del rompeolas y jetties.



Figura 1. Foto área del muelle de Arecibo

Otro factor que provoca una retención progresiva de sedimentos en la parte alta del Río Arecibo es la represa del Lago Dos Bocas de Utuado. Esta ha perdido un 52% de la capacidad que poseía al momento de su construcción debido a la acumulación de sedimentos. Fenómenos naturales tales como los huracanes e inundaciones contribuyen a la erosión, deposición de sedimentos y la

posibilidad de que ocurran macro deslizamientos dentro de la plataforma insular, los cuales a su vez pueden generar tsunamis.

Objetivos

El foco de esta investigación es la aplicación de Percepción Remota para analizar la sedimentación en el muelle de Arecibo. Además procesar imágenes obtenidas por el sensor IKONOS con el programa ENVI 4.2 y utilizando los resultados obtenidos determinar cómo las estructuras construidas por el hombre afectan la geomorfología de la costa.

Localización

El área de estudio está localizada al norte de Puerto Rico en el pueblo de Arecibo, específicamente en la Playa Jareales.

Sus coordenadas son 18° 28' 39 43 N, 66° 42' 00 42 12' W (Figura 2).

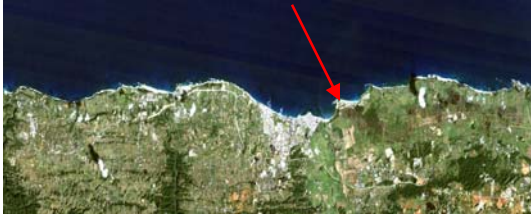


Figura 2. Localización del muelle de Arecibo, Imagen TM 30m.

Trabajos Anteriores

En el artículo, *Efectos de estructuras construidas por el hombre sobre tramos de la costa al norte, oeste y sur de Puerto Rico* por Juan Felipe Gómez Velásquez (2003), se usaron imágenes del sensor IKONOS. Las imágenes del sensor IKONOS resultan ser muy eficientes para determinar el movimiento de los sedimentos y la erosión, ya que este tiene una resolución espacial de 1 metro. También este sensor tiene cuatro bandas las cuales incluyen los colores visibles, un pancromático y un infrarrojo el cual nos permite diferenciar entre distintos tipos de sedimentos. En este artículo se toma en consideración la intervención del ser

humano y los efectos causados por este. Con respecto a la sedimentación de ríos, este artículo señala de que manera pueden influir las actividades antropogénicas sobre el desarrollo de la playa. Publicaciones sirven de guía para aprender como trabajar con nuestro medio ambiente sin intervenir con sus procesos naturales. Estas intervenciones antropogénicas pueden ser perjudiciales tanto para el medio ambiente como para nosotros.

Metodología

Como parte de este estudio se utilizaron imágenes del sensor IKONOS de un metro de resolución, blanco y negro (pancromático), 4 metros multiespectral (rojo, azul, verde e infrarrojo cercano), estas imágenes están disponibles en formato 8 bit o en 11 bit. La imagen es un mosaico de varias imágenes y fue provista por el Dr. Fernando Gilbes Santaella. Las características de ese

sensor son: 1600 libras de peso, 98 minutos de tiempo de orbita alrededor de la tierra a una altitud 680 kilómetros o 423 millas. Sincronizado con la orbita del sol pasa diariamente a una longitud dada a la hora local (10:30 A.M.).

Rango Espectral

1-metro blanco y negro

(pancromático)

0.45 - 0.90 nm.

4-metros multispectral

Azul: 0.45 - 0.52 nm

Verde: 0.51 - 0.60 nm

Rojo: 0.63 - 0.70nm

Infrarrojo Cercano: 0.76 - 0.85 nm

Utilizando el programa ENVI y los conocimientos adquiridos tanto en la clase como en el laboratorio, desarrollamos un trabajo donde se utiliza varios métodos para procesar una sola imagen. Se trabajo realizando imágenes desde color gris hasta combinar las

bandas para crear una imagen de color falso. Luego de creadas las imágenes se guardaron en formato *jpeg*, ya que son más accesibles para el manejo en otros programas. Se llevaron a cabo dos procedimientos importantes que se deben manejar; la clasificación supervisada y la no supervisada, cada una con una importancia muy particular. Por ejemplo, en la supervisada el analista tiene control de las categorías y las características, mientras que cuando es una clasificación no supervisada se minimiza el error humano.

