

**Caracterización del Huracán Iota y su impacto en el Archipiélago de San Andrés,
Providencia y Santa Catalina en 2020**

Estudiante

Andrés Fernando Meza Núñez

Director

PhD Juan Carlos Ortiz Royero

Universidad del Norte

Departamento de Física y Geociencias

Barranquilla, noviembre de 2022

1. Introducción

Conocemos a los huracanes como ciclones tropicales que se desarrollan en el Océano Atlántico sobre aguas cálidas entre los meses de junio y noviembre, usualmente desplazándose en dirección Oeste (W) o Noroeste (NW) sobre el Mar Caribe, lo cual hace que las zonas más afectadas sean las Antillas Mayores y el litoral suroriental de Estados Unidos. Estas tormentas provocan afectaciones a la infraestructura y presentan un riesgo a la vida de muchas personas y ecosistemas en áreas costeras a través de fuertes vientos, alta precipitación, inundaciones y oleaje extremo (Ortiz et al., 2021).

En el Caribe colombiano, el área más afectada por el paso de tormentas tropicales es el Archipiélago de San Andrés (Ortiz, 2010), siendo afectado en el período entre 1900 y 2010 por 2 depresiones tropicales, 3 tormentas tropicales y 2 huracanes de categorías 2 en 1911 y 3 (Joan) en 1988. El Huracán Iota de noviembre de 2020, es el primer huracán categoría mayor (categoría 4) que ha pasado por el Archipiélago desde que se tienen registros, siendo particularmente desastroso sobre Providencia y Santa Catalina y causando daños menos severos en San Andrés.

El Archipiélago de San Andrés y Providencia se encuentra en el Caribe Occidental entre las coordenadas $12^{\circ} 35' 37'' \text{N}$ y $14^{\circ} 42' \text{N}$ y $81^{\circ} 40' 49'' \text{W}$ y $81^{\circ} 43' 13'' \text{W}$ con una extensión de $52,5 \text{ km}^2$ y una población proyectada de 65.228 habitantes para el año 2022 (DANE). Es un importante destino turístico de Colombia en gran parte gracias a que se encuentra sobre grandes ecosistemas de manglares, arrecifes coralinos y pastos marinos, los cuales se encuentran protegidos por la AMP *Seaflower*, la octava más grande del mundo con un área de 65000 km^2 .

El clima del Archipiélago de San Andrés y Providencia se caracteriza por temperaturas cálidas con poca variación, teniendo temperaturas máximas entre 28°C y 31°C , y mínimas entre 24°C y 27°C ; donde los meses más fríos son diciembre, enero y febrero, mientras que los más cálidos están desde junio hasta septiembre. En cuanto a precipitación, los meses más secos son febrero, marzo y abril, cada uno con menos de 50 mm de lluvia en promedio, en contraste, los más lluviosos son septiembre, octubre y noviembre con promedios entre 185 mm y 240 mm, siendo este máximo en el mes de octubre. Los vientos, por su parte, provienen mayoritariamente del Noreste (NE) con direcciones alternativas desde el Este Noreste (ENE) y Norte Noreste (NNE), la velocidad del viento muestra una estacionalidad caracterizada por dos máximos de 21 km/h en Julio y en Diciembre – Enero, y mínimos en Mayo ($\sim 13 \text{ km/h}$) y Septiembre ($\sim 9 \text{ km/h}$) (Meteoblue, 2022).

2. Planteamiento del problema

El Huracán Iota ha sido la tormenta más intensa de la historia del Archipiélago de San Andrés y Providencia, sin embargo, a través del cambio climático se espera un aumento en la proporción de ciclones tropicales de alta intensidad (Categorías 4 y 5) en el corto plazo (Knutson et al., 2019). Teniendo en cuenta que el archipiélago no ha sido históricamente una región de alta frecuencia de impacto de ciclones tropicales mayores, además de la generalizada falta de planes efectivos de prevención contra desastres naturales en regiones alejadas de los centros económicos de Colombia, se puede afirmar que la infraestructura y la población del archipiélago serán cada vez más vulnerables a medida que pasa el tiempo.

Por estas razones en este trabajo se plantea una caracterización de parámetros atmosféricos y oceanográficos relacionados a la evolución del huracán Iota, además de un análisis de la geología y geomorfología de las islas para identificar la magnitud de los impactos a los que están expuestos los ecosistemas, la población isleña y la infraestructura. Adicionalmente se incluirá una revisión de los reportes de todas las agencias de nacionales e internacionales sobre los impactos de Iota en esta zona del Caribe colombiano.

3. Objetivo general

Caracterizar y analizar los parámetros atmosféricos y oceanográficos del Huracán Iota, así como los impactos de su paso sobre el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

3.1 Objetivos específicos

- Evaluar la evolución y propiedades atmosféricas y oceanográficas del Huracán Iota sobre el Archipiélago
- Revisar los impactos del huracán Iota sobre los ecosistemas, población isleña e infraestructura del archipiélago.

4. Metodología

4.1 Zona de estudio

En este trabajo se definió el área entre 12°N y 15°N, y 79°W y 83,5°W como la zona de estudio teniendo en cuenta que todo el archipiélago está incluido en este dominio, incluyendo parte de la costa de Nicaragua. El área seleccionada es mostrada en la Figura 1, incluye parte de la línea de costa nicaragüense, así como diferentes accidentes geográficos submarinos, entre ellos la plataforma continental centroamericana cuya isóbata de 500 metros se encuentra en dirección NNE-SSW, las fosas de San Andrés y de Providencia separadas por el Paso San Andrés, que separan al archipiélago de la plataforma continental, las mesetas

submarinas Catiós y Motilones separadas entre sí por el paso Quitasueño y ubicadas al norte de Providencia, hacia el este cerca de los $80,15^{\circ}\text{W}$, las elevaciones más notorias corresponden a los bancos de Serrana y Quitasueño que tienen a la cuenca Quimbaya de por medio. A partir de esta zonificación, se demarcó un período correspondiente al paso de Iota a través del área demarcada, el cual se estableció desde las 0 horas del día 15 de noviembre hasta las 12 horas del día 17 de noviembre.

