



DESCARGA DE SEDIMENTOS EN EL RÍO GRANDE DE ARECIBO Y RÍO CULEBRINA DE AGUADA ANTES Y DESPUÉS DEL HURACÁN MARÍA

Vianca E. Severino Rivas¹, Ricardo A. Arrufat Pérez²

vianca.severino@upr.edu¹, ricardo.arrufat@upr.edu²

University of Puerto Rico at Mayagüez, Department of Geology

P.O. BOX 9000, Mayagüez, PR 00681

RESUMEN

El huracán María causó una diversidad de cambios en muchos ríos, la vegetación, infraestructura eléctrica y depositó en el océano una gran cantidad de sedimentos. La devastación causada fue mayor provocando deslizamientos de tierra, derribando puentes y carreteras, entre otras fatalidades. Esta investigación estuvo centrada en analizar la diferencia en cantidad de sedimento depositada en dos desembocaduras de ríos. Estos ríos son el Río Grande de Arecibo y el Río Culebrinas de Aguada. Con esta investigación se trató usar el sensor multiespectral OLI/TIRS en el satélite Landsat 8 para identificar la composición del sedimento descargado y hacer una comparación visual de descarga de este antes y después del huracán María.

PALABRAS CLAVES

Remote Sensing, Huella Espectral, "Spectral Angle Mapper (SAM)", Landsat-8, Curva de Reflectancia

INTRODUCCIÓN

Normalmente, con lluvias y ondas tropicales en nuestra región caribeña, los ríos descargan al mar gran cantidad de sedimentos. El 2017 fue una temporada de huracanes altamente peligrosa para Puerto Rico. Nuestra isla se encuentra en la ruta de los huracanes y somos altamente vulnerables a sufrir cualquier daño directamente. Con el paso del huracán María, el pasado 20 de septiembre de 2017, Puerto Rico quedó devastado en el aspecto económico, social, en la agricultura, comercial y natural. Pasados los 2 días luego del huracán, se logra ver la magnitud del daño tras el paso de el mismo. Una de las consecuencias, la cual es el foco de nuestro proyecto, fue la gran cantidad de sedimentos suspendidos en las desembocaduras de los ríos y qué cantidad de ellos fueron descargados al mar. Cuando ocurren fenómenos

atmosféricos de gran intensidad (como lo fue María, huracán de categoría 5) traen gran cantidad de agua en poco tiempo. Si nos concentramos en los ríos, al ocurrir una crecida, estos transportan una gran cantidad de sedimento y a su vez el agua va arrasando con la vegetación con una gran intensidad y fuerza. Los canales de los ríos se van llenando de escombros y sedimentos suspendidos acaparando gran parte del área. Esto a su vez deja poco espacio para que el agua se asiente y ocurre lo que conocemos como el que el río se salga de su cauce. El periódico El Nuevo Día destacó una noticia con relación al huracán María y los cuerpos de agua que lee a continuación: “Es altamente probable que la capacidad de almacenamiento de los embalses se redujo por la sedimentación que recibieron tras el paso del huracán María” validando uno de los tantos

problemas que generó el fenómeno atmosférico.

Los sedimentos que se encuentran en los ríos tienen diferentes tamaños de grano como por ejemplo: arcilla, limo y arena. También pueden haber rocas e incluso vegetación transportada por todo el canal del río. En este proyecto nos enfocamos en ver la cantidad de sedimentos suspendidos descargados al mar por los ríos: Río Grande de Arecibo en Arecibo y Río Culebrinas en Aguada. En la discusión y resultados se presentarán imágenes de antes y después de María en color verdadero (asignándole los colores pertinentes a las bandas de 450 nm, 550 nm y 650 nm) como también la intensidad de sedimentos que fueron descargados por los dos ríos estudiados. También, aparte de poder estudiar la cantidad de sedimentos suspendidos fueron descargados, se utilizó la herramienta

de *Huella Digital* (espectral) para poder comparar los sedimentos y/o minerales con las librerías que contiene el programa ENVI. La firma espectral se “construye” a partir de la señal registrada por los sensores remotos en las diferentes porciones del espectro electromagnético. La pregunta científica formulada era: “¿Se Logrará identificar el tipo y la composición de sedimento usando la herramienta de firma espectral de ENVI con una imagen del sensor multiespectral OLI/TIRS de la plataforma Landsat-8?”.

