

Índice de Vegetación de Bosques Estatales del Oeste de Puerto Rico antes y después del huracán María

Aliyah M. Chabrier Alpi, Rocío del Mar Cáliz Padilla
aliyah.chabrier@upr.edu, rocio.caliz@upr.edu

Universidad de Puerto Rico, Departamento de Geología
P.O. BOX 9000, Mayagüez, PR 00681

Abstract

Este proyecto se enfoca en los cambios de vegetación ocasionados por el disturbio natural, conocido como huracán María, que tomó sitio en la isla de Puerto Rico el 20 de septiembre de 2017. Se enfoca en los bosques Río Abajo, Cambalache, y Guilarte, localizados al oeste de la isla. Las imágenes utilizadas para el estudio fueron adquiridas por la base de datos del satélite Sentinel-2. Se utilizó el programa ENVI (64 bit) para sobrellevar el procesamiento remoto de estas. Entre las herramientas del programa, se utilizaron los algoritmos de procesamiento de corrección radiométrica (*Dark Subtraction*) y *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) y se aplicó el uso de máscaras para imágenes. Esto llevó a una evaluación cualitativa y cuantitativa de la densidad de vegetación en los bosques basada en la comparación de valores espectrales antes y después del huracán. El bosque con mayor diferencia en densidad de vegetación resultó ser Río Abajo, seguido por Cambalache y Guilarte.

Palabras claves: huracán, María, NDVI, bosques, Puerto Rico, vegetación

Introducción

Los huracanes son disturbios naturales de gran impacto en los paisajes forestales y su densidad de vegetación (Weaver, 1986; Oliver and Larson, 1996; Franklyn et. al, 2002). Debido a esto, se ha prestado atención a las consecuencias que los bosques experimentan en términos inmediatos y de largo plazo, con el fin de poder cuantificarlas y entender los paulatinos procesos de recuperación bajo este estrés natural (Seidl et al., 2007). El estudio remoto se ha convertido en una herramienta de detección y análisis de cambios temporales en paisajes forestales utilizando procesamientos como el *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). El procesamiento de NDVI detecta las respuestas de reflectancia que exhibe el color verde del dosel en plantas vivientes y las traduce en valores de índice de vegetación (Campbell, 2010). Estos valores son utilizados para ejercer una comparación entre píxeles del área de interés geográfico y luego desarrollar

asunciones relacionadas a las consecuencias inmediatas del desastre (Campbell, 2010). Este proyecto mostrará un enfoque entre tres bosques, localizados en el área oeste de la isla, que mostraron cambios en densidad vegetación a causa del huracán María.

Áreas de Estudio

Bosque Cambalache. Cambalache compone un área de 6.28km² entre los municipios de Barceloneta y Arecibo (*Figura 5*). Es un bosque de gran importancia ya que provee una protección natural a los acuíferos del norte de la isla. En términos de vegetación, en el bosque se pueden identificar más de 150 especies de árboles y arbustos. Dentro de estas, se encuentran especies endémicas tales como *Roystonea borinquena*, *Sabal causiarum*, *Gaussia attenuata* y *Thespesia grandiflora* (drna.pr.gov).

Bosque Río Abajo. El Bosque Río Abajo compone un área de 22.72km² entre el río

Tanamá y el lago Dos Bocas en los municipios de Utuado y Arecibo (*Figura 1*). La mayor parte de la vegetación está compuesta de especies de sucesión y árboles comunes como *Coccoloba diversifolia*, *Bucida buceras*, *bursera simaruba* y *Clusia rosea*.

Bosque Guilarte. Guilarte ocupa un área de 19.52km² entre los municipios de Yauco, Guayanilla, Peñuelas y Adjuntas (*Figura 3*). El bosque se divide en dos regiones ecológicas de acuerdo a las diferentes elevaciones. La primera región se caracteriza por picos altos y valles y se compone de vegetación de poca altura, tales como *Tabebuia schumanniana* y *Ocotea spathulata*. La segunda region se caracteriza por áreas dominadas por *Prestoea Montana*, *Micropholis sp.* y *Sapium Laurocerasus* en las pendientes (drna.pr.gov).