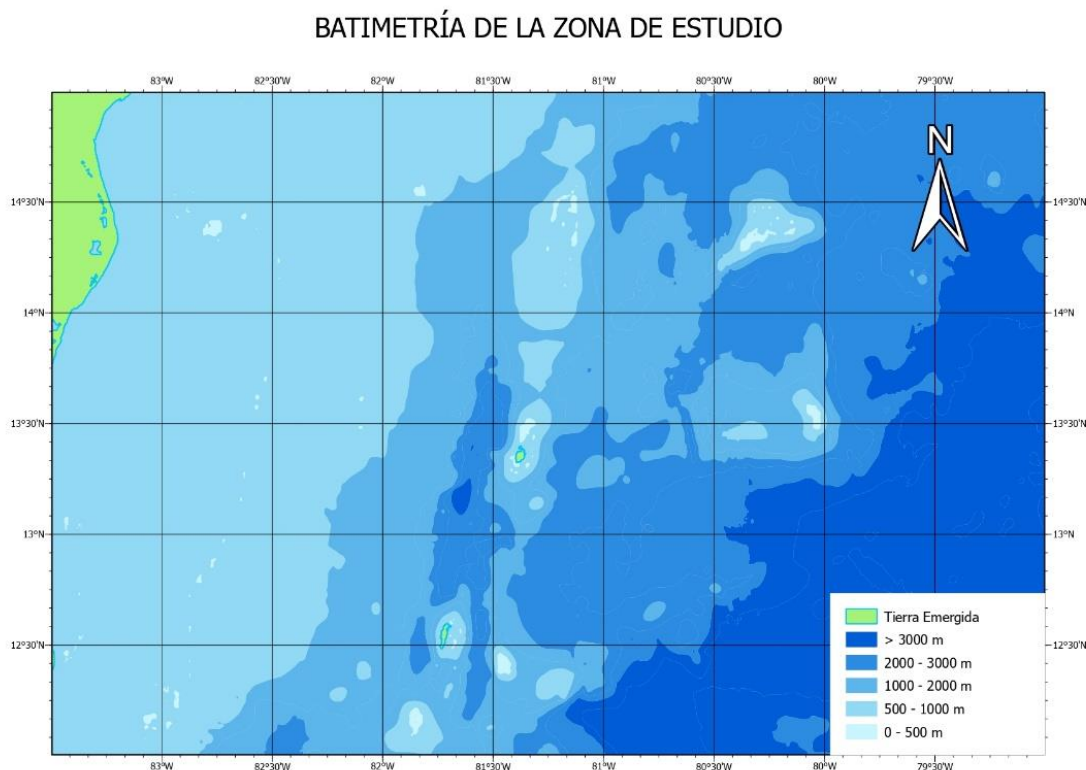


Fig 1. Mapa batimétrico de la zona de estudio. Datos batimétricos tomados de GEBCO *Gridded Bathymetry Data*.

4.2 Metodología discriminada por objetivos

Para el primer objetivo, el primer paso fue la descarga de información desde dos bases de datos, en específico, *ERA5 hourly data on single levels from 1959 to present* consultada desde el sitio web de Climate Data Store y *IBTrACS data* accedida a partir de la consulta de información de Iota, 2020 en el sitio web de Historic Hurricane Tracks. Desde la base de datos de ERA5 se descargaron datos de reanálisis en formato NetCDF teniendo en cuenta el marco espacial y temporal definido, asegurando escoger una variable y hora a la vez. Las variables escogidas desde esta base de datos fueron las siguientes: altura significativa de la combinación de olas de viento y swell, período promedio de olas, precipitación total, y componentes “u” y “v” del viento a 10 metros de altura. A partir del sitio web con la información de IBTrACS, se procedió a transcribir los datos tabulados en la sección “All available IBTrACS Data” en una tabla en Microsoft Excel.

La información descargada de ERA5 fue graficada utilizando MATLAB R2022b, procurando que todas las imágenes generadas tuvieran la rampa de color “Turbo”, límites estáticos que recojan todo el rango de datos por cada variable, y coordenadas etiquetadas cada 1° y puntillas cada 30°. Se definió un intervalo de valores entre contornos para cada variable, en el caso de altura significativa se estableció en 0,25 m, para período del oleaje fue de 0,25 s, y para precipitación se utilizó un intervalo de 1 mm. A la información tabulada en Excel se le aplicaron las conversiones de unidades para las variables de velocidad y distancia, transformando nudos y millas náuticas en kilómetros por hora y kilómetros, respectivamente. Posteriormente se graficaron las variables a manera de serie de tiempo, limitando los datos al marco temporal escogido anteriormente.

El segundo objetivo se llevó a cabo a través de una revisión bibliográfica enfocada en los impactos a la población isleña y ecosistemas del archipiélago a partir de publicaciones académicas, reportes de organizaciones gubernamentales e internacionales y prensa nacional.

5. Resultados

5.1 Propiedades atmosféricas y oceanográficas

Desde el inicio del 15 de noviembre de 2020, se observa una reducción de presión atmosférica promedio de 1 mb/h durante un periodo de 18 horas. Durante este tiempo, Iota no ha ingresado completamente a la zona de estudio pero se nota la rotación de los vientos en el límite oriental, la dirección del desplazamiento cambia desde 318° hasta 275° y simultáneamente, la velocidad de avance de la tormenta creció a los 16,67 km/h desde su velocidad mínima de 5,56 km/h; los vientos máximos sostenidos se intensificaron desde 102 km/h hasta 139 km/h convirtiéndose en huracán de categoría 1 y acercándose al límite superior de esta clasificación, las precipitaciones se concentran en el límite oriental de la zona de estudio entre los 13°N y 14°N con un máximo de 8,8 mm al mediodía y en cuanto al oleaje, tanto la altura significativa como el período de las olas aumentan progresivamente en sentido W – E y sus máximos se encuentran entre los 13,5°N y 14,5°N, el máximo período de olas creciendo desde los 7 s hasta 8,8 s y la altura significativa creciendo desde 2,33 m hasta 5,79 m.

