

Universidad de Puerto Rico Recinto de Universitario de Mayagüez

Departamento de Ciencias Agrícolas

Programa de Agronomía

**Percepción Remota y Análisis Estadístico de los Efectos del Huracán María
Sobre los Bosques de Puerto Rico**

Anthony Méndez Alicea

Biol5038-071

Profesor: Fernando Gilbes Santaella

Introducción:

Los huracanes son los mayores disturbios naturales de bosques templados y tropicales en las regiones costeras de América del Norte y América Central, he islas del Caribe.

La isla de Puerto Rico se encuentra en un área donde es alta la frecuencia de huracanes. Desde los años 1700 Puerto Rico ha experimentado alrededor de 80 huracanes (Boose, Foster, and Fluet 1994). El huracán María: un evento atmosférico que impacto a Puerto Rico, este hizo estragos en su paso por la isla, fue un fenómeno de categoría 4 (escala Saffir-Simpson), el cual causó mucha destrucción a infraestructuras (viviendas), costo vidas y causó disturbios a la vegetación boscosa de la isla. El huracán maría entro a Puerto Rico por el puerto de Yabucoa con vientos sostenidos de 150mph. Mientras se iba adentrando a la isla, los vientos se mentían a velocidades de 140-145mph. El huracán termino su curso saliendo entre los municipios de Arecibo y Hatillo con vientos sostenidos de 105mph.

Uno de los mayores intereses en esta investigación fue estudiar el efecto del paso del huracán maría con relación al impacto que tuvo en los bosques. Según el Forest Inventory and Anilysis (FIA), el huracán causó destrucción en acerca de 21-31 millón de árboles. Dependiendo de la intensidad del huracán y de la duración en tierra, los impactos del bosque varían grandemente, incluyendo la defoliación, la perdida de ramas y la ruptura de tallos. (Lugo 2008). En Puerto Rico existen varias zonas de vida Holdridge que pudieron haber influenciado en los disturbios del bosque. El tipo de bosque varia grandemente, incluyendo bosques secos deciduos (los árboles pierden la mayor parte de su follaje, un 75% en época de sequía (Huber & Alarcón 1988, Huber 1995c)), bosques semi-deciduos, bosques verdes, pluviales, húmedos, entre otros. (...) Algunas de estas zonas de vida son los bosques secos, que se caracteriza por su tipo de vegetación ya que es una menos densa, los árboles no alcanzan mucha altura, y tienen menor follaje. En comparación con un bosque pluvial, característico del bosque nacional del Yunque, el cual se encuentra a elevaciones mayores en su topografía, su vegetación es una mayor y mas densa, el follaje es mayor, y se encuentran arboles muy altos. Si comparamos ambos un bosque del área sur (bosques secos, el impacto por el huracán maría fue uno mucho menor, aunque si tuvo disturbio, mientras que, en un bosque pluvial, los impactos por los fuertes vientos del huracán fueron mayores, ya que este bosque se encuentra a mayor altura y recibe los vientos más fuertes. Otro factor que también influyo en los disturbios lo

fue los tipos de bosques, bosques primarios y secundarios. Los bosques con poblaciones de árboles viejos, bosques primarios, experimentaron mayor disturbio, ya que la mayoría de la estructura de estos árboles es una rígida y mas quebradiza por la edad de estos (60-65 años), en comparación con bosques secundarios, que tienden a tener árboles y vegetación más joven, por ende, sus estructuras son una más flexible y pudieran resistir fuertes vientos. Por lo que, el disturbio en los bosques varía dependiendo de especies de árboles, tipo de bosques, adaptabilidad, topografía, etc.

Objetivos:

Este estudio se centró en el efecto del huracán María sobre los bosques de Puerto Rico, así como en el efecto de la topografía y las características del bosque en los patrones de disturbios observados. Tanto la topografía como el tipo de bosque influenciaron en la gravedad del disturbio. Generar imágenes utilizando sistemas de Percepción Remota, imágenes de EVI (Enhanced Vegetation Index), analizar imágenes del antes y después del huracán María, y observar los disturbios ocasionados en los bosques son parte clave de los objetivos.

Utilizando sistemas de percepción remota Landsat 8 Operational Land Imager y Thermal Infrared Sensor (OLI/TIRS), se recopilarán datos de la reflectancia de la superficie para efecto del estudio. Se generarán imágenes infrarrojas, se realizará imágenes NDVI y SAVI, y como área de interés se seleccionará el municipio de Luquillo.

Tendiendo estos objetivos claro, se desarrolla una pregunta científica: ¿Habrá una gran diferencia en comparar imágenes NDVI y SAVI respecto a los disturbios ocasionados por el huracán María? ¿Por qué?