Métodos & Procesamiento de Imágenes

Este proyecto utilizo imágenes del satélite Sentinel-2 dentro de rangos de fechas representativas del evento. Se seleccionaron imágenes tomadas el: 1 de junio de 2017 y el 21 de septiembre de 2017. Estas fueron corregidas radiométricamente y procesadas bajo el algoritmo de NDVI, que mostrará resultados dentro del rango de valores de -1 a 1 (*Ecuación 1*) (Pettorelli, 2013). Las bandas espectrales utilizadas en esta ecuación serán la roja e infrarroja cercana, dado a que el interés del proyecto recae en el análisis de valores espectrales que exhiben los píxeles de la vegetación (Pettorelli, 2013). Esto provoca que el rango se tenga que limitar a solo valores positivos; es decir, que solo se considera el rango de 0 al 1 (Pettorelli, 2013). Por consiguiente, evitamos los números negativo creando una máscara que logra omitirlos dentro de la imagen y cálculos estadísticos. La aplicación de la máscara tendrá la finalidad de omitir píxeles que representan cuerpos de agua del lugar para

que estos no afecten la finalidad de las estadísticas de ENVI. Cuando ésta se aplica a la imagen que exhibe el procesamiento de NDVI, obtenemos una nueva imagen que muestra unos valores más cercanos al cambio de vegetación exhibido en el bosque; el cual es esperado a ser entre ~0.2 a 0.5 (Pettorelli, 2013). Al acceder “Quick Stats” de la imagen, se consideraron los números estadísticos de máximo, media, y desviación estándar de las imágenes pasadas y recientes al evento natural. Esta comparación cuantitativa tendrá el propósito de confirmar o refutar la hipótesis inicial sobre el cambio de densidad en vegetación expresado por valores menores de reflectancia entre píxeles en las imágenes después del huracán María. Las imágenes procesadas bajo los métodos mencionados (corrección radiométrica, NDVI, y aplicación de máscara) mostrarán una gradiente de color verde, donde los colores claros denotan mayor concentración de áreas verdes mientras las más oscuras harán relación a

aquellas con menor densidad (*Figuras 7-12*).

$$NDVI = \frac{\text{float}(b1) - \text{float}(b2)}{\text{float}(b1) + \text{float}(b2)}$$

Ecuación 1: Algoritmo representativo del procesamiento de NDVI

Resultados

Los valores estadísticos de la composición de imágenes antes del huracán María mostraron valores espectrales máximos dentro del rango 0.5 junto a una media dentro del rango 0.2 (*Tabla 1, Figuras: 7, 9, 11*). Las imágenes después del huracán mostraron valores relativamente altos en sus máximos mientras su media mostró ser más baja, en comparación a las imágenes antes del evento (*Tabla 2, Figuras: 8, 10, 12*). Las diferencias varían entre valores espectrales cercanos a cero. El mayor valor fue presentado por Río Abajo con 0.067313 (*Tabla 3*).

Tabla 1: Estadísticas del índice de vegetación antes del huracán María

Bosque	Máximo	Media	Desviación Estándar
<i>Río Abajo</i>	0.574606	0.28857	0.079272
<i>Cambalache</i>	0.509837	0.21953	0.098641
<i>Guilarte</i>	0.530845	0.24047	0.08905

Tabla 2: Estadísticas del índice de vegetación después del huracán María

Bosque	Máximo	Media	Desviación Estándar
<i>Río Abajo</i>	0.557908	0.22126	0.085297
<i>Cambalache</i>	0.572391	0.20068	0.09756
<i>Guilarte</i>	0.680851	0.23045	0.088749

Tabla 3: Cambio espectral entre valores de media en los bosques

Bosques	Diferencia espectral de media
<i>Río Abajo</i>	0.067313
<i>Cambalache</i>	0.018854
<i>Guilarte</i>	0.010013

Conclusión

- El huracán María causó cambios en la densidad de vegetación de los bosques Cambalache, Río Abajo y Guilarte los cuales se pueden medir cualitativamente utilizando métodos de percepción remota y NDVI.
- Los NDVI obtenidos, luego del huracán María, demuestran una disminución a los valores normales de NDVI para bosques tropicales.

- Río Abajo demostró mayores cambios en densidad de vegetación, seguido por Cambalache y Guilarte.