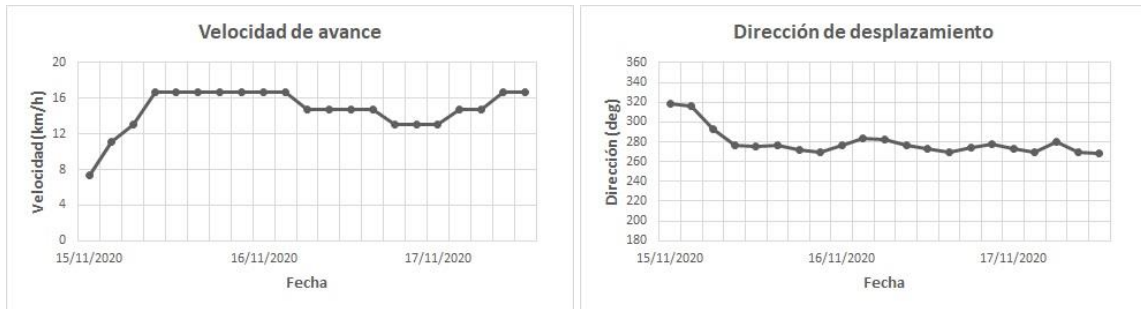


Fig 2. Diagramas de movimiento de Iota – Velocidad de avance y Dirección de desplazamiento del huracán Iota entre las 0 horas del 15 de noviembre y las 12 horas del 17 de noviembre, en intervalos de 3 horas. Datos obtenidos de la base de datos de IBTrACS.

Se observa en la Figura 2, que al comenzar la noche – alrededor de las 6 pm – al encontrarse estabilizada la dirección del desplazamiento en valores entre 270° y 283° , y la velocidad de avance en $16,7 \text{ km/h}$, el ojo del huracán ingresa a la zona de estudio y la tormenta inicia un período de rápida intensificación, con una aceleración de vientos máximos sostenidos promedio de $6,17 \text{ km/h}^2$ y velocidad de disminución de presión de $3,17 \text{ mb/h}$, al mismo tiempo que se reduce gradualmente el radio de vientos máximos hacia su valor mínimo de $18,5 \text{ km}$, en contraste, tanto la altura significativa como el período de olas experimentan crecimientos más lentos que lo registrado anteriormente.

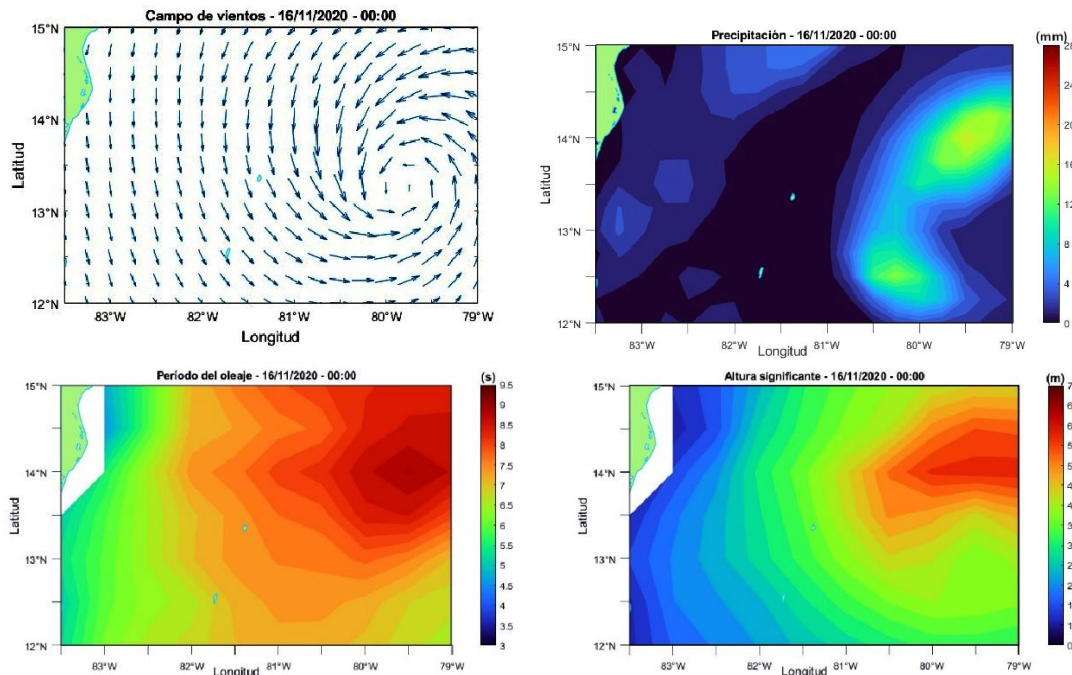


Fig 3. Estado del Huracán Iota durante las 0 horas del 16 de noviembre – Campo de vientos, Precipitación, Período del oleaje, Altura significativa. Datos tomados de Hersbach, H. et al., (2018).

Durante el transcurso de este período de rápida intensificación vemos como Iota alcanza categoría 2 alrededor del inicio del 16 de noviembre, momento en que se puede apreciar en la Figura 3 con una altura significativa y período del oleaje mayores en los cuadrantes 1 y 4 con un 2^{do} cuadrante con significativos niveles de periodo de olas, y el establecimiento de

una banda de precipitación en forma de arco justo al frente del ojo del huracán con un valor máximo de 16 mm. A las 6 de la mañana Iota alcanza vientos de categoría 4, y a pesar de que el centro del ciclón no ha llegado a cercanías de Providencia y Santa Catalina, las islas ya empiezan a experimentar altos niveles de altura significativa y período de olas – 5,16 m y 7,9 s respectivamente - a la vez que empiezan a recibir precipitación más intensa.