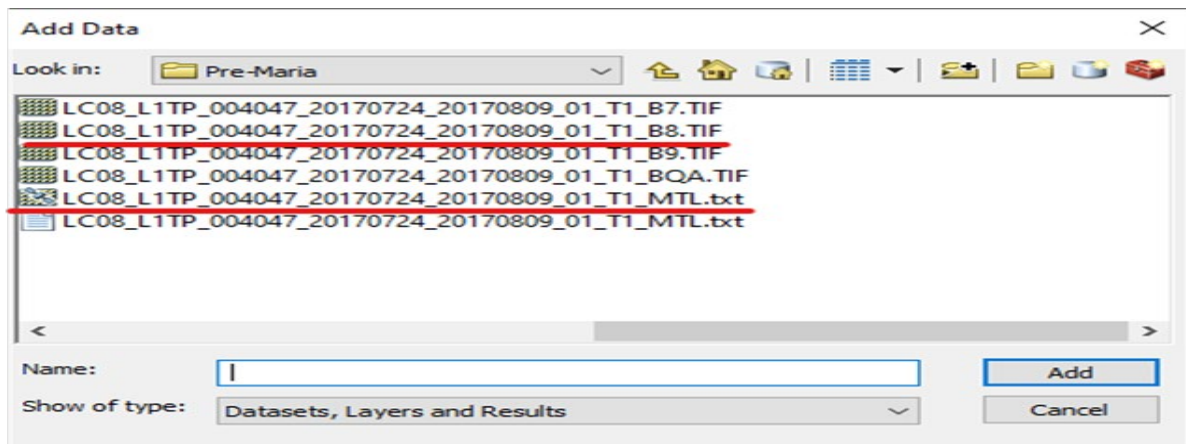
Metodología:

Utilizaron Google Earth Engine (GEE) para acceder a los disturbios severos de los bosques. Se utilizo el sistema de ArcMap (ArcGIS) para realizar los distintos mapas de interés. Se bajaron los archivos de imágenes de EarthExplorer(USGS) Landsat 8 (OLI/TIRS) del antes y después del

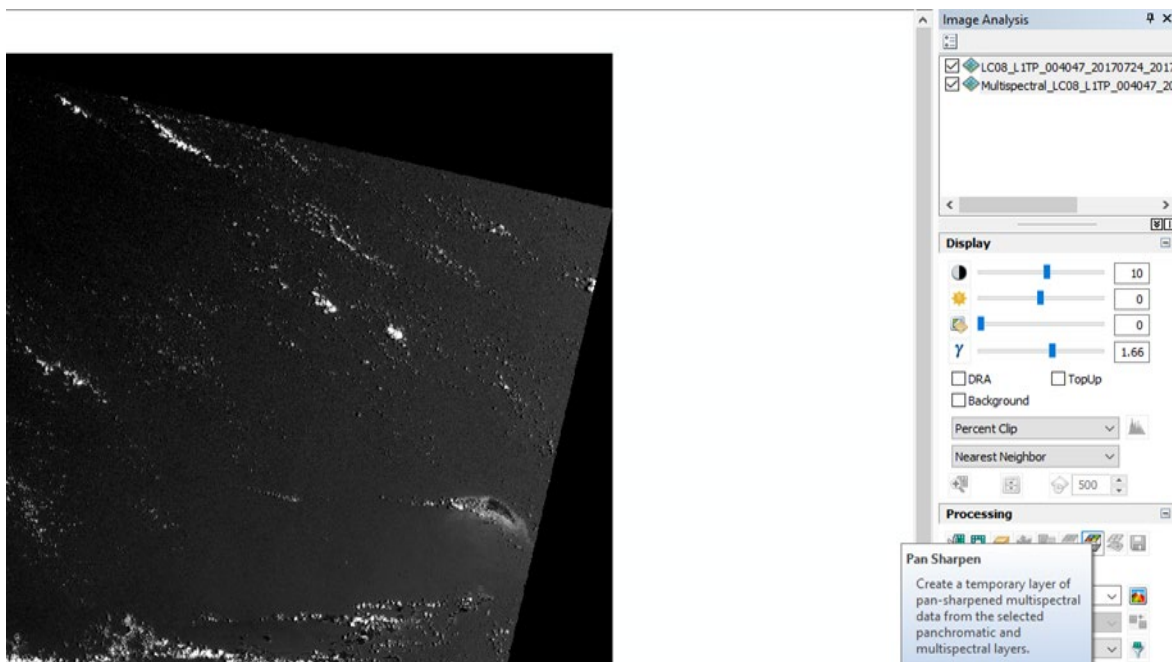
$$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - red)}{NIR + red + L}$$

huracán María. El archivo MTL de OLI y la banda 8, fueron añadidos a ArcMap para poder desarrollar las imágenes de NDVI y SAVI.

