

Differences in the formation of weather systems and rainfall in Puerto Rico during February 2021 and 2022

Raisa C. Rodríguez y Ahmed E. Gandía

Department of Physical Sciences, University of Puerto Rico- Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico, 00681, USA

(Published May 20, 2022)

Abstracto

Según la climatología de Puerto Rico, febrero es uno de los meses más secos del año, recibiendo poca cantidad de lluvias. Sin embargo, en febrero de 2022 Puerto Rico recibió una alta cantidad de precipitación, causando inundaciones en varias regiones de la Isla y rompiendo el récord de máxima cantidad de precipitación para el 5 de febrero de 2022. Es por esto que esta investigación se enfocó en estudiar los fenómenos atmosféricos que afectaron a Puerto Rico en febrero de 2022, ocasionando que fuera un mes con alta actividad de lluvia y se comparó con el mes de febrero de 2021.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a que el mes de febrero para 2022 fue uno con más precipitación de lo usual, queremos comprar el mes de febrero en el año 2021 y 2022, observando: la formación de nubes, algún sistema atmosférico (frentes fríos o cálidos, tormentas, vaguadas, etc), la cantidad de precipitación y las áreas que fueron más afectadas causando inundaciones. Es por esto que nuestro enfoque en esta investigación es estudiar los sistemas atmosféricos que se desarrollaron en el Caribe y afectaron a Puerto Rico con alta precipitación e inundaciones.

II. OBJETIVOS

Algunos de nuestros objetivos para esta investigación es (1) entender cómo utilizar las imágenes satelitales del sensor MODIS

y poder analizarlas e interpretarlas, (2) observar la precipitación en el mes de febrero del 2021 y 2022, y entender cuáles fueron los factores que los causaron, e (3) identificar los fenómenos atmosféricos que afectaron a Puerto Rico en el año 2022.

III. PREGUNTAS CIENTÍFICAS

Nos interesa saber:

- ¿Qué fenómenos atmosféricos ocurrieron en febrero de 2022 que no se formaron en el 2021?
- ¿Estos cambios en la formación de los fenómenos atmosféricos son debido al cambio climático?
- ¿Hubo más humedad en la atmósfera que pudiera causar más formación de nubes?
- ¿Qué puede significar esto para Puerto Rico?

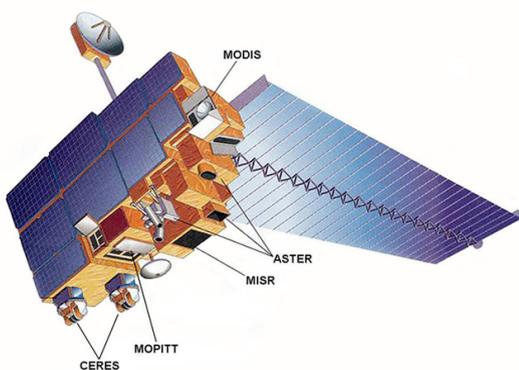
IV. SATÉLITE

El sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), a bordo del satélite TERRA, fue lanzado el 18 de diciembre de 1999. Luego el 4 de mayo de 2002, el segundo sensor de MODIS fue lanzado en el satélite AQUA. MODIS es un sensor multiespectral que tiene cobertura global y se encarga de observar toda la superficie terrestre cada 1 a 2 días, adquiriendo datos de 36 bandas diferentes. Igualmente, mide las propiedades físicas de la atmósfera, océano y tierra, y mide el porcentaje de la superficie de la Tierra que está cubierta por las nubes (mide la distribución y el tamaño de las gotas de nubes).

Tabla #1: Tipos de resoluciones del sensor MODIS

| Tipo de resolución | MODIS |
|-------------------------|---|
| Resolución espectral | 36 bandas (21 entre 0.4-3.0 μm ; 15 entre 3-14.5 μm) |
| Resolución espacial | 250 m (bandas 1 y 2) 500 m (bandas 3-7) 1000m (bandas 8-36) |
| Resolución radiométrica | 12 bits |
| Resolución temporal | 1 a 2 días |

Imagen #1: Sensor MODIS a bordo del satélite TERRA



V. TRABAJOS PREVIOS

El artículo titulado “Multitemporal Cloud Detection and Masking Using MODIS Data” se encarga de usar MODIS para estudiar las propiedades espectrales y el masking de las nubes. Durante la investigación se utilizaron datos del sensor con varias fechas del 2004 al 2005.