OBJETIVOS

1. Se determinó el tipo de sensor de donde se seleccionaron las imágenes.
2. Se obtuvieron las imágenes nivel 1 o 2
3. Se procesaron en el programa ENVI para estudiar y observar la

descarga de sedimento en los ríos seleccionados.

4. Se desarrollaron firmas espectrales que nos mostraran las reflectancias de los sedimentos descargados.
5. Luego de los resultados, contestar nuestra pregunta científica validando la hipótesis desarrollada.

METODOLOGÍA

Las imágenes fueron obtenidas de Earth Explorer (NASA/USGS) de la plataforma satelital Landsat-8, utilizando los sensores OLI/TIRS (**Figura 1**). Estas imágenes fueron seleccionadas de Nivel-1 para así poder procesarlas (**Figura 2**). Como nuestro objetivo era ver los sedimentos suspendidos descargados de ambos ríos antes y después de María, las imágenes seleccionadas fueron de las fechas 3 de octubre de 2017 y 17 de septiembre de 2017. Para el

procesamiento de las imágenes se utilizó el programa ENVI y se aplicaron las siguientes herramientas luego de asignarle los colores de color verdadero (azul, verde y rojo) a las bandas 1 (valor más cercano 450 nm), 2 (valor más cercano a 550 nm) y 3 (valor más cercano a 650 nm) respectivamente:

1. Corrección Atmosférica
 - a. Dark subtraction
2. Afinación de Imagen (Image Sharpening)
 - a. NNDiffuse Pan Sharpening

Para poder comenzar a trabajar, nos enfocamos en nuestra área de estudio de Río Grande de Arecibo y Río Culebrinas (**Figura 3**) (**Figura 4**).

Luego de haber procesado las imágenes, se usó la herramienta de huella espectral para poder obtener la curva de reflectancia. Una vez se obtuvieron las curvas, se trató de

comparar los valores con los de los perfiles estándares de minerales, lo cual no funcionó debido a que se necesitaba un sensor hiperespectral para poder hacer uso de la herramienta haciendo comparaciones eficaces de composición **(Figura 5)**. También se hizo una medición de descarga de sedimentos como prueba de método **(Figura 6)**. Se utilizó el archivo de excel del laboratorio de color de océano para añadir los valores digitales de nuestra área de interés **(Esta parte no se utilizó para datos oficiales del proyecto, solamente se utilizó para aspecto visual, experimentación y de ayuda)**.

RESULTADOS

Se utilizó la herramienta de Spectral Angle Mapper para que el programa nos agrupara los sedimentos por la misma composición, esto es agrupar los píxeles que tuviesen el mismo valor **(Figura 7)**. Utilizamos este tipo de clasificación

supervisada y no las estudiadas anteriormente en clase ya que no queríamos clasificar algo que ya sabemos, sino que queríamos saber cómo se agrupaban los sedimentos por composición. En la imagen 7.a podemos ver (no tan claramente), la agrupación de sedimentos en las costas a 3 días antes del huracán María. Cuando el programa nos dio los resultados nos asombramos de la cantidad de sedimentos que estaban dispersos por Puerto Rico luego del huracán María **(Figura 7.b)**. Cuando nos acercamos a nuestra región de estudio en el caso del Río Culebrinas vemos la diferencia drásticamente **(Figura 8)**, pero el más que nos impactó fue el análisis del Río Grande de Arecibo **(Figura 9)**. Luego del huracán María, sí se vieron los daños causados a pequeña escala, pero no comparado a saber la magnitud a gran escala como lo es ver en una imagen satelital todo Puerto Rico

casi deforestado y los plumachos inmensos en las desembocaduras de los ríos. En las figuras 3 y 4 podemos ver los antes y después en nuestra área de estudio y es claramente visible la deforestación que hubo con el paso del huracán.

CONCLUSIÓN

El uso de Remote Sensing en ENVI es una herramienta que nos ha ayudado a entender los procesos que ocurren en la Tierra, incluso un ecosistema entero, sin tener que estudiar la región presencialmente. Durante los años ha ayudado a países, científicos y gobiernos a monitorear y poner al descubierto entes con la manipulación y procesos que esta herramienta nos ofrece. En nuestro proyecto pudimos entender y apreciar cómo cambia la perspectiva de mirar una región físicamente y compararla en imagen satelital con los procedimientos aplicados en ENVI. El

Río grande de Arecibo se salió de su cauce inundando gran parte del pueblo de Arecibo y cargando consigo inmensa cantidad de sedimentos. Con la herramienta ENVI se pudo apreciar los sedimentos agrupados por misma composición que en el aspecto físico (yendo al lugar) no se puede distinguir qué sedimento es cual. Lo mismo pudimos ver con el Río Culebrinas. Trabajando las imágenes satelitales de Landsat-8 se adquirió conocimiento sobre los sensores OLI/TIRS, como manipular imágenes, trabajar con las bandas de los sensores y saber cuál usar de acuerdo al objetivo y propósito de la investigación.