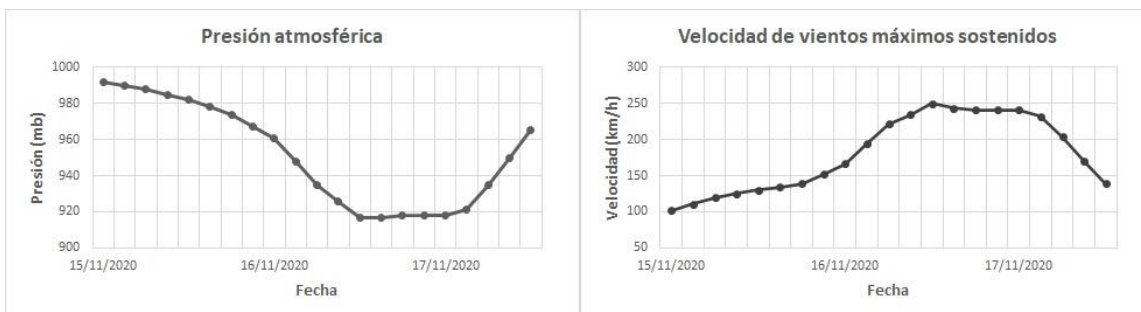


Fig 4. Diagramas de intensidad - Presión atmosférica y Velocidad de vientos máximos sostenidos del huracán Iota entre las 0 horas del 15 de noviembre y las 12 horas del 17 de noviembre, en intervalos de 3 horas. Datos obtenidos de la base de datos de IBTrACS.

El final del período de intensificación rápida ocurre al mediodía con el ojo del huracán ubicado alrededor de 20 km al NW de las islas de Providencia y Santa Catalina, con vientos máximos de 250 km/h, cercanos al límite superior de vientos de categoría 4; y presión atmosférica de 917 mb, parámetros visualizados en la Figura 4. El máximo período de olas alcanza 9 segundos en 14°N, 81,5°W y la máxima altura significativa supera los 6,5 m en 14°N, 82°W, en la Figura 5 se puede observar que estas ubicaciones se encuentran al N o NW de las islas de Providencia y Santa Catalina. La precipitación en este momento tiene un máximo de 19 mm y continúa en forma de arco al W y NW del ojo del huracán.

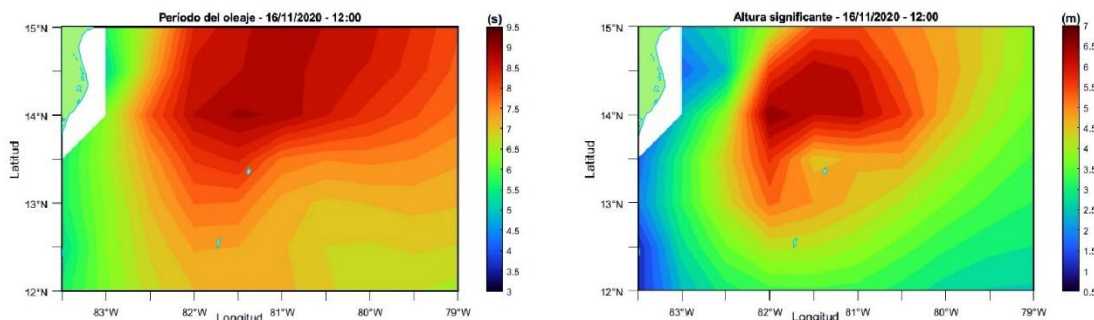


Fig. 5 Período del oleaje y altura significativa sobre las 12 horas del 16 de noviembre. Datos tomados de Hersbach, H. et al., (2018).

A través de las horas de la tarde, las zonas con mayor período de olas y altura significativa empiezan a rezagarse con respecto al desplazamiento del ojo del huracán con un relativo paralelismo a la forma de la batimetría somera cercana a la línea de costa nicaragüense, y también es visible el efecto disipativo de las islas de Providencia y Santa Catalina sobre la altura significativa, lo cual se aprecia claramente en la Figura 6, ya que a las 18 horas del 16 de noviembre hay picos al norte y suroeste de las islas que superan los 6 metros, mientras que en cercanía de las islas la altura es cercana a los 5 metros y en apenas 30' hacia el oeste se reducen a 4,4 metros.

