



Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez,
PO BOX 9000
Mayagüez PR 00681-9000
Tel: (787) 832-4040



Estudios de efectos del polvo del Sahara en Puerto Rico Ashley Cruz Crespo¹ Departamento de Geología¹

Abstract

Las partículas de aerosol formadas en África durante los meses de verano viajan por medio del Atlántico hasta llegar al Caribe, causando serias consecuencias al medio ambiente, a la salud humana, al clima y al calentamiento global. Este trabajo evalúa imágenes satelitales procesadas y analizadas através del programa ENVI. En dicho programa se calcula la concentración de polvo sobre una región de interés, en este caso sobre Puerto Rico. Datos obtenidos por medio de este producto fueron comparados con data obtenida de otros satélites o instrumentos de tierra. Adicional se toma en cuenta los modelos de trayectoria del polvo del Sahara hacia la región de Puerto Rico durante el tiempo de estudio, en este caso de Abril a Julio de 2014. El mes con mayor resultado de particulado de aerosol fue Julio con valores de hasta 1.0. Datos obtenidos y analizados de imágenes satelitales y otros instrumentos demostraron tendencias similares en los resultados del polvo sobre la región. Debido a que estos estudios relacionados al polvo del Sahara son complicados debido a su tipo, mas estudios relacionados a su comportamiento deben ser considerados para entender mejor sus efectos.

Keywords: ENVI, Puerto Rico, polvo del Sahara, aerosols, NDDI

1. Introducción

Las tormentas de polvo son uno de los peligros naturales a escala global y los fenómenos climáticos que pueden afectar a los sistemas meteorológicos y climáticos globales y regionales, así como la salud humana y los ecosistemas. África es una de las regiones con mayor actividad de tormentas de polvo debido a sus características geológicas y ambientales. Además de los peligrosos efectos sobre el medio ambiente local, las tormentas de polvo de África también pueden afectar a la génesis e intensificación de los ciclones tropicales sobre la cuenca del Atlántico (Reid and Maring, 2003). El mecanismo de transporte de polvo y los efectos completos de tormentas de polvo en los sistemas climáticos y el medio ambiente siguen siendo una investigación continua debido a que no todo está claro sobre su comportamiento (Carlson and Prospero,

1972). Estudios realizados en la parte sur de Florida usando aviones muestra que las partículas de polvo de minerales transportados desde África al sur del Sahara son los núcleos de hielo y condensación de nubes eficaces y que potencialmente puede mejorar la precipitación en nubes de fase mixta por los efectos indirectos de los aerosoles (Zhang and Christopher, 2003). Las partículas en el aire se convierten en superficies en las que el vapor de agua puede condensarse en gotitas o partículas de nube en nube de hielo. Aerosoles de polvo se cree que suprimen la precipitación sin embargo, bajo ciertas condiciones ambientales que se comportan como aerosoles CCN como un efecto indirecto (Colarco et al., 2003). Las condiciones ambientales específicas aún no se conocen por completo, pero algunos investigadores encontraron que el efecto indirecto de

los aerosoles de polvo en las nubes cálidas depende en gran medida de la altura, régimen de precipitación de nubes y cima de la nube, lo que indica la importancia de aerosol de transporte vertical y la interacción de aerosol en la nube (Nemani and Running, 1988). En este proyecto queremos investigar los efectos generados por los aerosoles de polvo y como es el comportamiento de los núcleos de condensación de nubes sobre Puerto Rico durante los meses de Abril a julio. Hemos propuesto utilizar

2. Metodología

Imágenes de satélite diarias obtenidas por MODIS a bordo de Terra fueron utilizadas para este análisis. El estudio fue realizado durante los meses de Marzo a Julio. El sensor MODIS ve toda la superficie de la Tierra cada uno o dos días. Los productos de datos del sensor se utilizan para describir las características de la tierra,

un polvo de Diferencia Normalizada Index (NDDI) para detectar tormentas de arena y polvo.

$$NDDI = \frac{2.13 \mu m - 0.469 \mu m}{2.13 \mu m + 0.469 \mu m}$$

Utiliza el sensor MODIS o “Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer”, teniendo la banda 3 (0.469 um) en la banda de referencia y banda 7 como la banda sensible de polvo. Estas bandas tienen una resolución de 500 metros.

los océanos y la atmósfera que pueden ser utilizados para estudios de gran escala a los procesos globales. La colección de data de MODIS L-1, Atms and Land, fue utilizada para este proyecto. Las imágenes fueron abiertas en ENVI.