Discusión

Los paisajes forestales de gran densidad muestran valores altos de NDVI que fluctúan entre ~0.5-0.9, mientras que los valores de vegetación dispersa fluctúan entre ~0.2-0.5 (Pettorelli, 2013). Tomando esto en consideración, en los análisis de las imágenes se puede observar que los

bosques estatales antes de María se encontraban en el rango de vegetación dispersa dado a que la mayoría del área resulto tener valores entre ~0.2-0.5. Estos resultados se pueden atribuir a que el análisis de NDVI debe aplicarse a escalas mayores de estudio. Para mejorar el estudio utilizando estos métodos, debe mejorarse la resolución del estudio y acompañarlo con trabajo en el campo. No obstante, se puede observar dentro de los parámetros iniciales

y finales, ocurrió una disminución apreciable en los valores de índice de vegetación. Esta tendencia también se puede apreciar en la disminución de los valores medios en los análisis estadísticos. Esto demuestra que hubo aumentos en respuestas de reflectancia fuera del rango del índice de vegetación que se puede atribuir a una reducción en la densidad de vegetación en los tres bosques.

Referencias

- Campbell J.B. and Wynne R.H., 2010, Introduction to Remote Sensing: Fifth Edition, New York, USA, The Guilford Press, 718p.
- Franklin, J. F., Spies, T.A., Pelt, R.V., Carey, A.B., Thornburgh, D.A., Berg, D.R., Lindenmayer, D.B., Harmon, M.E., Keeton, W.S., Shaw, D.C., Bible, K., Chen, J., *Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example*, 2002, For. Ecol. Manage., 155, 399-423
- Oliver, C.D., Larson, B. C., 1996, Forest Stand Dynamics. Wiley, New York, 520 p.
- Weaver, P.L., 1986, Hurricane damage and recovery on the montane forests of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Caribb. J. Sci. 22: 53-70.
- Pettorelli, N., 2013, The Normalized Difference Vegetation Index, Oxford University, Oxford, United Kingdom, 193 p.
- Seidl, R., Baier, P., Rammer, W., Schopf, A., Lexer, M.J., **2007**, *Modelling tree mortality by bark beetle infestation in Norway spruce forests*, Ecol. Model., 206, pp. 383-399