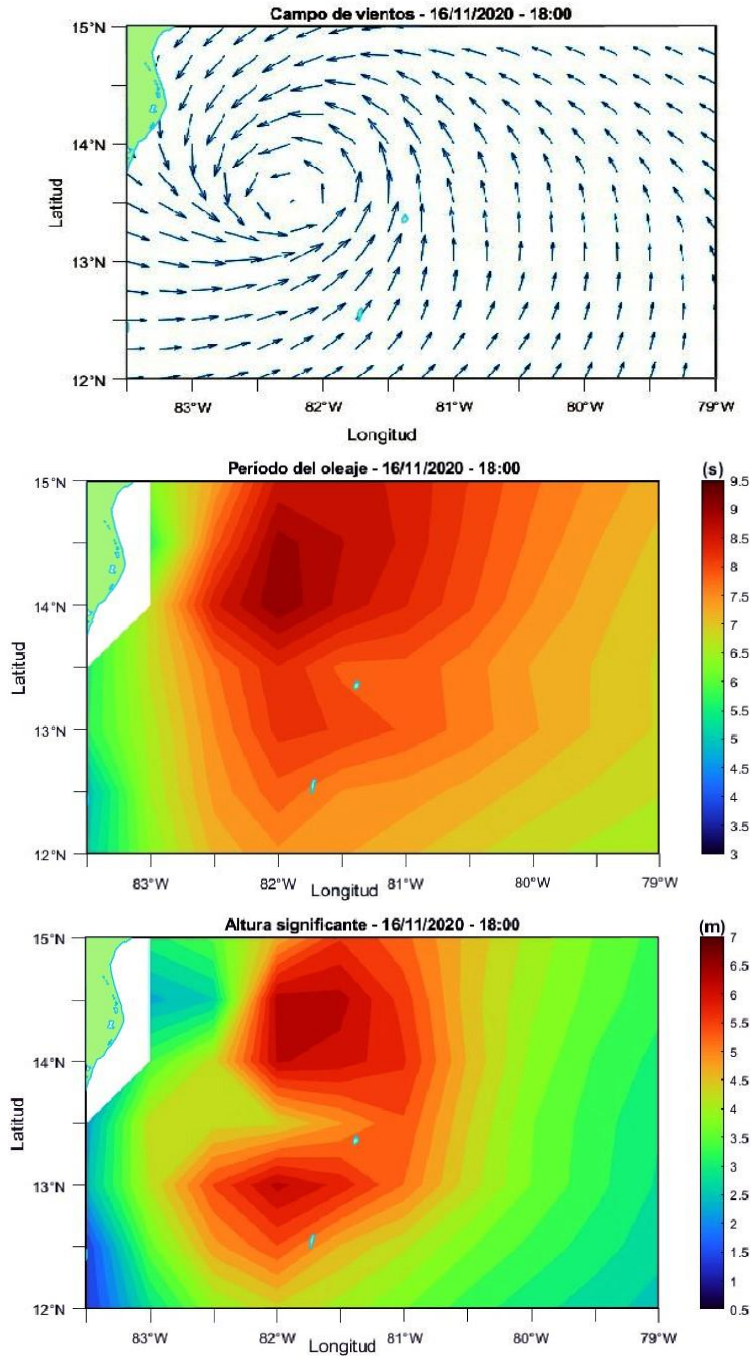


Fig 6. Estado del Huracán Iota durante las 18 horas del 16 de noviembre – Campo de vientos, Período del oleaje, Altura significativa. Datos tomados de Hersbach, H. et al., (2018).

Iota se mantiene en categoría 4 a través de su recorrido sobre la plataforma continental durante poco más de 12 horas hasta hacer contacto con tierra firme en la costa caribe nicaragüense aproximadamente a las 3 horas del 17 de noviembre, debilitándose gradualmente al verse reducida su velocidad máxima de vientos sostenidos en 18 km/h mientras que la presión atmosférica aumentó en 4 mb y el radio de vientos máximos creció hasta 37 kilómetros. También se observa en la Figura 7 como el oleaje empieza a desligarse

de las fuerzas del huracán, de manera que tanto la altura significativa como el período de olas empiezan a decrecer, aunque con diferencias espaciales ya que mientras que los picos de altura significativa se mantienen cercanos al litoral nicaragüense, los mayores períodos de olas se mueven en dirección contraria al desplazamiento de Iota. Durante las primeras horas del 17 de noviembre, la precipitación alcanza sus niveles instantáneos más altos alcanzando los 26 mm, concentrándose en el margen occidental de la zona de estudio y en latitudes entre 13°N y 14°N mientras que el resto de la zona de estudio generalmente recibe menos de 2 mm de precipitación.

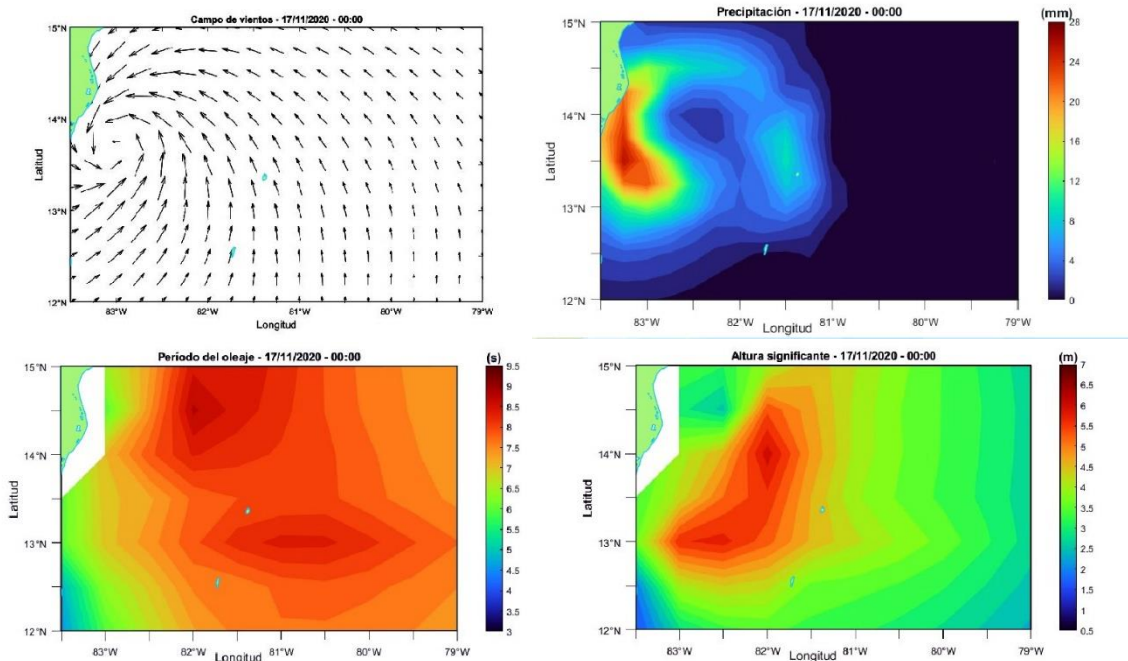


Fig 7. Estado del Huracán Iota durante las 0 horas del 17 de noviembre – Campo de vientos, Precipitación, Período del oleaje, Altura significativa. Datos tomados de Hersbach, H. et al., (2018).

Las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina experimentaron los efectos del paso del huracán Iota en diferentes magnitudes por la posición de cada una con respecto a la trayectoria del huracán, lo que nos sugiere que Providencia al estar más cerca de la trayectoria de Iota, experimentará niveles más elevados en energía de oleaje y de viento. Esto se ve reflejado en que Providencia recibió un oleaje con alturas en promedio 19,5% mayores al que recibió San Andrés, con períodos 6,6% mayores a los de San Andrés, y cerca de 2,7 veces la cantidad de precipitación. Como se puede observar en la Figura 8, las variables del oleaje se ajustan bien a la magnitud de viento en ambas islas, un efecto bastante conocido, sin embargo, la precipitación que experimentaron se aleja de este patrón ya que hasta las 3 horas del 16 de noviembre la diferencia entre ambas islas era de solo 0,1 mm, y desde este punto hasta el fin de la serie, Providencia y Santa Catalina recibieron en promedio 3,1 mm más que la isla de San Andrés.