2.1 Descarga de Imágenes

Las imágenes de Terra MODIS L-2, nivel cinco, colección 51, se descargaron

de http://ladsweb.nascom.nasa.gov/browse_images/global_browser.html, sobre cada uno de los meses de Abril a Julio, donde los vientos alisios fluyen desde el oeste de África hasta el Atlántico llevando con ellos las partículas de polvo. Los dos instrumentos MODIS , el primero lanzado el 18 de diciembre 1999 a bordo de la plataforma de Terra y la segunda el 04 de mayo 2002 a bordo de la plataforma Aqua, están diseñados de forma única para observar y monitorear cambios en la Tierra . El sensor MODIS ofrece alta sensibilidad radiométrica (12 bits) en 36 bandas espectrales que varían en longitud de onda de 0,4 um a 0.14,4 um. Se utilizaron cada archivo descargado proporcionado emisividad, Resplandor y bandas de reflectancia, pero sólo las bandas de reflectancia.

2.2 Procesamiento en ENVI

Cada imagen se procesa para obtener el producto NDDI a través de

software clásico ENVI . Las imágenes MODIS fueron primero geo-referenciada mediante la herramienta ENVI Mapa Clásico con la proyección correspondiente de Puerto Rico, que en metros es en la zona UTM 19 N, Norte América 1927. Las imágenes luego fueron procesadas a través de la herramienta “Band Math”, que permite insertar y calcular la ecuación NDDI para cada imagen. NDDI valora rangos entre -1 a 1, debido a esto, los valores que no encajaban en ese rango se procede a enmascarar la imagen con la función de enmascaramiento del menú principal de ENVI. Para tener una mejor visual de los productos finales NDDI una rampa de color se aplica a cada imagen.

2.3 Medidas de Tierra: AERONET

La data fue adquirida de la estación “Aerosol Robotic Network” o (AERONET) ubicada en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. AERONET es una base de datos

internacional que mide por medio de “sunphotometers” las propiedades de los aerosoles en la atmosfera. Es un instrumento de percepción remota ubicado en tierra y pertenece a la red de datos de aerosoles de NASA Goddard Space Center. Los archivos de AERONET proporciona información publica sobre las propiedades ópticas y físicas necesitadas para realizar el análisis. Este instrumento provee datos continuos sobre el grosor de los aerosoles en diferentes largos de onda. El grosor de los aerosoles es una medida en donde los aerosoles interrumpen la transmisión de luz.

3. Resultados

Imágenes procesadas con NDDI fueron analizadas y obtuvo cuatro imágenes por mes. Altas concentraciones de particulado se encuentran mas hacia el núcleo que aparece en color rojo. Además observamos como las concentraciones de polvo en la atmosfera sobre la región de Puerto Rico van

aumentando a medida que se acerca al pico de la estación de polvo del Sahara.

- Abril, 2014

En los resultados obtenidos de NDDI, Figuras 1 a 4, podemos observar como no hay mucha concentración sobre Puerto Rico de particulado de polvo. El poco particulado que se observa sobre la región esta concentrado como si fueran nubes. Los resultados numéricos obtenidos del producto NDDI para el mes de Abril fueron de entre 0 a 0.3. Esto es indicativo de poca concentración de polvo sobre la Isla. Cuando comparamos estos datos con los datos obtenidos de AERONET (Figura 5) encontramos que a pesar de que se parecen AERONET arroja mas cambios en la atmosfera de la región lo cual indica que mas partícula esta presente pero el producto NDDI no lo trabaja.