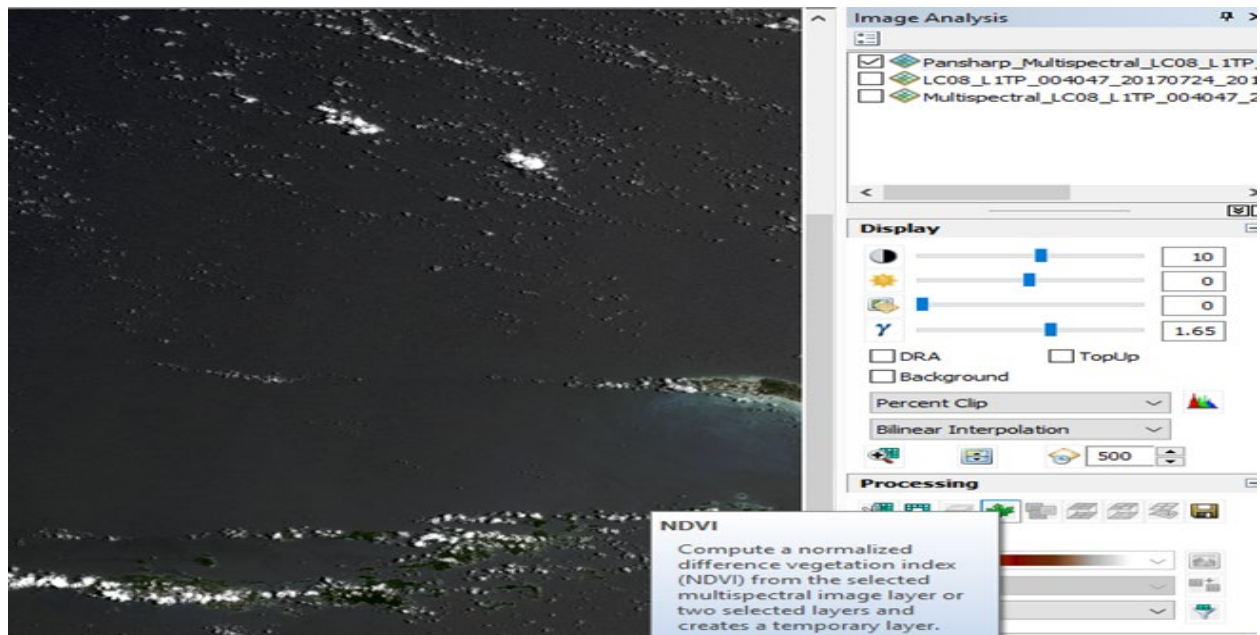
A continuación, se presentarán unas imágenes de pasos a seguir para poder desarrollar las imágenes de interés:



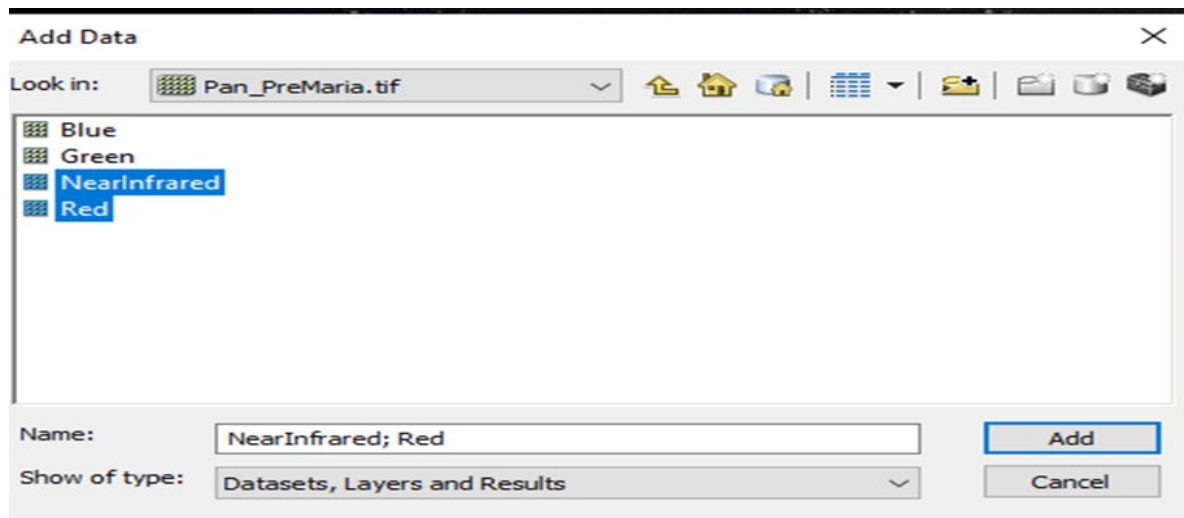
Paso 1: añadir a ArcMap las imágenes de formato MTL y la banda 8 (pancromática).



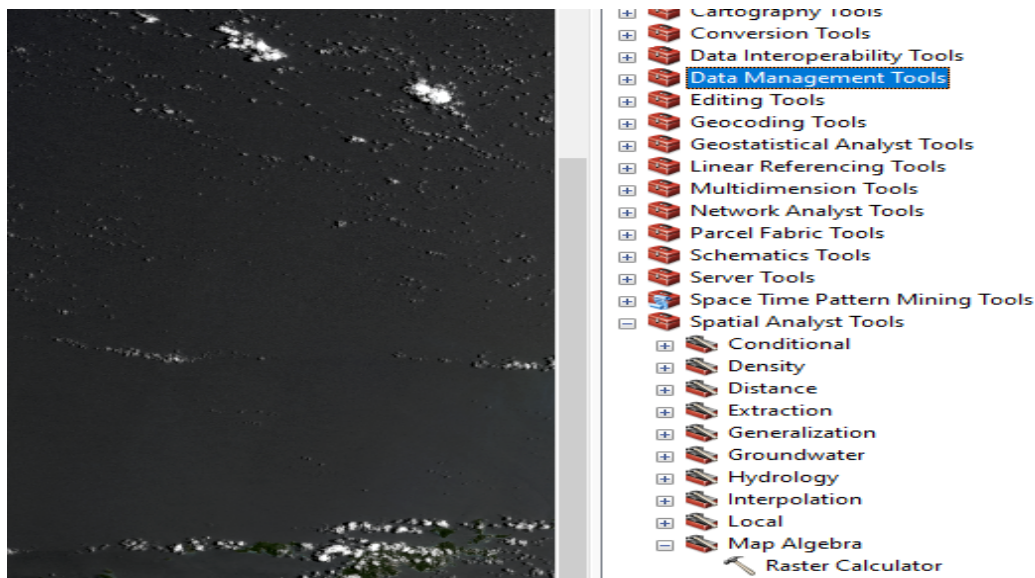
Paso 2: realizar el Pan-Sharp (herramienta que se ubica en Image Analysis) con ambas imágenes seleccionadas.