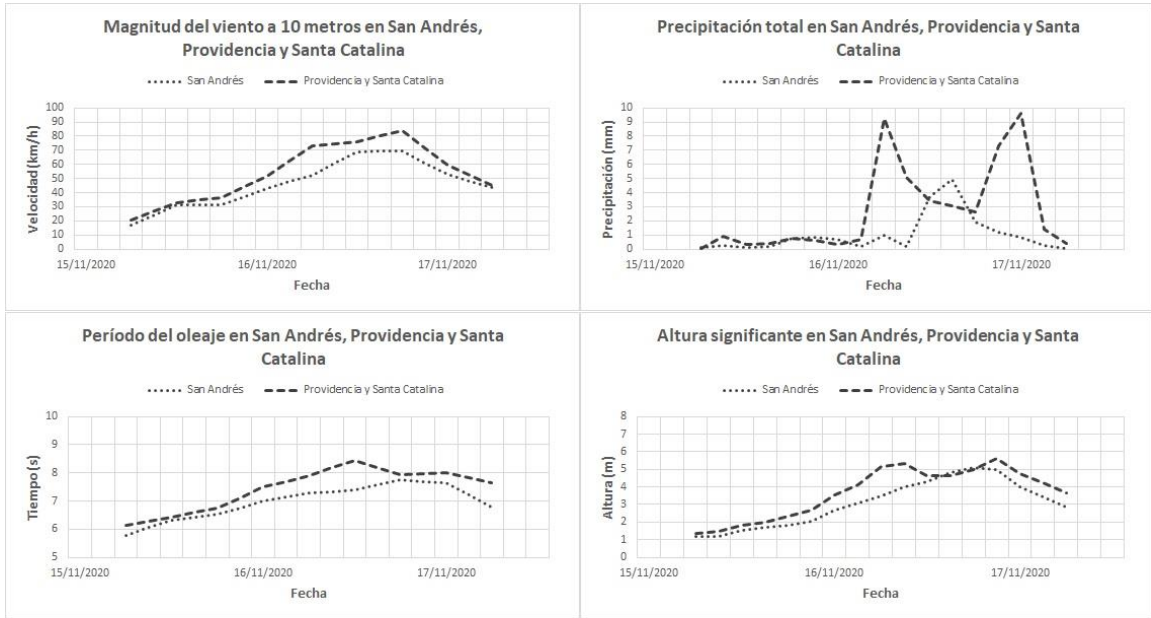


Fig 8. Series de tiempo de Magnitud del viento a 10 metros de altura, Precipitación total, Período de oleaje y Altura significativa para San Andrés y para Providencia y Santa Catalina. Datos tomados de Hersbach, H. et al., (2018).

La evolución de la altura significativa en la zona de estudio se da en un rango entre los 0,5 metros y 6,8 metros, y su interacción con otras propiedades nos permite identificar particularidades. La Figura 9 nos muestra cómo la trayectoria del centro de Iota presenta un rango de direcciones reducido con un promedio cercano a los 277° , por lo que se mantiene entre las latitudes 13°N y 14°N , lo que nos permite notar en la Figura 10 que desde el período de rápida intensificación que inició cerca de las 18 horas del 15 de noviembre, los valores más altos de altura significativa se concentraron en el lado derecho del huracán y específicamente sobre los 14°N se encuentran los máximos. La distribución latitudinal de la altura significativa es asimétrica ya que, por ejemplo, a las 6 horas del 16 de noviembre los valores de 5,25 metros alcanzaban a salir del límite norte de la zona de estudio mientras que hacia el sur los niveles de 5,25 metros solo alcanzan hasta los $13^\circ30'$.

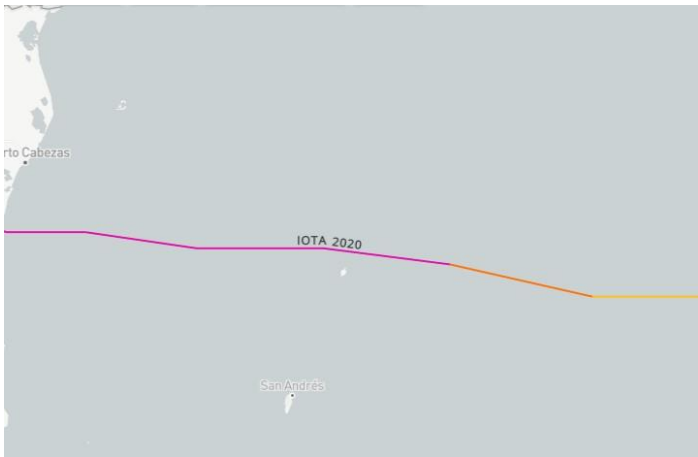


Fig 9. Trayectoria del huracán Iota dentro de la zona de estudio. Tomado de Historical Hurricane Tracks.

La altura significativa posteriormente empieza a tomar una distribución más alineada en dirección NE-SW, algo que podría atribuirse a la configuración de las isóbatas a partir de las disminuciones registradas tanto en Providencia y Santa Catalina a las 12 y 18 horas del 16 de noviembre, como alrededor de los Cayos Miskitos ($\sim 14^{\circ}30'N$, $82^{\circ}30'W$) durante la totalidad del evento. La distribución de los valores de altura significativa en esta etapa también es asimétrica, aunque en esta ocasión es más pronunciada longitudinalmente, producto de las isóbatas ya que consistentemente las líneas de igual altura significativa están más cercanas entre sí cerca de la línea de costa nicaragüense, mientras que, en el sentido contrario las líneas están más distanciadas. En contraste con estos efectos, la isla de San Andrés y los bancos de Serrana y Quitasueño no provocaron disruptions en el patrón de la distribución de altura significativa.