Se desplegó la imagen IKONOS del Norte de Puerto Rico, específicamente el muelle de Arecibo. En el programa ENVI 4.2 se desarrollaron 3 imágenes: la primera en color gris con la banda # 3 de color rojo (600nm) (Imagen 3).

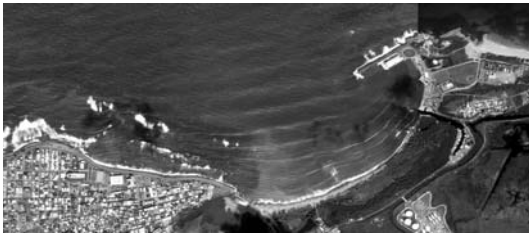


Figura 3. Subset muelle de Arecibo de color gris, 1m resolución

La segunda en color real donde se desplegó en la opción RGB y se le asignó a cada color una banda; en este caso al rojo la banda #3 (660nm), al verde la banda #2 (560nm), y a la azul la banda #1 (480nm) y en ese momento se desplegó la imagen de color verdadero (Imagen 4).



Figura 4. Subset muelle de Arecibo color verdadero, 1m

La tercera imagen es la de color falso, se escogió la opción de RGB, pero se asignó las bandas preferidas; en este caso la banda # 4 para el rojo, la #2 para el verde y #1 para la azul, entonces se generó una imagen de color falso

(Imagen 5). En esta imagen se pueden observar los sedimentos suspendidos provenientes de los ríos.

Todas estas imágenes se guardaron en formato *jpeg*. El procedimiento para crear las imágenes en este formato es el siguiente: en la barra principal se va a “Options”, “Save image as” y luego se escoge el formato deseado (en este caso *jpeg*). De este modo la imagen se puede guardar en un formato que los programas comunes puedan reconocer.

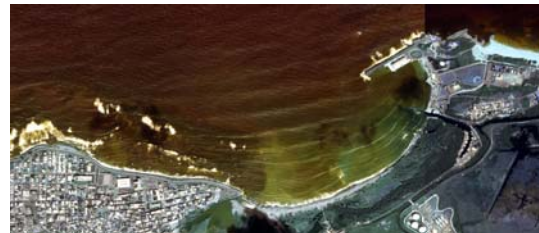


Figura 5. Subset muelle de Arecibo color verdadero, 1m

La Clasificación no supervisada

La clasificación no supervisada consiste en la identificación natural de los grupos o estructuras sin data multiespectral. Cuando se realiza una

clasificación no supervisada se busca en el menú principal “options”, “unsupervised” y luego tienes dos métodos para realizar “K-means” e “IsoData”. Cuando se escoge “IsoData” se mantienen los parámetros de “default” y el analista selecciona donde se quiere guardar y en que formato, en este caso *jpeg*. (Figura 6).

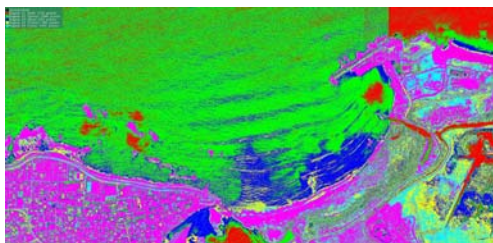


Figura 6. Clasificación no supervisada Isodata

En la segunda parte, se realiza una clasificación “K-means”, en donde se especifican 10 clases y 2 interacciones, la imagen resultante se guarda en el formato *jpeg* (Figura 7).