Hicimos un proceso adicional, descrito en la metodología, el cual nos daba una medición de intensidad de sedimentos. Esta parte no se utilizó para datos oficiales del proyecto, solamente se utilizó para aspecto visual,

experimentación y de soporte. Con esto, teníamos una idea más clara de cuánto sedimento suspendido los dos ríos estudiados descargaron.

La herramienta ENVI es un mundo por explorar y con este proyecto sólo trabajamos con una pequeña parte que este programa puede brindar para el entendimiento de nuestro ecosistema. Esperamos poder trabajar con esta herramienta en futuros proyectos donde se pueda descubrir, enseñar y conocer.

RECOMENDACIONES

Uno de los objetivos de este proyecto era desarrollar las huellas espectrales de los sedimentos de ambos ríos. El sensor que se utilizó no tenía las suficientes bandas como para poder ilustrar una firma espectral que se pudiera comparar. Ya que este paso no se pudo ejecutar a totalidad, en un futuro se podría trabajar con un sensor hiperespectral para que la huella digital pueda obtener más valores

y pueda ser comparada. Se trató de comparar nuestras huellas espectrales con las librerías de USGS, pero no fue eficiente.

Se podría ejecutar también, con los valores indicados y referentes a nuestra región de estudio, la cantidad de sedimentos suspendidos (mg/l) ya que esta parte se hizo con los datos del laboratorio de sedimentos suspendidos y son datos no oficiales para nuestra investigación.

IMÁGENES

Tipo de Sensor	Pushbroom
Resolución Espacial	30 m (15 m pan, 100 m thermal)
Rango Espectral	0.43 – 12.51 μm
Número de Bandas	11 (including 2 Thermal Infrared)
Resolución Temporal	16 Dias
Tamaño de Imagen	185 km X 185 km
Resolución Radiométrica	12 bits
Programable?	Si

Figura 1. Descripción del sensor OLI/TIRS de la plataforma satelital Landsat-8.

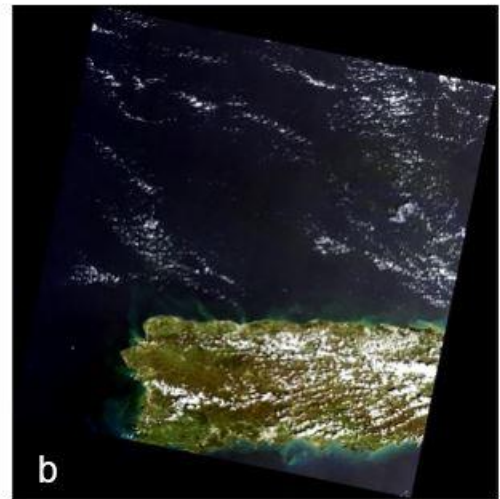
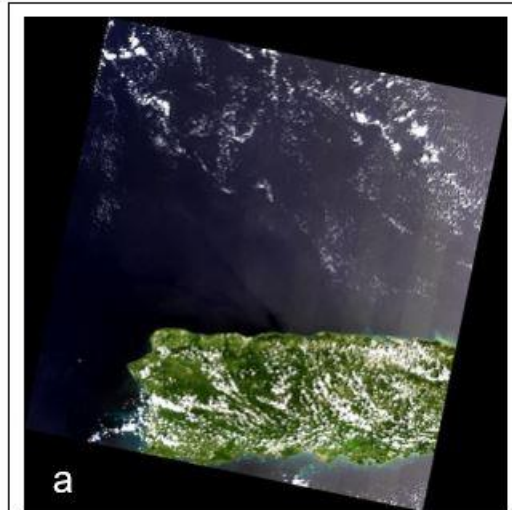


Figure 2. a) Imagen del sensor OLI/TIRS antes de María el 17 de septiembre de 2017. b) Imagen del sensor OLITIRS después de María el 3 de octubre de 2017.