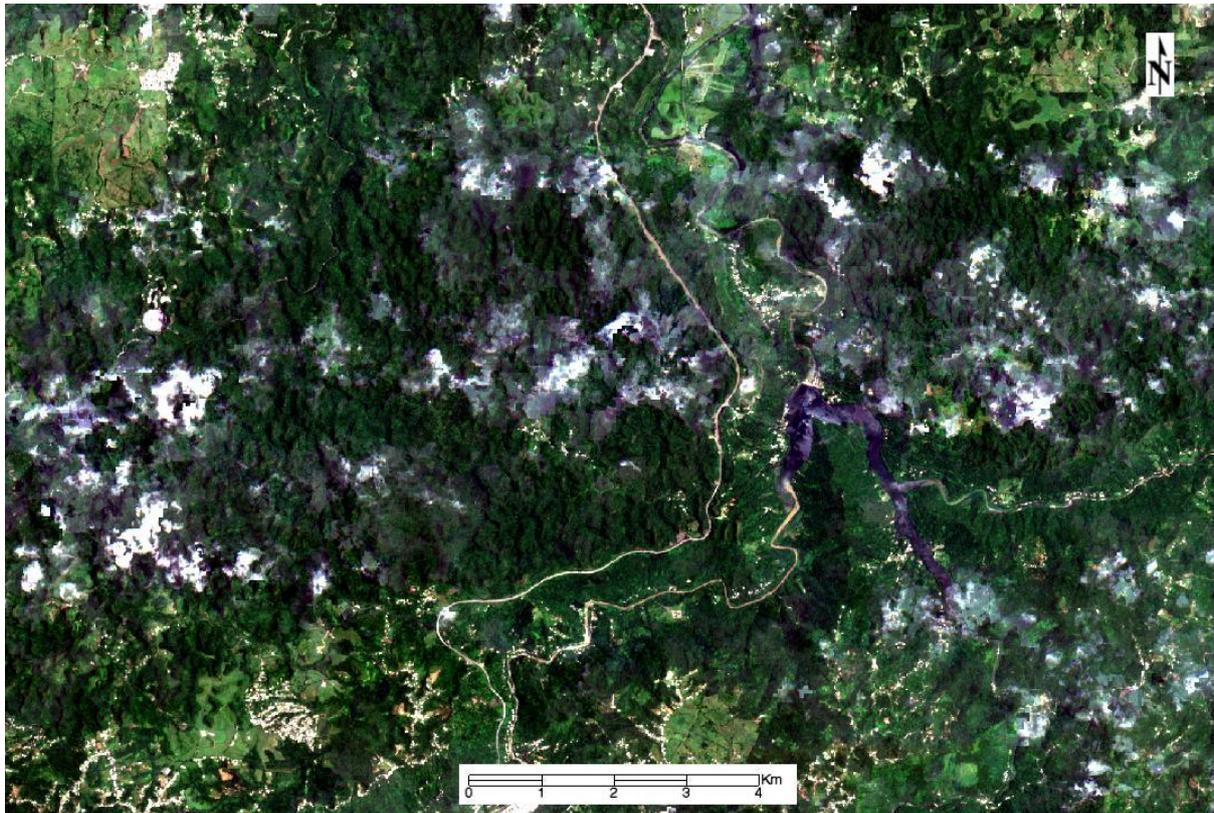


Figura 1: Imagen del bosque estatal de Río Abajo, antes del huracán María.



Figura 2: Imagen del bosque estatal de Río Abajo, después del huracán María.

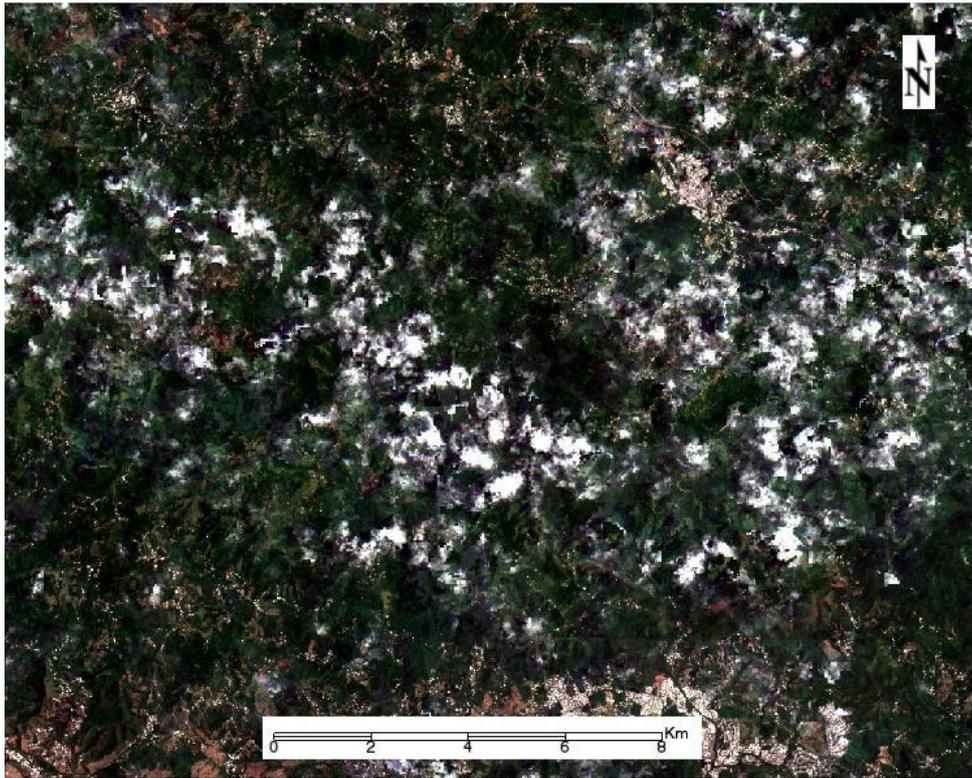


Figura 3: Imagen del bosque estatal de Guilarte, antes del huracán María.



Figura 4: Imagen del bosque estatal de Guilarte, después del huracán María.



Figura 5: Imagen del bosque estatal de Cambalache, antes del huracán María.