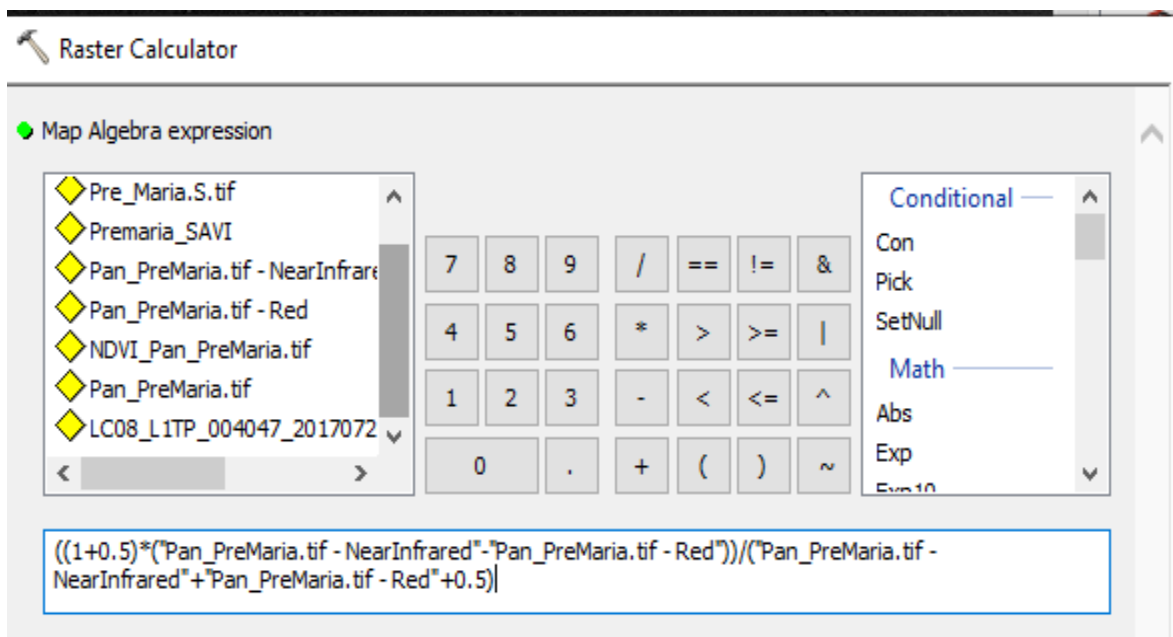
Paso 3: luego de haber realizado la imagen de alta resolución (30-15m), se selecciona esa imagen para realizar una NDVI. Esta aparecerá en un color blanco y negro, por lo que se le asigna un color de interés utilizando la paleta de colores.



Paso 4: con la ayuda de la nueva imagen pancromática de alta resolución, una vez guardada, se busca en el archivo de resultados para seleccionar las bandas infrarroja cercana (NIR) y roja para añadirlas al ArcMap.