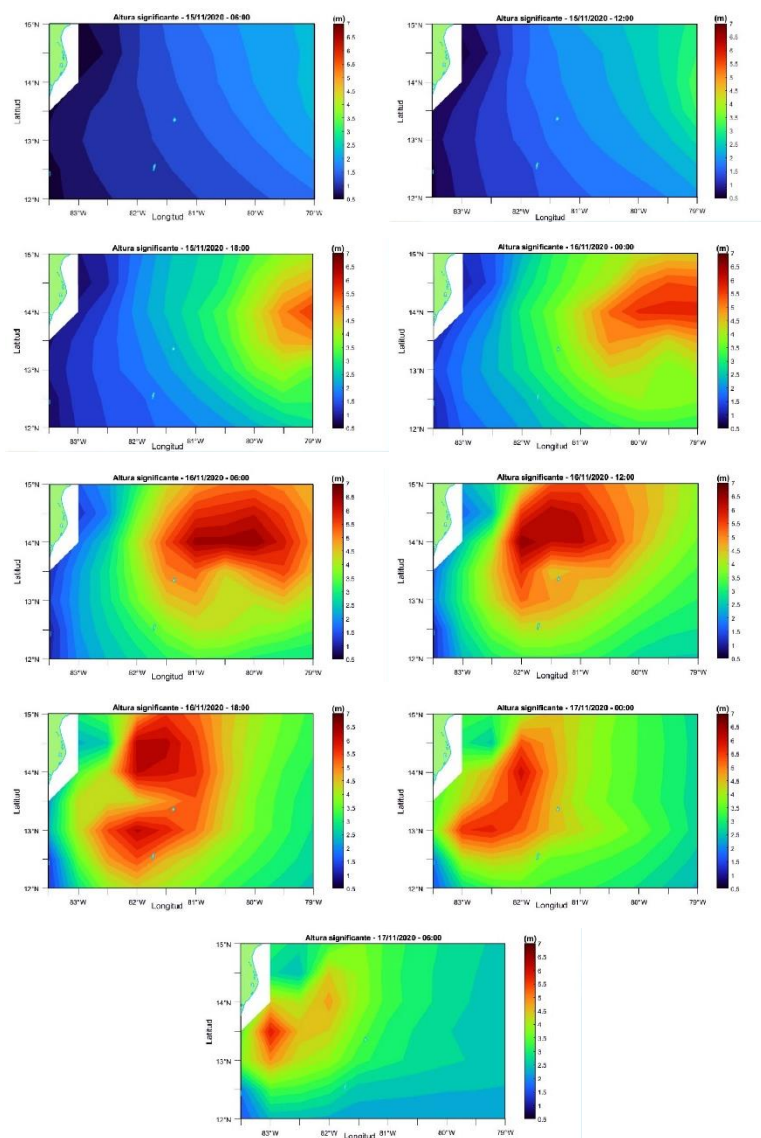


Fig 10. Evolución de la altura significativa de ola en la zona de estudio. Datos tomados de la base de datos de Hersbach, H. et al., (2018).

El período del oleaje comparte similitudes con la altura significativa, por ejemplo, los valores más elevados también se ubican sobre los 14°N, la asimetría latitudinal durante el período de intensificación existe pero es más notoria hacia la zona posterior del huracán, la zona de mayores períodos también gira de forma similar desde W-E hasta N-S, algo que se puede observar en la Figura 11 al comparar las 6 y las 18 horas del 16 de noviembre. En este caso la batimetría logra tener menor influencia sobre el período del oleaje, ya que a pesar de que a pesar de que las islas de Providencia y Santa Catalina no producen anomalías, la plataforma continental centroamericana si produce mayores reducciones en el período del oleaje, lo que se observa con facilidad en la Figura 11 a las 18 horas del 16 de noviembre al ver cómo se acercan las líneas de igual período hacia el oeste de los valores máximos mientras que hacia el este las líneas están más espaciadas entre sí. Sobre los 13°30', por ejemplo, el límite occidental registra un período de 5,7 s mientras que el límite oriental registra un período de 6,96 s.

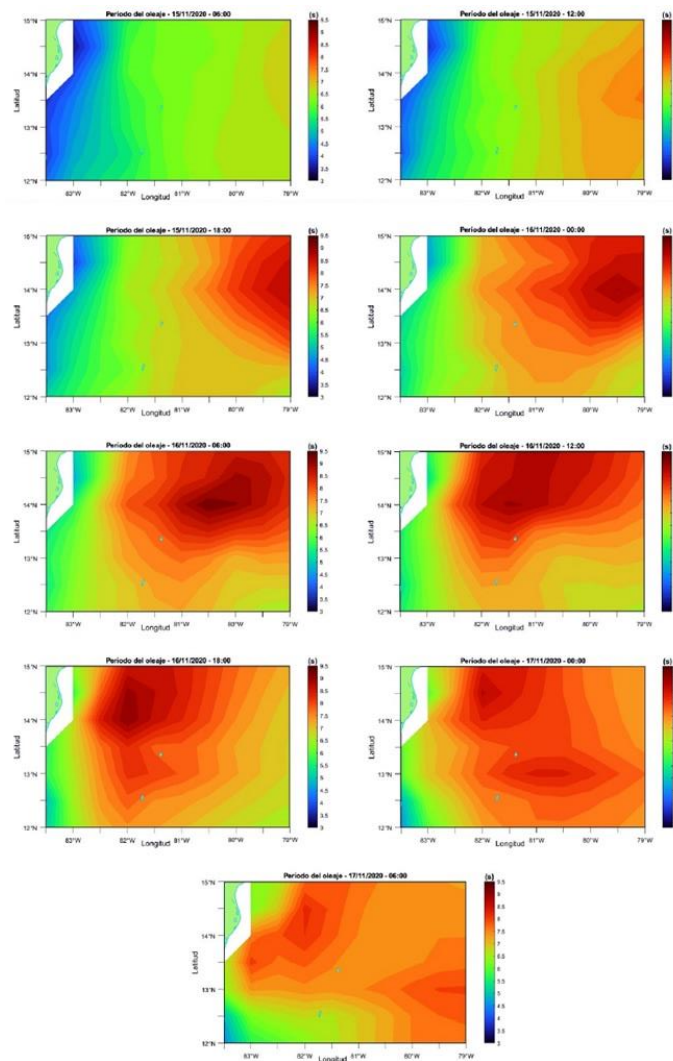


Fig 11. Evolución del período del oleaje en la zona de estudio. Datos tomados de la base de datos de Hersbach, H. et al., (2018).