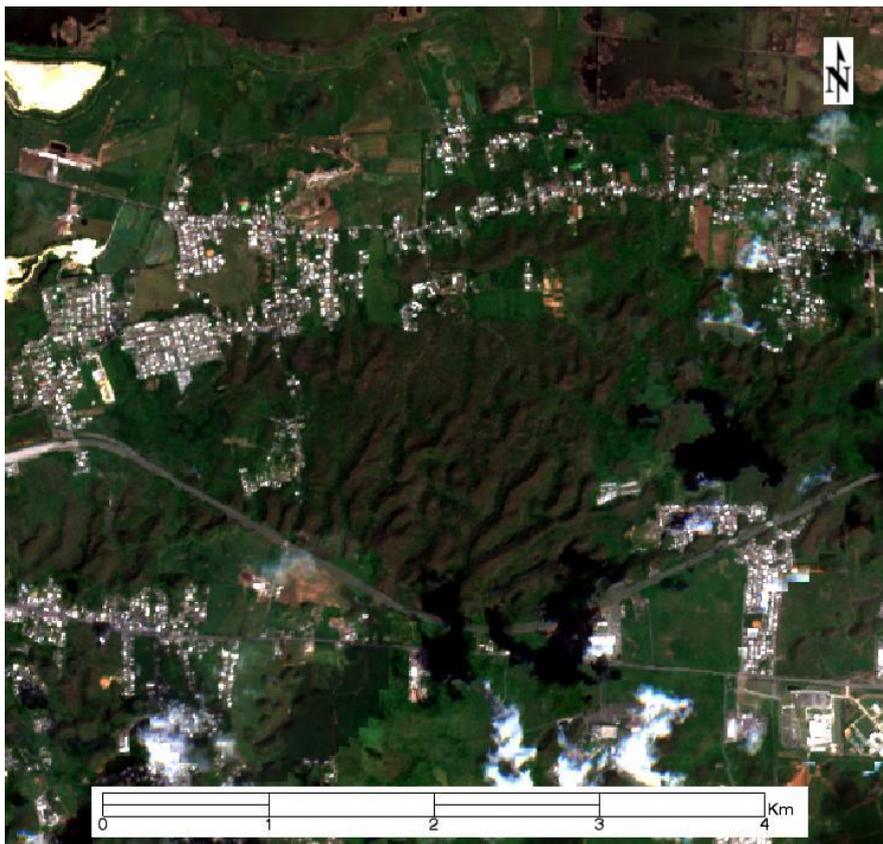


Figura 6: Imagen del bosque estatal de Cambalache, después del huracán María.