El otro artículo titulado “The MODIS Near-IR Water Vapor Algorithm” el cual habla sobre el MODIS Near-Infrared Total Precipitable Water Product (MOD 05), que consiste de la cantidad de vapor de agua sobre la tierra y el océano. Este algoritmo se encarga de calcular la radiación infrarroja del vapor de agua en la superficie y las nubes.

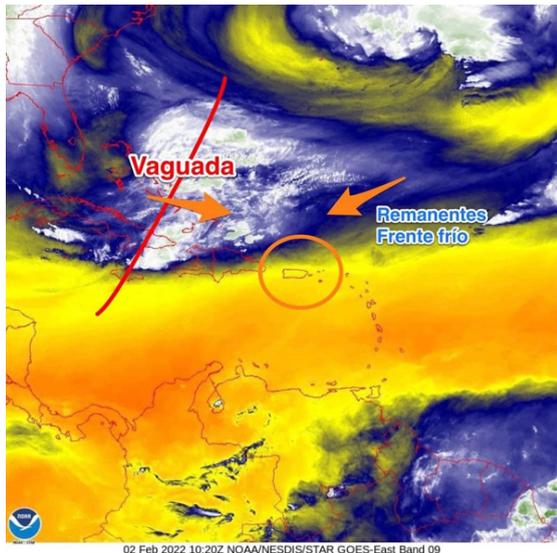
VI. METODOLOGÍA

Al inicio de nuestra investigación, se había propuesto utilizar el satélite GOES-16, pero debido a que no se pudo encontrar imágenes crudas para procesar en ENVI, se tuvo que optar por cambiar de sensor, escogiendo el sensor de MODIS. Se estuvo utilizando la página Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System Distributed Active Archive Center (LAADS DAAC) de la NASA (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>) para obtener las imágenes satelitales del sensor MODIS. Luego se adquirieron imágenes del 4 al 8 de febrero de los años 2021 y 2022 sobre Puerto Rico. Ya con las imágenes obtenidas, se utilizó el programa de ENVI para georeferenciar las imágenes. Las bandas que se seleccionaron fueron las bandas 26, 17 y 15, de las 36 bandas que tiene MODIS, para observar la intensidad de precipitación en las nubes. La banda 26 se seleccionó ya que está relacionada al vapor de agua de las nubes cirrus, la banda 17 se seleccionó ya que está relacionada al vapor de agua presente en la atmósfera,

y la banda 15 se seleccionó ya que está relacionada al color del océano.

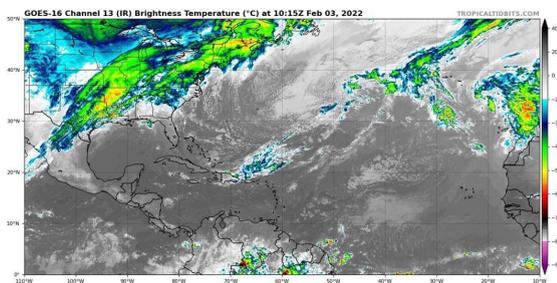
VII. OBSERVACIONES

Imagen #2: Imagen satelital del GOES-16 sobre el Caribe el 2 de febrero de 2022



Nota: Imagen infrarroja del 2 de febrero de 2022 obtenida por el National Weather Service (NWS)- San Juan, PR, donde se resalta el vapor de agua en la atmósfera media y se observa una vaguada acercándose a PR por el noroeste y al noreste se observa los remanentes de un frente frío.

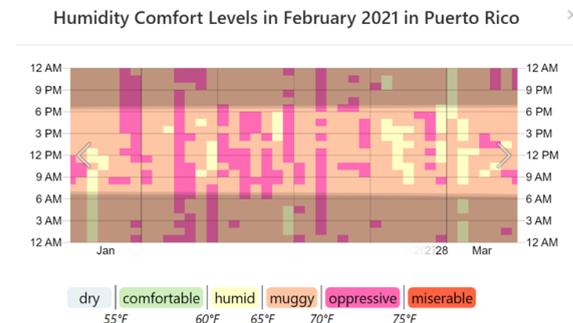
Imagen #3: Imagen satelital del GOES-16 sobre el Caribe el 3 de febrero de 2022



Nota: Con las imágenes del GOES-16, se observa que hay remanentes de un frente frío, abundante humedad e inestabilidad en la atmósfera, igualmente hay una vaguada activa.