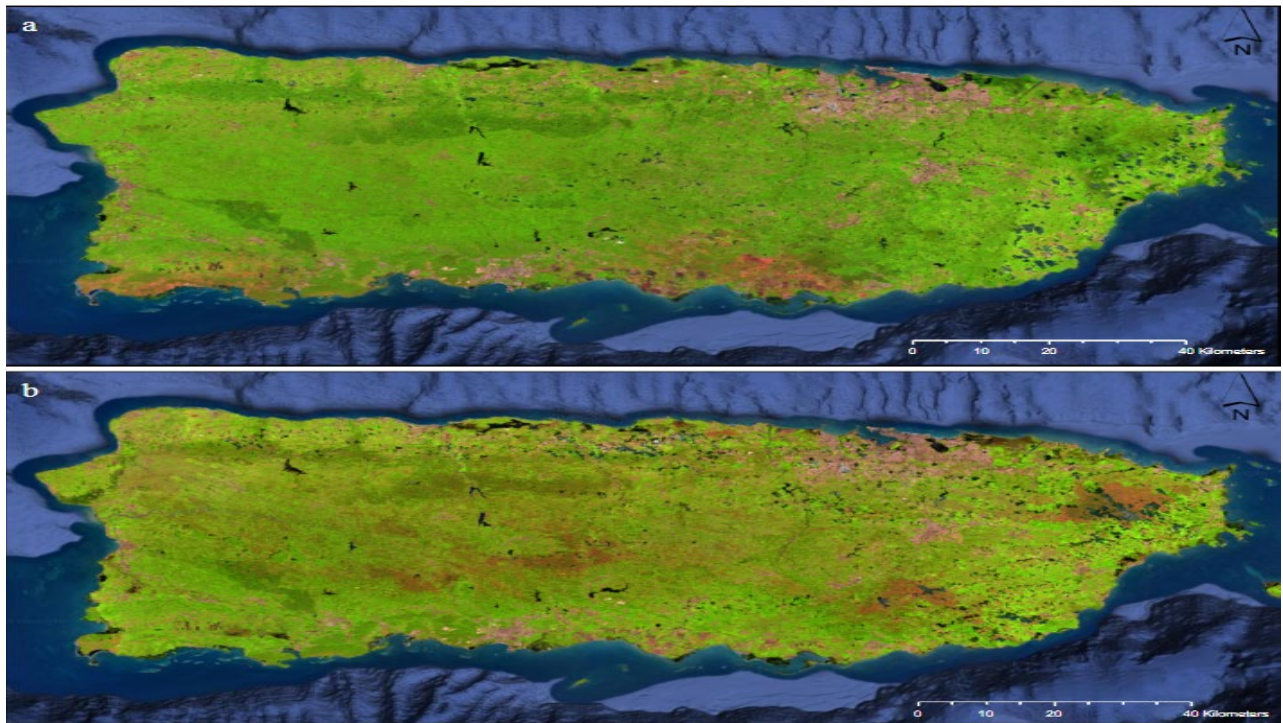


Paso 5: una vez las bandas infrarroja cercana y roja están abiertas en el sistema, se procede a realizar la imagen SAVI utilizando las herramientas de ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Raster Calculator

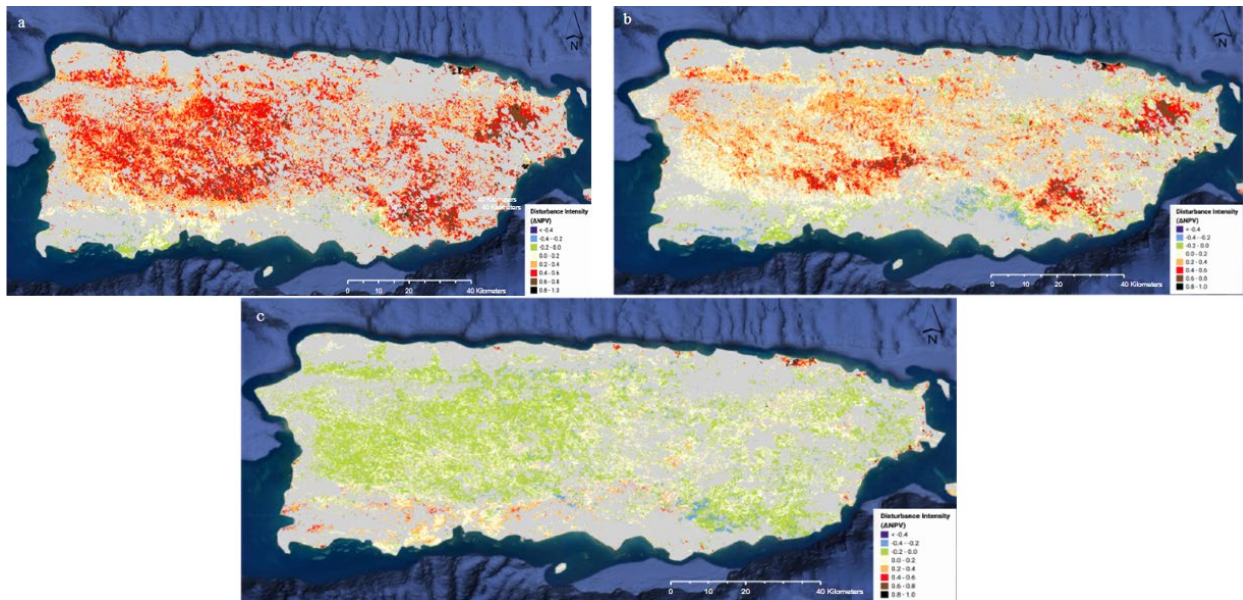


Paso 6: una vez la ventana de Raster Calculator abierta, procedo realizar la ecuación correspondiente a SAVI: $((1+0.5) * (NIR-red)) / (NIR+red+0.5)$.