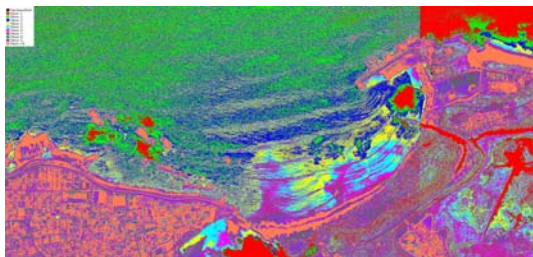


Figura 7. Clasificación no supervisada K-means

Todo método realizado va a tener una leyenda. Para hacer una leyenda tenemos que ir al menú principal, a “annotation” y esta te da la opción de leyenda. Escoges en donde quieres que aparezca la leyenda en: el “zoom”, el “scroll” o en la imagen. Una vez seleccionado la de mejor conveniencia, se procede a darle forma a la leyenda. Por ejemplo, se pueden cambiar: el color, las letras, la ubicación, etc. Cuando ya se realizaron todos los cambios se da un “right -clic”, la leyenda queda pegada a la imagen (como parte permanente de la misma) y se procede a guardar la imagen final obtenida.

Clasificación Supervisada

La clasificación supervisada es donde el analista interviene en la clasificación y escoge lugares de entrenamiento y los caracteriza para que el programa realice la clasificación

completa. Estos lugares deben escogerse muy bien porque el programa se puede confundir; se recomienda que se tomen áreas lejanas a los bordes. Para comenzar este procedimiento se desplegó una imagen de color verdadero, se escogieron unas regiones de interés. Para escoger Regiones de Interés (ROI) vamos a regiones de interés en el menú principal. Se escogieron las regiones y se les asignaron nombres. Para este trabajo se escogió la opción de puntos, ya que es mucho más precisa en áreas más pequeñas. Se presentaron tres pantallas (Scroll, Zoom y Image) de las cuales se escogió la de mejor conveniencia. Las regiones de interés en nuestra imagen fueron: arena, estructuras paralelas a la costa, estructuras perpendiculares a la costa, sedimentos suspendidos y ríos; esto comprende en total 5 clases. Procedimos a realizar dos imágenes una de “Minimum Distance” (Figura 7) y una de “Maximum

Likelihood” (Figura 8); estas dos opciones aparecen en el menú principal bajo clasificación supervisada.

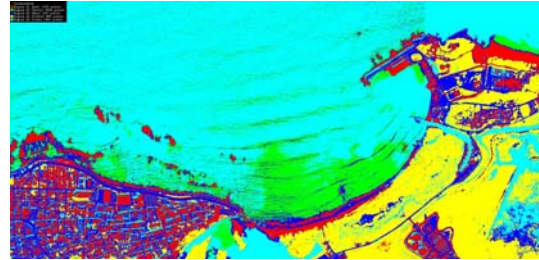


Figura 7. Clasificación supervisada “Minimum Distance”

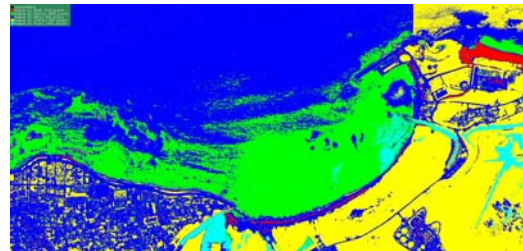


Figura 8. Clasificación supervisada “Maximum Likelihood”

Resultados y Discusión

En resumen, utilizando ENVI 4.2 se realizaron varias imágenes que nos llevaron a asignar bandas a los colores. Se compararon los diferentes resultados producto de las corridas del programa.