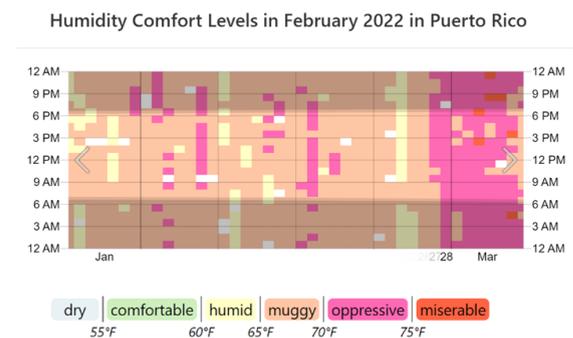
La vaguada fue lo que más impacto tuvo durante el 5 de febrero.

Gráfica #1: Niveles de humedad en febrero de 2021 en Puerto Rico



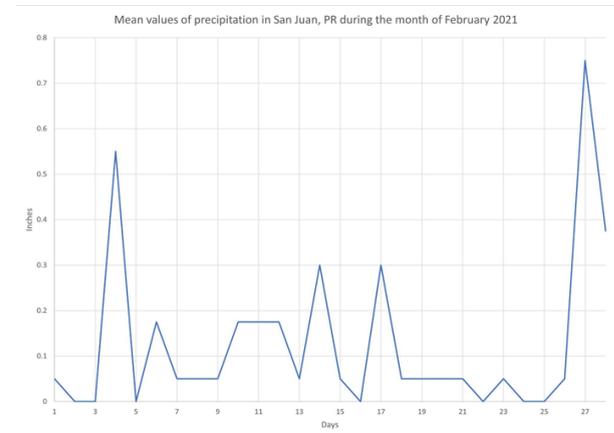
Nota: Se observa que para este mes hubo una mayor región de alta humedad “oppressive”.

Gráfica #2: Niveles de humedad en febrero de 2022 en Puerto Rico



Nota: Se observa que para este mes hubo una mayor región de humedad media “muggy”.

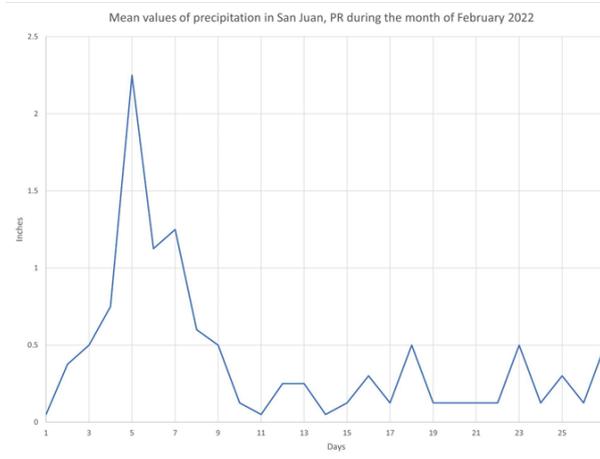
Gráfica #3: Cantidad de precipitación durante el mes de febrero para el 2022



Nota: Se utilizó la página de National Centers for Environmental Information de la NOAA

para obtener los datos. Los días más activos durante este mes fueron los días 4, 27 y 28.

Gráfica #4: Cantidad de precipitación durante el mes de febrero para el 2022



Nota: Se utilizó la página de National Centers for Environmental Information de la NOAA para obtener los datos. Los días más activos durante este mes fueron los días 4-8.