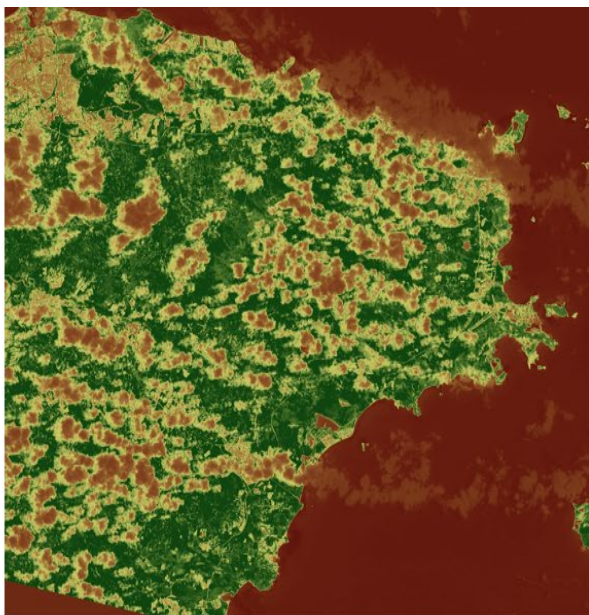
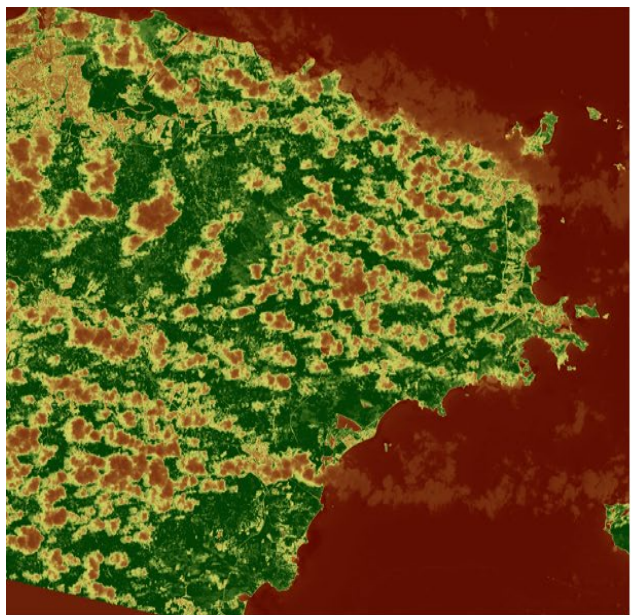
Resultados:



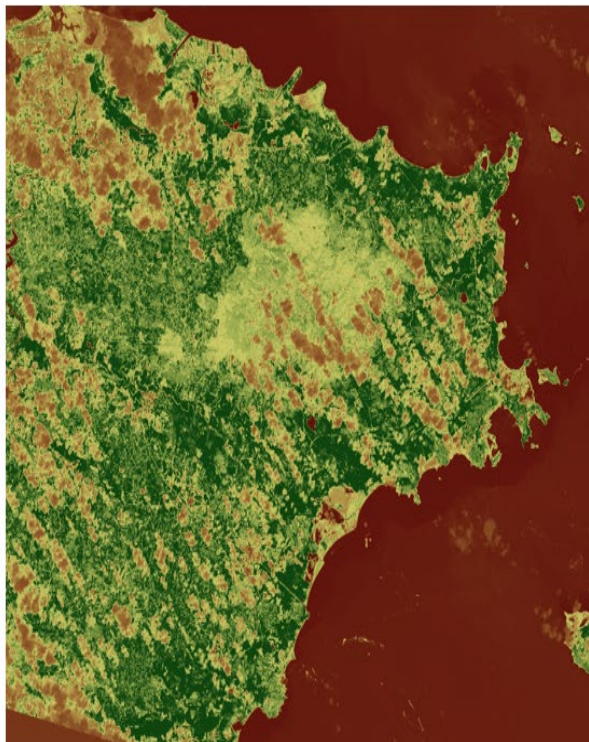
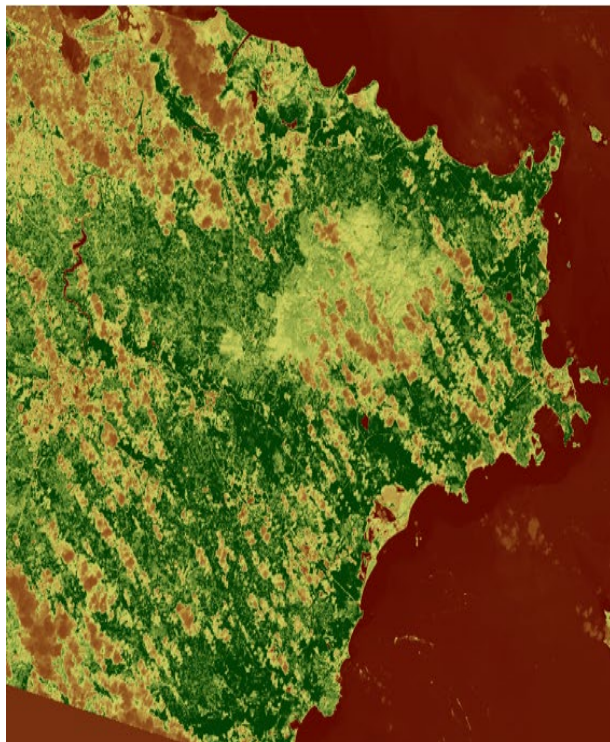
Puerto Rico antes (a) y después (b) del huracán María. Feng, et al (2020)



Vegetación boscosa de Puerto Rico luego del paso del huracán María, después de un mes (a), cuatro meses (b) y un año (c). (Feng, et al (2020))