- Mayo, 2014

Imágenes obtenidas para este mes luego de ser procesadas con el producto NDDI en

ENVI (Figuras 6 a 9), arrojan resultados un poco similar a las imágenes de Abril. En este mes se observa un leve aumento en la concentración de polvo sobre Puerto Rico, acumulado en ciertas regiones. Los datos numéricos del producto están para este mes entre 0.2 a 0.4. En adición cuando comparamos nuestro modelo con los datos de AERONET (Figura 10) vemos con los datos son totalmente diferente, debido a que los datos de grosor de aerosol en AERONET son bien leves y solamente se observa un alza al principio de mes. Esto se debe a que durante el mes de mayo a pesar de ser un periodo seco no hubo mucho trafico de polvo del Sahara.

- Junio, 2014

En el mes de Junio se puede observar un aumento significativo en las cantidades de polvo analizado y las regiones que se encuentra. Para Junio los datos numéricos obtenidos de NDDI (Figuras 11 a 14) fueron entre 0.2 a 0.6 en su mayoría y en las

algunas regiones en particular, alcanzo un máximos de 1.0. Esto concuerda ya que para el mes de Junio el polvo del Sahara comienza a aumentar hacia las regiones del Caribe. En los datos de AERONET vemos como la imagen (Figura 15) es bastante similar con los datos numéricos de NDDI. Se observa una actividad constante de aerosol en este caso polvo del Sahara.

- Julio, 2014

En el mes de Julio los datos numéricos de NDDI van desde 0 a 1.0. Julio es el mes donde mas actividad de polvo del Sahara hay sobre la región del Caribe, específicamente sobre Puerto Rico. En las imágenes (Figura 16 a 19) vemos como Puerto Rico esta completamente cubierto de aerosol. En AERONET (Figura 20) a diferencia de las imágenes satelitales, vemos una concentración normal de aerosoles. Esto indica que el particulado sobre la Isla es bastante fino.

4. Conclusión

Comparando los datos numéricos obtenidos utilizando NDDI con datos meteorológicos públicos, encontramos una alta uniformidad. Según se acerca la temporada alta de polvo del Sahara sobre Puerto Rico encontramos un aumento en los datos numéricos. Adicional vemos como el particulado aumenta en la atmosfera en algunas regiones mas que en otras, esto a consecuencia de la constitución de Puerto Rico y a que los vientos en esta temporada van de este a oeste.

Cuando comparamos la calidad de los datos obtenidos con el resto de los datos encontramos que los datos obtenidos por NDDI son ambiguos debido a que no son constante con el resto de ellos. En algunas imágenes no se detectaba acordeamente los aerosoles sobre la region de Puerto Rico.

5. Recomendaciones

Debido a la complejidad del estudio hay una alta probabilidad de que tengamos que hacer

correcciones al producto de NDDI que están fuera de nuestro alcance por el momento. Esto con el propósito de obtener mejores datos sobre la detección y análisis del polvo del Sahara sobre Puerto Rico. Esto se puede lograr mejorando los productos NDDI y la ecuación para así lograr obtener mejores datos. Además estudiar mejor el comportamiento del polvo y como este afecta de manera general primero la región para luego poder especializar el análisis.

6. Referencias

Colarco, P.R., Toon, O.B., Reid, J.S., Livingston, J.M. 2003. Sharan dust transport to the Carribbean during PRIDE: Transport , vertical profiles, and deposition in simulations of in situ and remote sensing observations., *Journal of Geophysical Research*. 16pp.

Creamean, J., Suski, K., Rosenfeld, D., Cazorla, A., DeMott, P., Sullivan, R., White, A., Ralph, F., Minnis, P., Comstock, J., Tomlinson, J., and Prather, K., 2013, Dust

and Biological Aerosols from the Sahara and Asia Influence Precipitation in the Western U.S., *Journal of Science*, v.339, p.1572-1578.

Kaufman, Y.J., Koren, I., Remer, L.A., Tanre, D., Ginoux, P., Fan, S. 2005. Dust transport and deposition observed from the Terra-Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer spacecraft over the Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*. 16pp.

Koren, I., Kaufman, Y.J. 2004. Direct wind measurements of Saharan dust events from Terra and Aqua satellites. *Geophysical Research Letters*. 31:1-13.

Levy, R.C., Remer, L.A., Tanre, D., Kaufman, Y.J., Ichoku, C., Holben, B.N., Livingston, J.M., Russell, P.B., Maring, H. 2003. Evaluation of the Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer retrievals of dust aerosol over the ocean during PRIDE. *Journal of Geophysical Research*. 13pp.