Figure 3. a) Río Grande de Arecibo antes de María b) Río Grande de Arecibo después de María

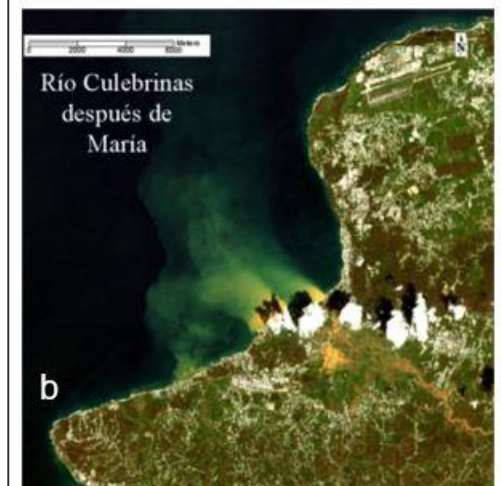


Figure 4. a) Río Culebrinas antes de María el 17 de septiembre de 2017. b) Río Culebrinas después de María el 3 de octubre de 2017.

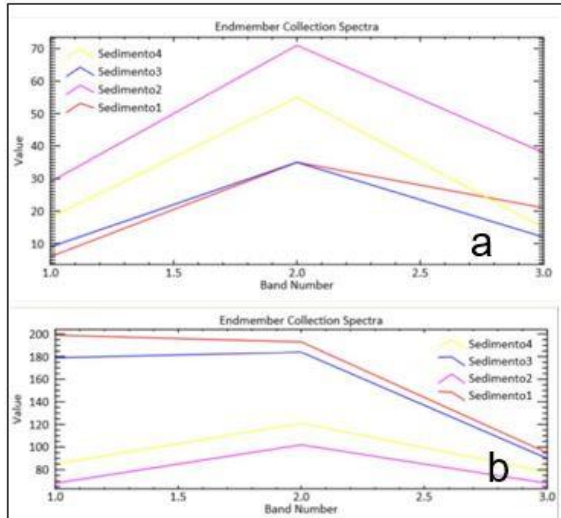


Figure 5. Huella espectral del Río Grande de Arecibo antes de María.

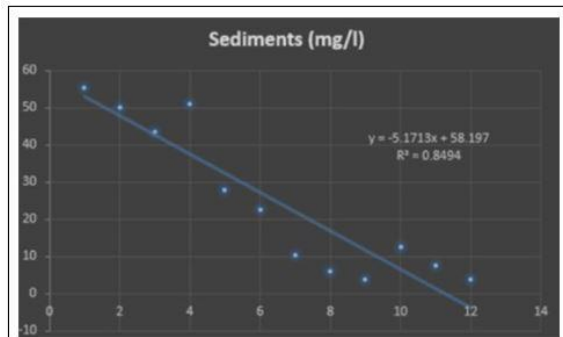


Figure 6. Gráfica de sedimentos suspendidos (No son resultados oficiales para este proyecto)

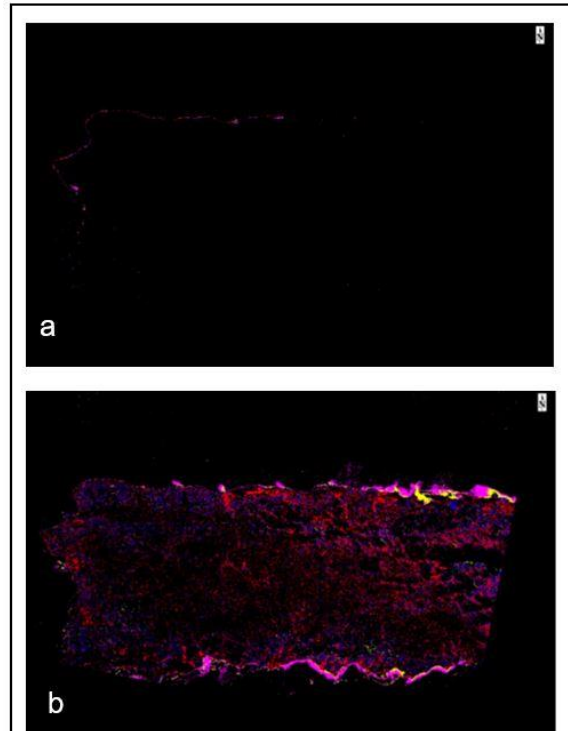


Figura 7. a) Spectral Angle Mapper antes de María el 17 de septiembre de 2017. b) Spectral Angle Mapper después de María el 3 de octubre de 2017.