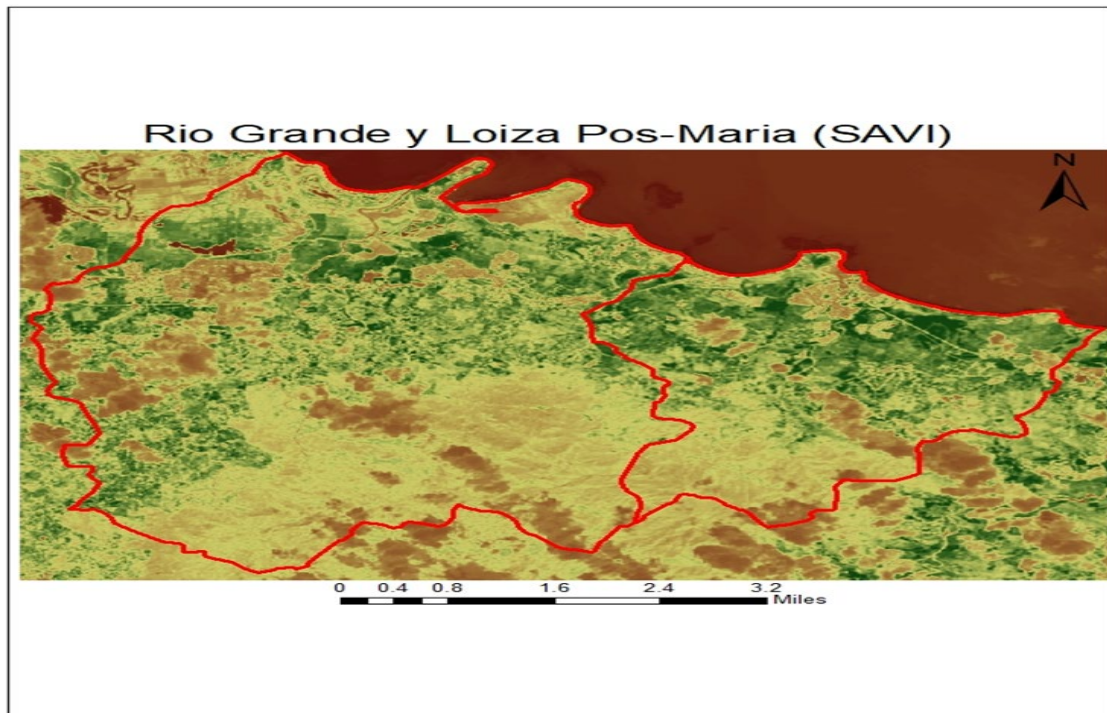
Imágenes NDVI y SAVI Pre-María.



Imágenes NDVI y SAVI luego Pos-María



Polígonos: Rio Grande y Luquillo Pos-María (NDVI).



Polígonos: Rio Grande y Luquillo Pos-María (SAVI).

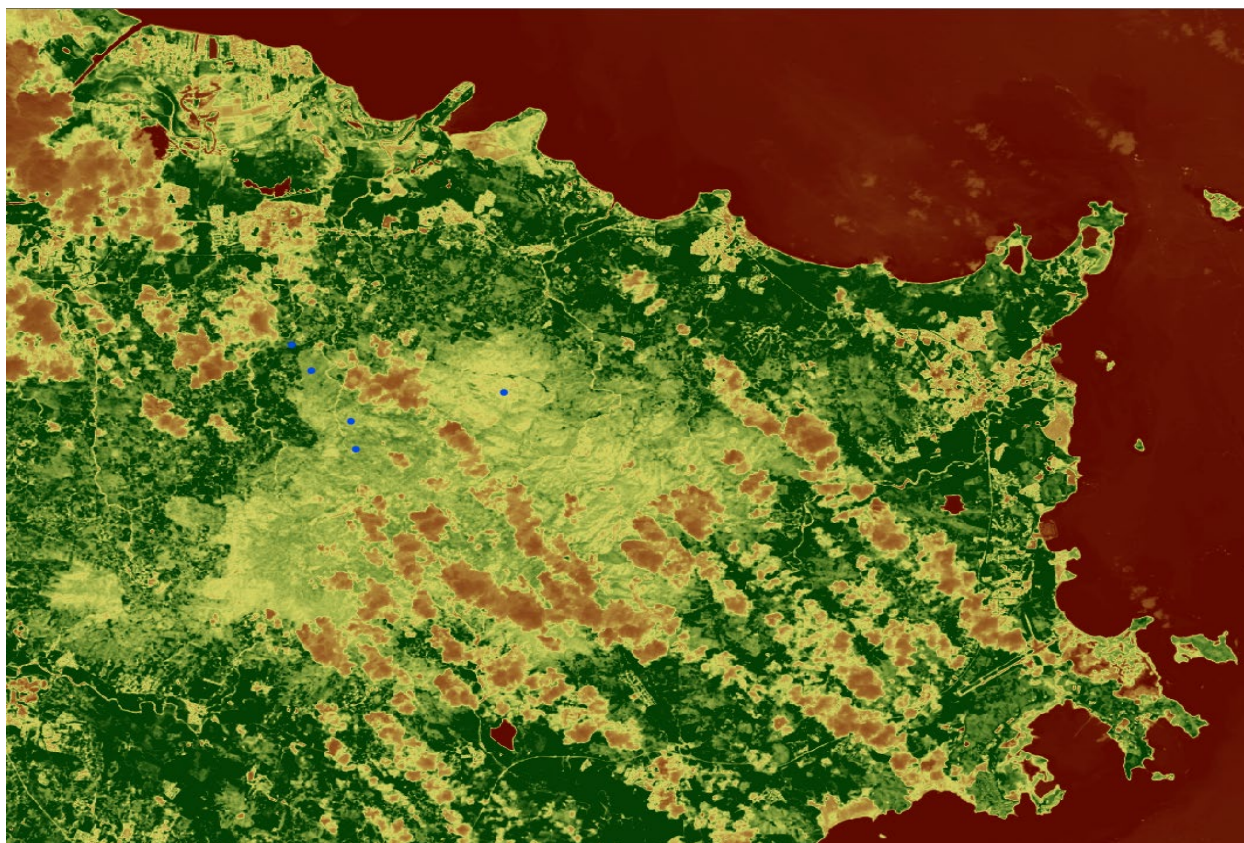


Imagen NDVI Pos-María con puntos marcados para recopilación de valores.