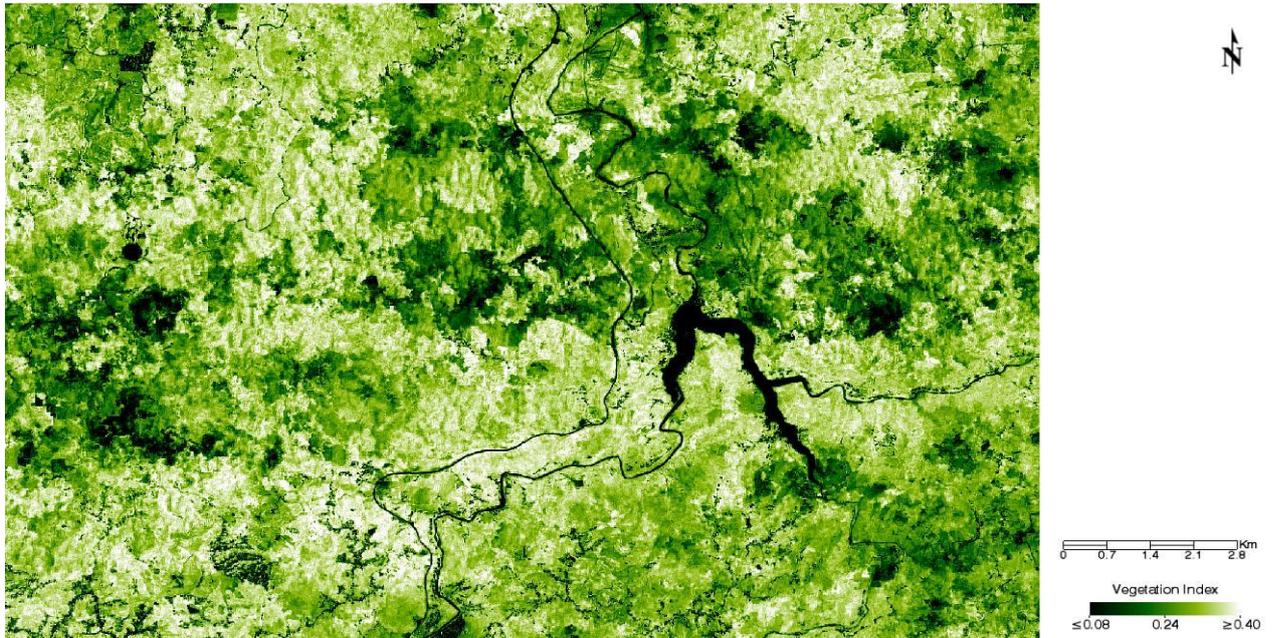


Figura 7: Procesamiento de NDVI y aplicación de máscara para obstrucción de valores negativos en imagen del bosque estatal Río Abajo, antes del huracán María.

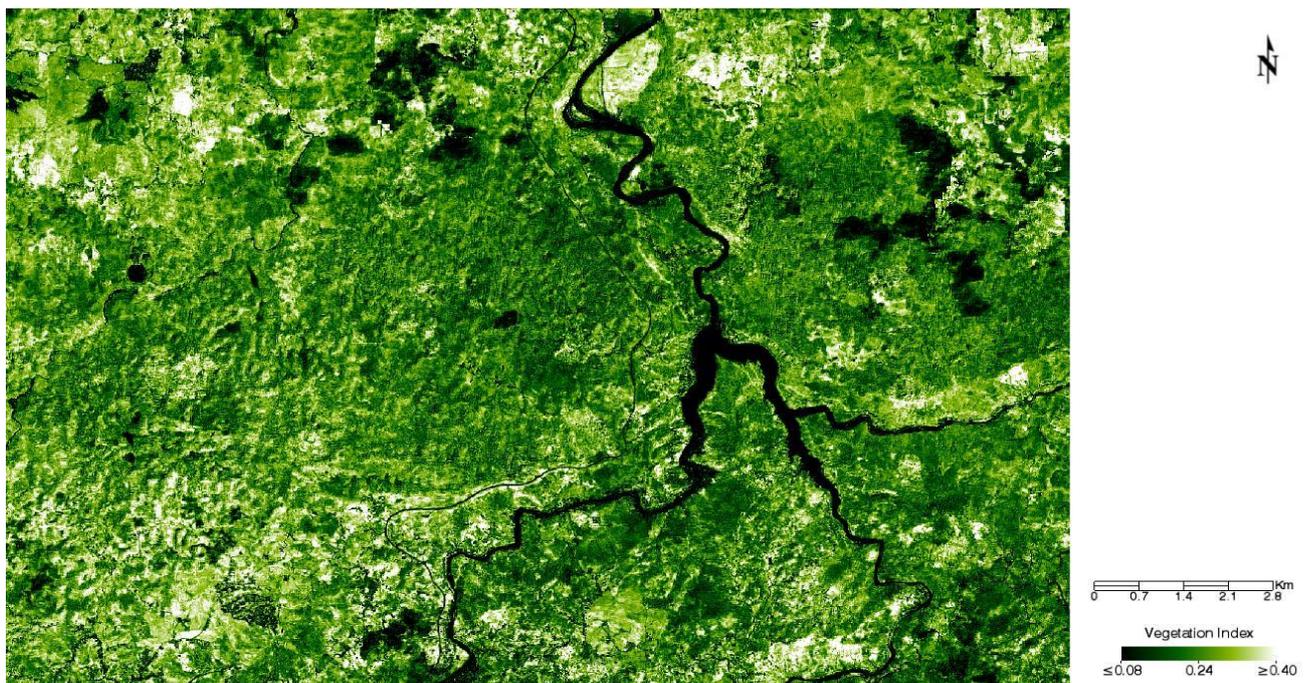


Figura 8: Procesamiento de NDVI y aplicación de máscara para obstrucción de valores negativos en imagen del bosque estatal Río Abajo, después del huracán María.



Figura 9: Procesamiento de NDVI y aplicación de máscara para obstrucción de valores negativos en imagen del bosque estatal Guilarte, antes del huracán María.