VIII. RESULTADOS

El mes de febrero en el año 2022 en Puerto Rico fue uno con más precipitación de lo usual, ya que este mes suele ser uno de los meses más secos. No obstante, se observó que los días más activos de febrero en el año 2021 fueron el 4, 27 y 28, y en el año 2022 fueron los días del 4 al 8 de febrero de 2022. Enfocándonos en el área norte de la Isla, donde fue la región que recibe más lluvia en febrero de 2022, se observó San Juan como el mes con más lluvia con récord de 11.7 pulgadas (297mm), lo cual fueron más de 9 pulgadas (229 mm) sobre la cantidad normal. Ahora bien, basándonos en los datos, el día donde hubo más precipitaciones fue el 5 de febrero de 2022, donde se rompió el récord de lluvia máxima establecido en 1998 (Imagen __), mientras que en el 2021 no se reportó un porcentaje significativo de aguaceros hasta los últimos días del mes.

Imagen #4: Imagen de MODIS el 4 de Febrero 2021

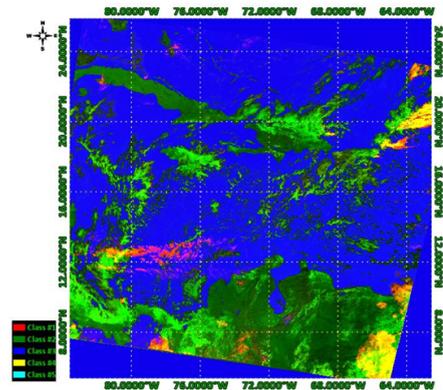
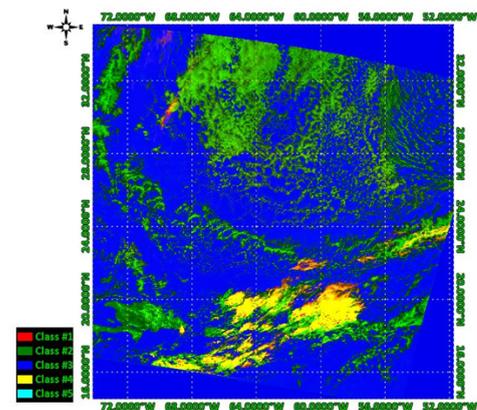
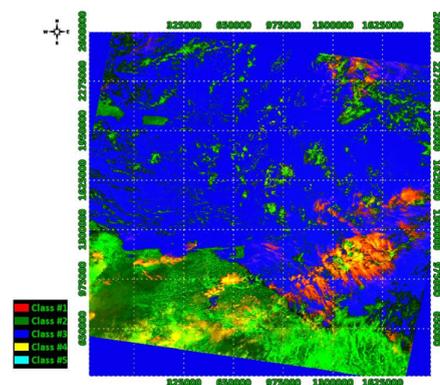


Imagen #5: Imagen de MODIS el 4 de Febrero 2022



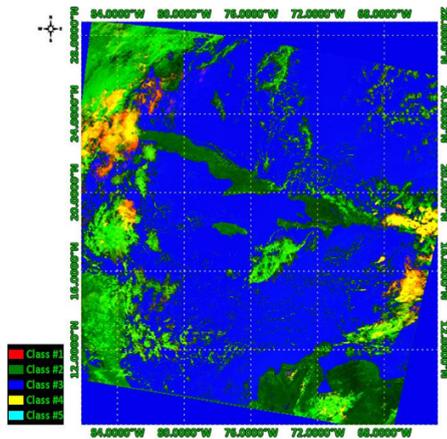
Nota: En esta imagen se observa la nubosidad sobre la Isla durante esta fecha. La intensidad de la vaguada se puede identificar con los colores de la nube.

Imagen #6: Imagen de MODIS el 5 de Febrero 2021



Nota: Las condiciones durante estos días estuvieron favorables.

Imagen #7: Imagen de MODIS el 5 de Febrero 2022



Nota: Este día fue el más activo del mes de febrero de 2022, y en la imagen se observa esa alta intensidad de lluvia sobre PR.