Morris, V., Clemente-Colon, P., Nalli, N.R., and Joseph, E. 2006. Measuring Trans-Atlantic Aerosol Transport From Africa. *EOS*. 87:50:565-580.

Prospero J.M, Bonarel E., Schubert C. and Carlton T.N.:1970, Dust in Caribbean atmosphere traced to an African dust storm. *Earth planet. Sci. Lett* 9,287.

Yoram J. Kaufmann, Lorraine A. Remer, Didier Tanre, Rong-Rong Li, Richard Kleidman, Shanna Mattoo, Robert C. Levy, Thomas F. Eck, Brent N. Holben, Charles Ichoku, Member, J. Vanderlei Martins and Ilan Koren. 2005. A critical Examination of the residual cloud contamination and diurnal sampling effects on MODIS estimates of aerosol over Ocean. *Geoscience and Remote Sensing*. Vol. 12. 2886-2897.

Zhang, J., Christopher, S.A. 2003. Longwave Radiative forcing of Saharan dust aerosols estimated from MODIS, MISR, and CERES observation on Terra. *Geophysical Research Letters*. 4pp.

7. Apéndice

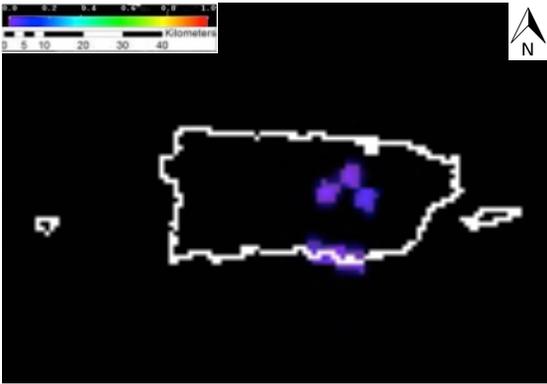


Figura 1 – Resultados NDDI Abril

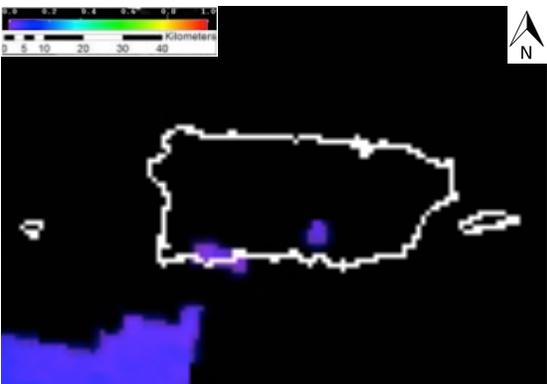


Figura 2 – Resultados NDDI Abril

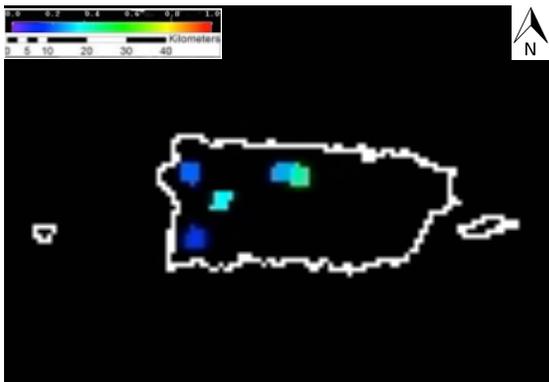


Figura 3 – Resultados NDDI Abril

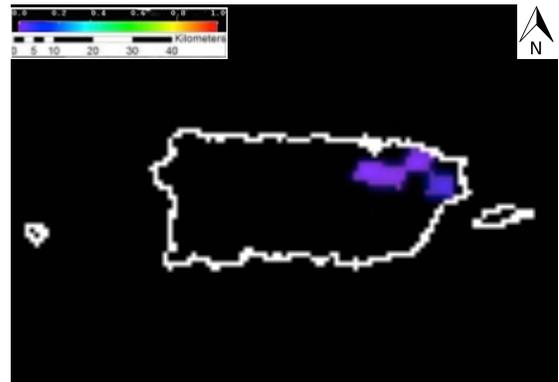


Figura 4 – Resultados NDDI Abril