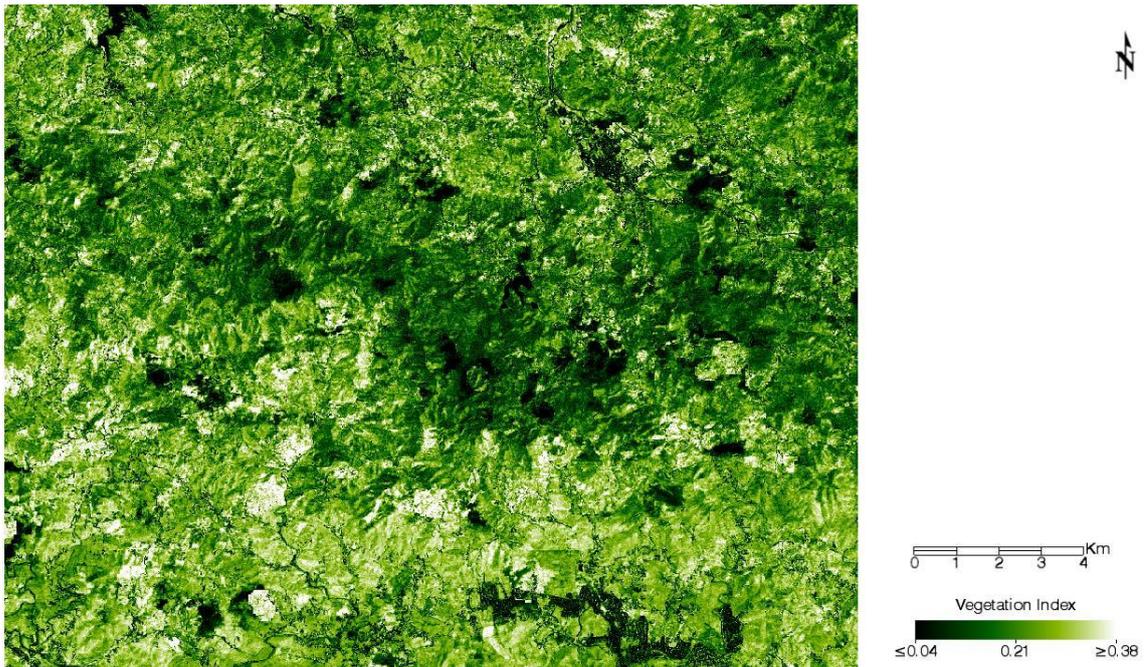


Figura 10: Procesamiento de NDVI y aplicación de máscara para obstrucción de valores negativos en imagen del bosque estatal Guilarte, después del huracán María.