Imagen #8: Imagen de MODIS el 6 de Febrero 2021

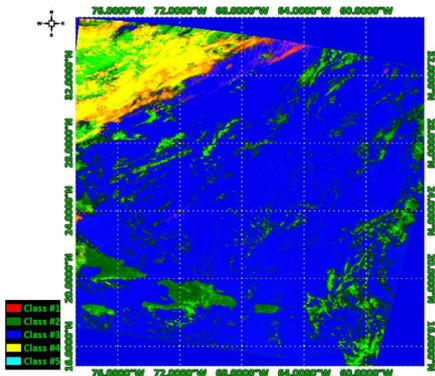
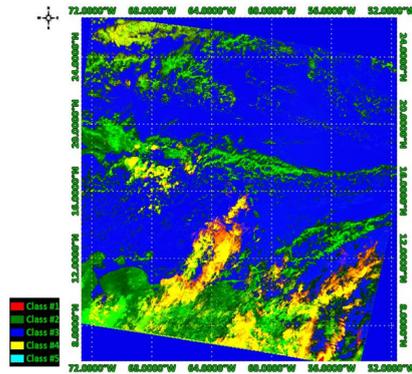


Imagen #9: Imagen de MODIS el 6 de Febrero de 2022



Nota: Las condiciones lluviosas continúan durante este día.

Imagen #10: Imagen de MODIS el 7 de Febrero 2021

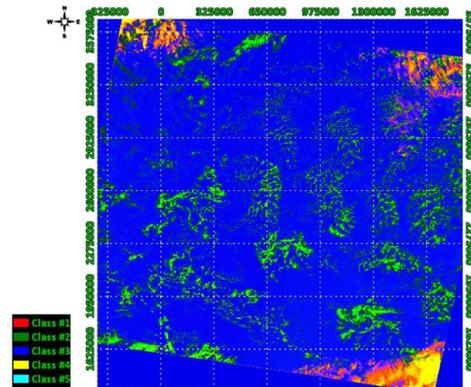


Imagen #11: Imagen de MODIS el 8 de Febrero 2021

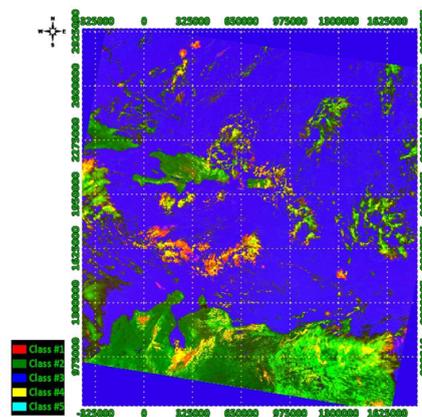


Imagen #12: Imagen de MODIS el 7 de febrero 2022

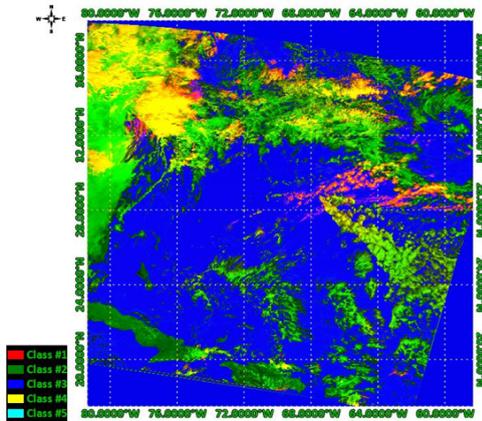
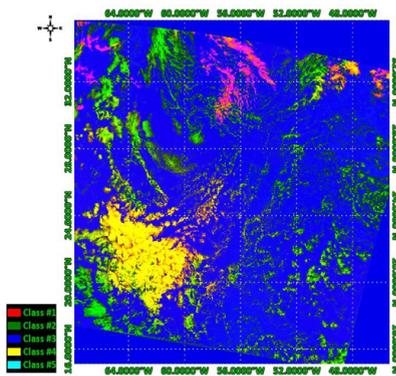


Imagen #13: Imagen de MODIS el 8 de febrero 2022



Nota: En esta imagen se observa que ya se va disipando la precipitación, lo cual es mucho menos en comparación con los otros días.