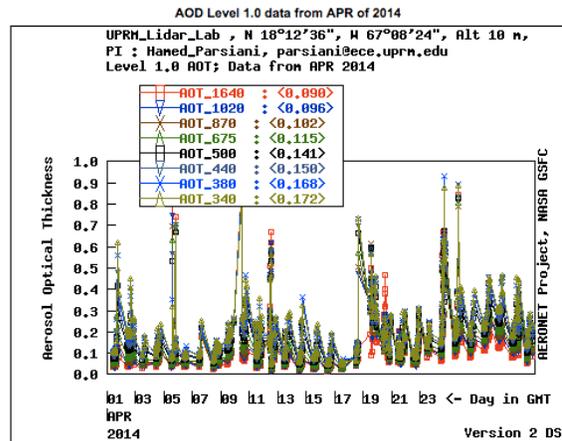


Figura 5 – Grafica AOD Abril

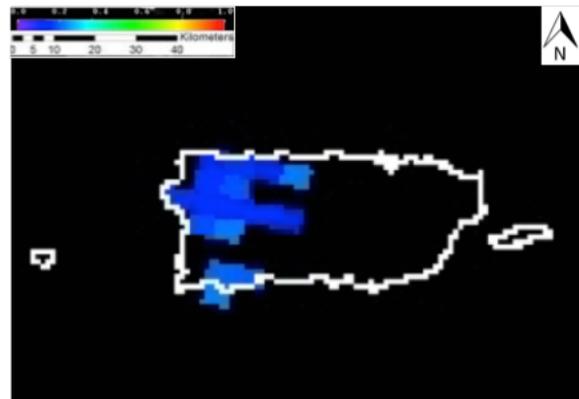


Figura 6 – Resultados NDDI Mayo

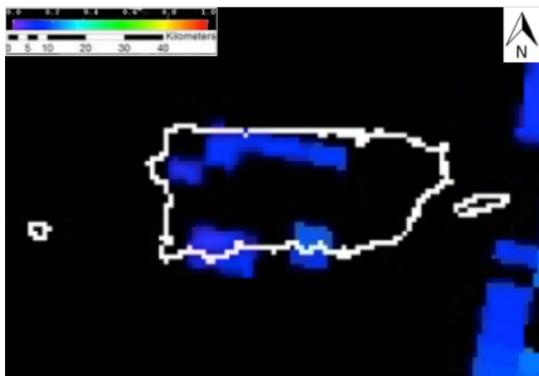


Figura 7 – Resultados NDDI Mayo

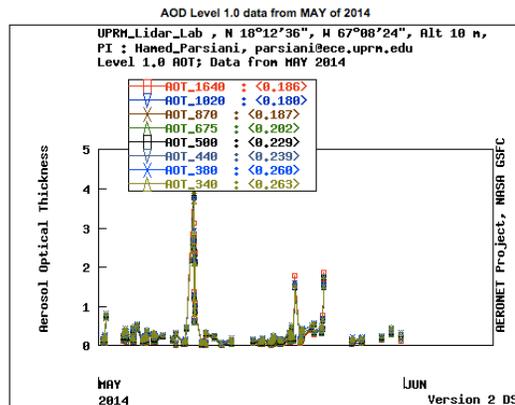


Figura 10 – Grafica AOD Mayo

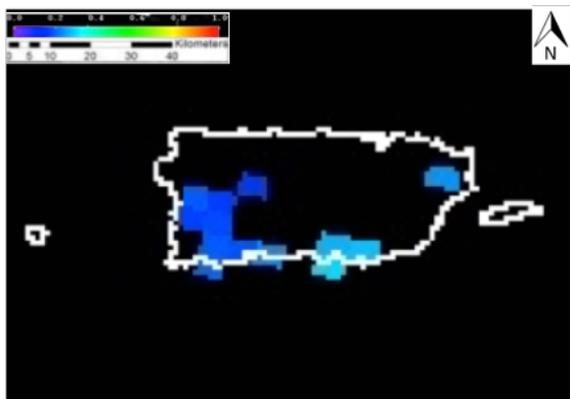


Figura 8 – Resultados NDDI Mayo

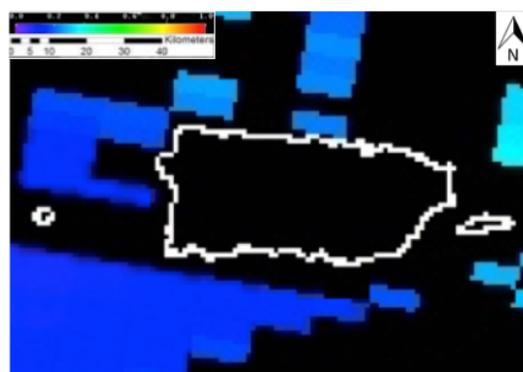


Figura 11 – Resultados NDDI Junio

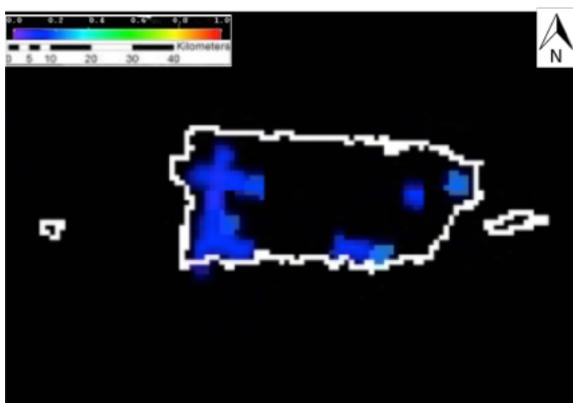


Figura 9 – Resultados NDDI Mayo

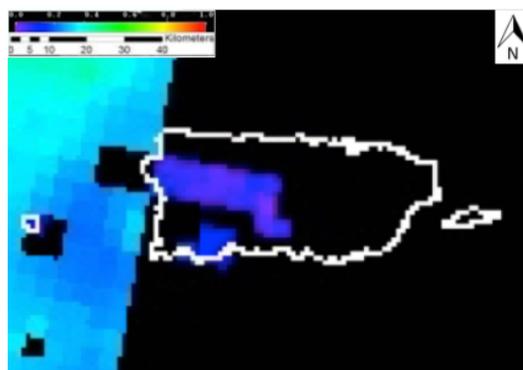


Figura 12 – Resultados NDDI Junio