En la clasificación no supervisada el mismo programa hace una clasificación automática. El analista

no interviene en el procedimiento, además que minimiza el error que pueda cometer el analista, por que se establecen clases únicas. Las desventajas de este procedimiento son: que no se tiene control sobre la clasificación y se clasifican clases en las que no estamos interesados. En la imagen de IsoData (subset de la imagen completa) el programa asignó clases donde no hizo la distinción entre algunos objetos; aunque sí hizo la distinción entre los sedimentos suspendidos. En el segundo método usamos K-means, donde se utilizaron a su vez 10 clases. En este caso se puede apreciar mejor los sedimentos suspendidos y la arena de la costa, y como cambia la concentración de los sedimentos suspendidos. Además se puede distinguir entre el océano y de los cuerpos de agua. Cuando utilizamos la clasificación no supervisada, como IsoData, se depende de los cálculos que el programa haga, cuando se utiliza K-

jeans depende de cuantas clases escojamos. En este caso K- jeans resulto ser mas efectivo en una clasificación no supervisada.

En las clasificaciones supervisadas, uno como analista tiene control de las categorías y las características. Se utiliza lo que se llama zonas de entrenamiento, donde los puntos no deben estar pegados a los bordes para no confundir al programa. En esta clasificación el, en el Minimum Distance se puede apreciar en la imagen las clases que se escogieron. Esta no tiene un error significativo en la mezcla de clases, como en el caso de la no supervisada. En la Maximum Likelihood tiene un problema similar, se pueden apreciar mejor los sedimentos suspendidos y se puede distinguir mejor entre clases. En el caso de los sedimentos suspendidos, el programa no hace distinción en la concentración de estos. En comparación, el método

“Maximum Likelihood” realizó una clasificación mejor que “Minimum Distance”.

Ambas clasificaciones, la no supervisada y la supervisada, son excelentes pero esto tiene que depender de la aplicación que se le da a la imagen. No se puede decir que una es mejor que la otra por que las dos varían según la aplicación que se le quiera dar. En este caso la clasificación supervisada es más favorable, además el analista puede intervenir en la clasificación y obviar los lugares que no son de interés. Es importante resaltar que siempre se cometen errores en la clasificación, tanto el programa como el analista comete errores al escoger las regiones. Aunque entendemos que la ventaja de la clasificación no supervisada es que el programa lo hace todo y se ahorra más tiempo.

Gracias al procesamiento de la imagen y a la información adquirida por

trabajos anteriores se puede concluir que la playa de Jareales puede llegar a sufrir grandes cambios a corto plazo. Ejemplo de esto son variaciones en la pendiente de la playa y distribución de la energía del oleaje. La instalación que más se destaca es la de un par de jetties colocados a cada uno de los costados de la salida del caño, con el fin de facilitar el acceso a una marina. Como consecuencia la playa al suroeste del rompeolas tiene una tendencia erosiva y en el norte una acreción.



Figura 9. Entrada de la marina, dos “jetties” perpendiculares a la costa.

La cantidad de sedimentos que se deposita traída de los diferentes tributarios impide el paso a la marina ubicada en esa área. Las estructuras ubicadas perpendiculares a la playa

afectan tanto a la geomorfología de la costa como al ser humano. Ya que el ser humano ha construido estructuras, como casas e edificios, estas con el paso del tiempo se verán afectadas y serán destruidas por la consecuente erosión de la costa.



Figura 10. “Subset” del rompeolas y área de acreción a norte de la playa.

Conclusión

La Percepción Remota y el programa ENVI nos provee una herramienta que nos ayuda a estudiar un objeto sin tener contacto con el y además utilizar sus características espectrales. En nuestro estudio fue una herramienta importante para obtener datos precisos de la sedimentación del Muelle de

Arecibo. Cómo las estructuras construidas por el hombre y otras actividades antropogénicas afectan la geomorfología de la costa. Además utilizando los datos obtenidos se puede contribuir a un mejoramiento en el uso y desarrollo de la costa. Se pueden proveer soluciones y sugerencias, tales como evitar las construcciones como los rompeolas y “jetties” en lugares con condiciones similares.

Referencias:

- Gómez, 2003. Efectos de estructuras construidas por el hombre sobre tramos de la costa al norte, oeste y sur de Puerto Rico
- US Army Corps of Engineers. Case Histories of Corps Breakwater and Jetty Structures-