Imagen #14: Récord de lluvia máxima en San Juan, PR

Maximum Rainfall Record
Récord de Lluvia Máxima

1.50"

so far - rainfall continues |
 hasta el momento - continúa la lluvia

Old Record | Récord Anterior
of | de... 0.80"

set in | establecido en... 1998
 in San Juan, Puerto Rico

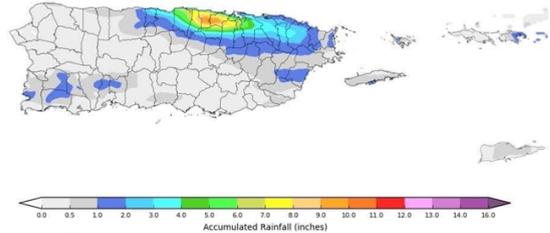
National Weather Service,
 San Juan Office

Date: February 6th, 2022

Nota: El 5 de febrero de 2022 fue el día con más actividad de lluvia en el mes, rompiendo el récord de lluvia máxima con 1.50".

Imagen #15: Acumulación de precipitación en PR para el 5 de febrero de 2022

Preliminary Rainfall Totals for Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands
 Data Source: MPE (Radar Estimates & Rain Gages)
 Valid from 02/05/2022 06Z to 02/06/2022 06Z



National Weather Service
 San Juan, PR
 02/05/2022 21:38 AST

Follow Us: [f](#) [t](#) [v](#)
 weather.gov/sju

Nota: La región norte y noreste de Puerto Rico fue la más afectada con el paso de la vaguada y los remanentes de frío que ocasionaron mucha precipitación.

Imagen #16: Área de Bo. Tumbao, Maunabo, PR el 6 de febrero de 2022



Imagen #17: Río La Plata visto en Naranjito



IX. CONCLUSIÓN

Al concluir la investigación, se observó que las lluvias que se vieron en el 2021 fueron debido a los efectos locales. Estos incluyen la humedad de la atmósfera y el ciclo diurno. En el 2022 las lluvias fueron causadas por la cercanía de una vaguada y los remanentes de un frente frío. A pesar de esto, se reportó una mayor cantidad de humedad en el 2021 en comparación con seguir estudiando para poder tener mejor conocimiento de cómo combatirlo. Finalmente, los fenómenos atmosféricos que recibió Puerto Rico en febrero de 2022 sirven como recordatorio de que Puerto Rico debe estar más preparado para recibir estos fenómenos con mayor intensidad de precipitación. Es por esto que debemos mantenernos informados con boletines informativos sobre lo que sucede en cuanto a las condiciones del tiempo, ya que esto nos ayudará a estar mejor preparados para cualquier evento atmosférico que se aproxime.

X. REFERENCIAS

- [1] "Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System Distributed Active Archive Center - LAADS DAAC." NASA, NASA, <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>.
- [2] The Modis near-IR Water Vapor Algorithm - NASA. https://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod03.pdf.
- [3] Primary Use and Spectral Information for Modis Bands [9]. https://www.researchgate.net/figure/Primary-use-and-spectral-information-for-MODIS-bands-9_tbl1_287559307.
- [4] Team, NCEI GIS. "Daily Summaries." National Centers for Environmental Information (NCEI),

el año 2022. Por otra parte, aunque los cambios que se observaron no estuvieron directamente relacionados al cambio climático, este es responsable de los cambios en las temperatura en los océanos y en el aire, lo cual puede ocasionar aumentos en la precipitación, siendo estos más intensos. Por esta razón es que el cambio climático es un tema que se debe

<https://www.ncei.noaa.gov/maps/daily-summaries/>.

[5] LP DAAC - Modis Overview - USGS. <https://lpdaac.usgs.gov/data/get-started-data/collection-overview/missions/modis-overview/>.

[6] Multitemporal Cloud Detection and Masking Using Modis Data. https://www.researchgate.net/publication/287559307_Multitemporal_cloud_detection_and_masking_using_MODIS_data.

[7] NCEI.Monitoring.Info@noaa.gov.

"February 2022 National Climate Report." February 2022 National Climate Report | National Centers for Environmental Information (NCEI), <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/national/202202>.

[8] Garner, R. (2015, March 5). Terra spacecraft. NASA. Retrieved May 12, 2022, from https://www.nasa.gov/mission_pages/terra/spacecraft/index.html

[9] Environmental Protection Agency. (n.d.). EPA. Retrieved May 12, 2022, from <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heavy-precipitation#:~:text=Climate%20change%20can%20affect%20the,heavier%20rain%20and%20snow%20storms>.