Pre-María	
NDVI	SAVI
0.312813	0.390598
0.334184	0.532957
0.345306	0.529172
0.048900	0.190865
0.250545	0.332327
Total: 1.291748	Total: 1.975919
Promedio: 0.1368342	

Pos-María	
NDVI	SAVI
0.160770	0.242449
0.143704	0.222910
0.171189	0.255692
0.297427	0.405747
0.118820	0.182293
Total: 0.891910	Total: 1.309091
Promedio:0.0834362	

Discusión:

En las imágenes del antes y después del huracán María se puede observar el cambio en colores por la pérdida de vegetación a causas del fenómeno. En luego del huracán María se realizaron unas imágenes representativas de la forestación del área boscosa. A un mes (imagen a) del huracán se comenzó a observar cambios en vegetación que estaba nuevamente emergiendo pero que aún se podía observar el daño abrupto que dejó el huracán. A cuatro meses (imagen b) las áreas verdes eran más. A un año (imagen c) del fenómeno natural, las áreas boscosas tenían habían ganado más área superficial en comparación a la imagen de un mes. Se realizó imágenes NDVI y SAVI pre y pos María para observar y analizar las diferencias y así poder contestar la pregunta científica. En las imágenes NDVI y SAVI se puede notar ligeramente el cambio en la brillantez de los colores. En una imagen NDVI se observan colores más oscuros, como por ejemplo el verde, mientras que en la imagen SAVI esos mismos colores verdes se ven un poco mas claros. Esto es en respuesta de que la ecuación SAVI genera una imagen que elimina la reflectancia del color del suelo la cual afecta las bandas del infrarrojo cercano y el rojo en una imagen NDVI. Las tablas nos evidencian los valores de 5 puntos diferentes que se seleccionaron al azar para observar las diferencias en valores de las imágenes pre y pos María. En la tabla se pueden observar los resultados de los totales de ambos tipos de imágenes, siendo las imágenes SAVI con valores más altos por que indica que corrigió los errores de las imágenes NDVI.

Conclusión:

Esta investigación mostro un análisis estadístico e imágenes de percepción remota en asociada a los disturbios que ocasiono el huracán en Puerto Rico, relacionándolo con las características topográficas y estructuras del bosque. Los factores tales como: elevación, pendiente, altura del dosel del bosque, distancia de la trayectoria del huracán, distancia de la llegada del huracán, tipo de bosque, edad del bosque, y la proporción de la vegetación verde, tienen efectos significativos en los patrones espaciales y la severidad del disturbio en los bosques. Habiendo generado los mapas NDVI y SAVI del pre y pos María, y analizando los mismos, se pudo ver como la densidad en vegetación fue afectada. También los valores NDVI y SAVI del pre y pos nos indican las diferencias. Por lo que los valores en un mapa SAVI muestra los valores más certeros con respecto a la vegetación en la superficie, siendo unos valores mayores. Por ende, es el resultado de una mayor área de superficie terrestre expuesta por la ausencia o disminución en vegetación.

Referencias:

Lauren Dauphin (2018). Recovering from Hurricane Maria. Earth Observatory. NASA.
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/92789/recovering-from-hurricane-maria>

Feng, Yanlei & Negrón-Juárez, Robinson & Chambers, Jeffrey. (2020). Remote sensing and statistical analysis of the effects of hurricane María on the forests of Puerto Rico. Remote Sensing of Environment. 247. 111940. 10.1016/j.rse.2020.111940.
https://www.researchgate.net/publication/342244994_Remote_sensing_and_statistical_analysis_of_the_effects_of_hurricane_Maria_on_the_forests_of_Puerto_Rico

Hogan, J. Aaron & Zimmerman, Jess & Thompson, Jill & Uriarte, María & Swenson, Nathan & Condit, Richard & Hubbell, Stephen & Johnson, Daniel & Sun, I Fang & Chang-Yang, Chia-Hao & Su, Sheng-Hsin & Ong, Perry & Rodriguez, Lillian & Monoy, Carla & Yap, Sandra & Davies, Stuart. (2018). The frequency of cyclonic wind storms shapes tropical forest dynamism and functional trait dispersion. Forests. 9. 404. 10.3390/f9070404.
https://www.researchgate.net/figure/Damage-to-the-forest-caused-by-Hurricane-Maria-which-struck-El-Yunque-National-Forest_fig5_326219483

Bessette-Kirton et al., (2017). Landslides Triggered by Hurricane Maria
<https://www.usgs.gov/media/images/hurricane-maria-topo-map-puerto-rico>

Mei Yu and Qiong Gao (2020). Topography, drainage capability, and legacy of drought differentiate tropical ecosystem response to and recovery from major hurricanes. Environmental Research Letters <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abae2c/pdf>

U.S. Geological Survey, (2021). <https://earthexplorer.usgs.gov/>