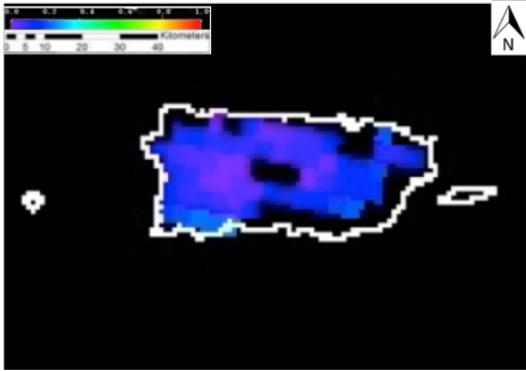


Figura 13 – Resultados NDDI Junio

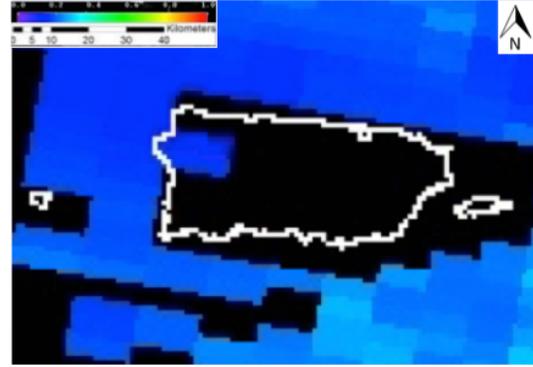


Figura 16 – Resultados NDDI Julio

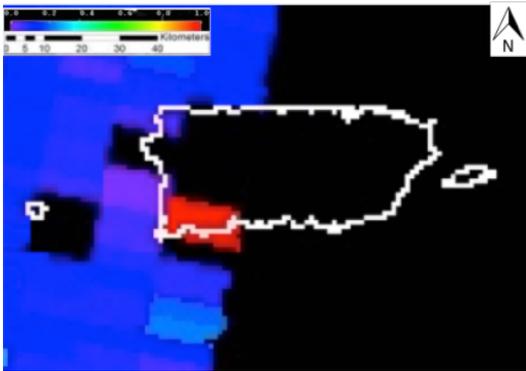


Figura 14 – Resultados NDDI Junio

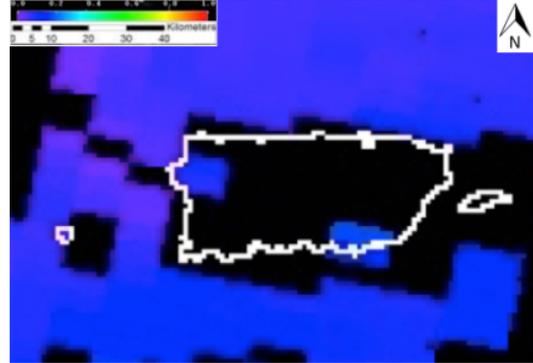


Figura 17 – Resultados NDDI Julio

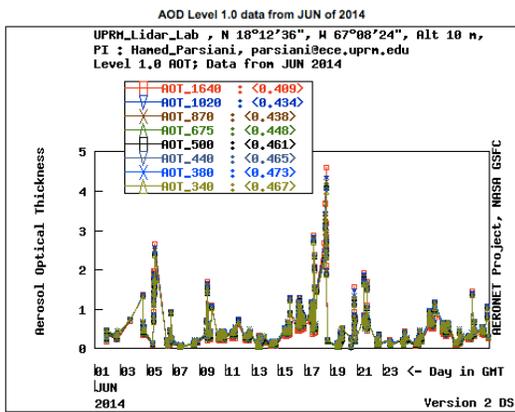


Figura 15 – Grafica AOD Junio

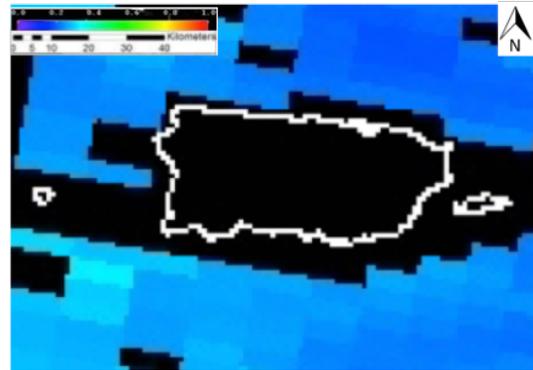


Figura 18 – Resultados NDDI Julio

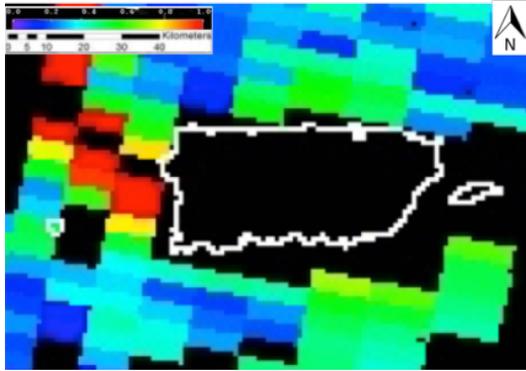


Figura 19 – Resultados NDDI Julio

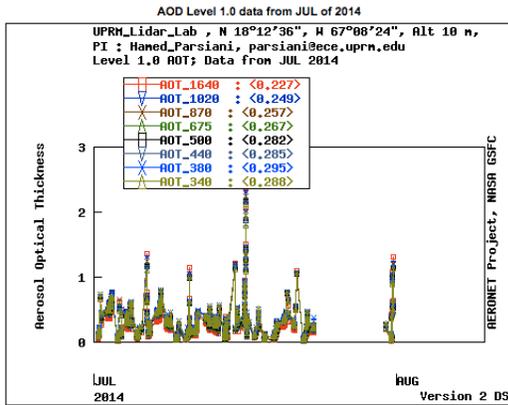


Figura 20 – Grafica AOD Julio