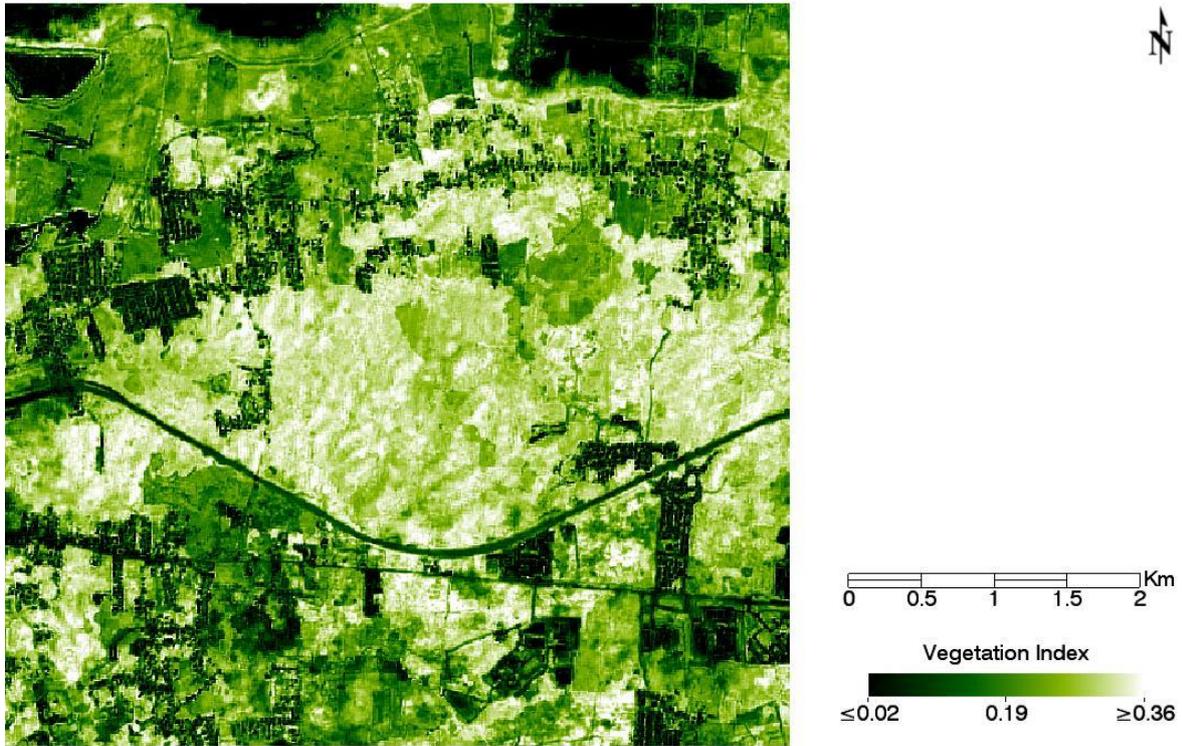


Figura 11: Procesamiento de NDVI y aplicación de máscara para obstrucción de valores negativos en imagen del bosque estatal Cambalache, antes del huracán María.

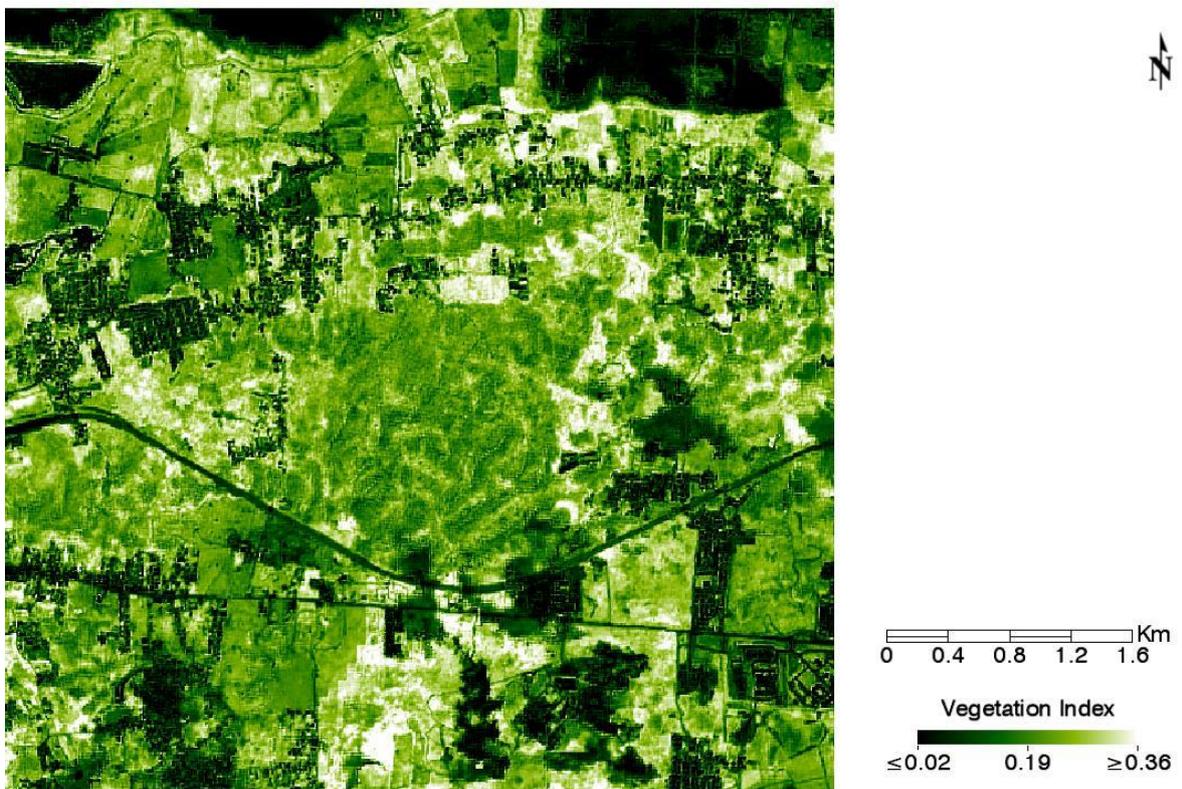


Figura 12: Procesamiento de NDVI y aplicación de máscara para obstrucción de valores negativos en imagen del bosque estatal Cambalache, después del huracán María.