A diferencia del oleaje y como se mencionó anteriormente, la precipitación se concentra hacia el frente del ojo en forma de arco durante la trayectoria de Iota sobre el agua. Además de este arco principal, se pueden observar en la Figura 12 arcos secundarios con menor precipitación hacia el oeste a las 0 y 6 horas del 16 de noviembre, y hacia el este desde las 12 horas del 16 de noviembre hasta las 0 horas del 17 de noviembre. De hecho, el paso del arco principal y el arco secundario posterior se evidencia en la serie de tiempo de precipitación en Providencia y Santa Catalina mostrada en la Figura 8, con un primer pico a las 6 horas del 16 de noviembre y un segundo pico a las 0 horas del 17 de noviembre. Otra diferencia clara es el incremento continuo de los niveles máximos de precipitación ya que como vemos en la Figura 12, las mayores precipitaciones ocurren el 17 de noviembre cuando el huracán está empezando a ingresar en Nicaragua, este comportamiento contrasta con el oleaje que registra sus máximos durante las horas de la tarde y noche del 16 de noviembre.

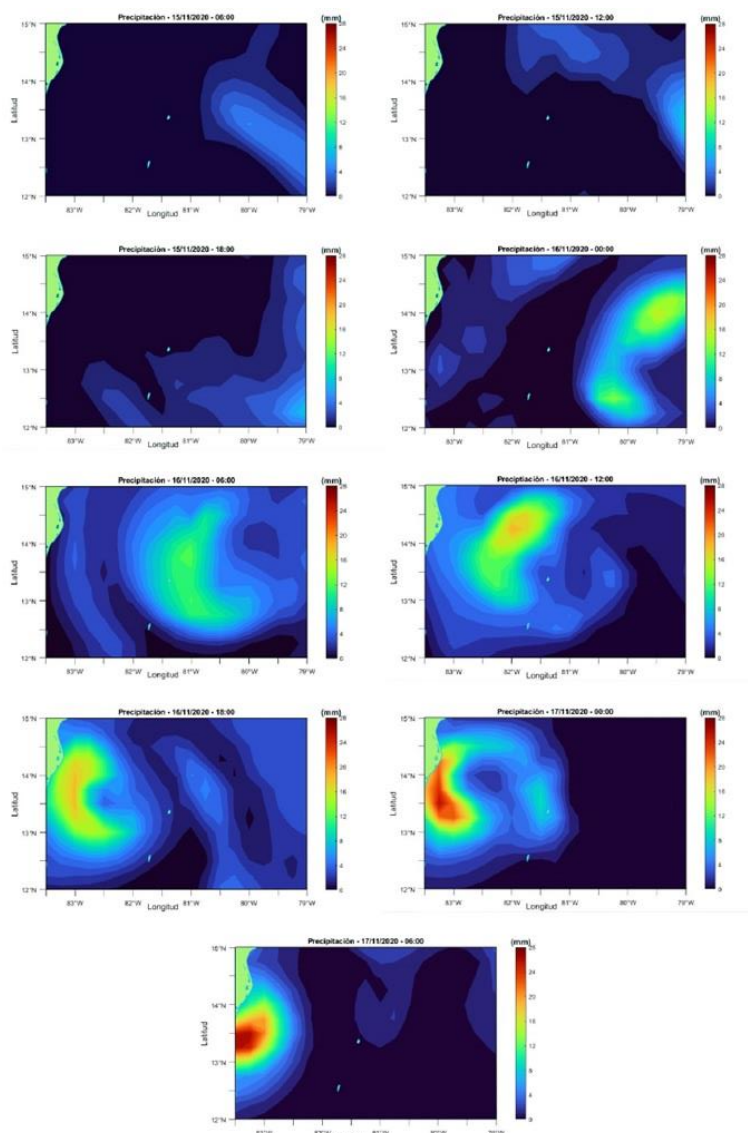


Fig 12. Evolución de la precipitación en la zona de estudio. Datos tomados de la base de datos de Hersbach, H. et al., (2018).

5.2 Impactos en ecosistemas y población isleña

El archipiélago y en especial las islas de Providencia y Santa Catalina es una de las zonas en la que el acceso a servicios básicos y la disponibilidad de infraestructura crítica ha representado un desafío a lo largo de la historia, por lo que el paso de Iota ha exacerbado la vulnerabilidad de la población isleña frente a problemas de salud pública asociados a una reducción en la capacidad de obtener agua potable, acueducto, alcantarillado, y un manejo adecuado de basuras (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja [IFRC], 2021, p. 6).

La infraestructura de Providencia y Santa Catalina sufrió más daños que en la isla de San Andrés, lo cual es consecuente con su mayor nivel de riesgo al estar más cerca del centro del huracán y por tanto estando más cerca de la zona que experimenta las mayores magnitudes de viento. Esto se refleja, por ejemplo, “en que un 98% de la infraestructura de Providencia sufrió deterioro, entre las 1976 viviendas revisadas se encontró que 908 se encontraron en colapso total y 133 no presentaron afectaciones” (Portafolio, 2021); mientras que, “en San Andrés, de las 2514 viviendas evaluadas solo 85 sufrieron colapso total y 187 - cerca de un 8% - no fueron afectadas” (Unidad Para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD], 2020, p. 2). Esto nos dice que a pesar de que las probabilidades de afectaciones en viviendas en ambas islas son similares, el riesgo de colapso total en viviendas de Providencia claramente fue superior.

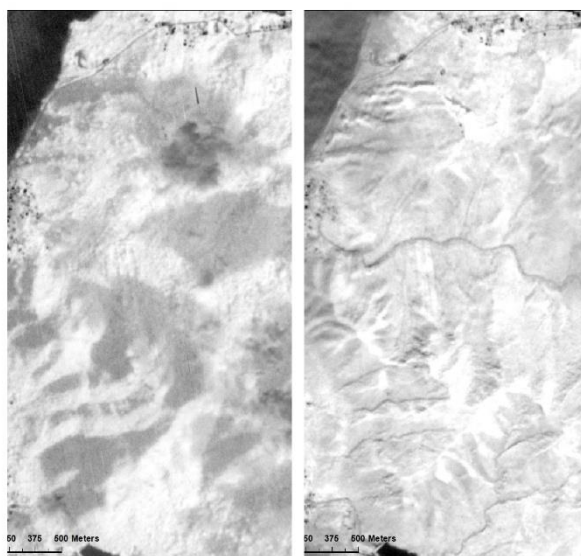


Fig 13. Imágenes satelitales de Providencia sobre la cuenca del río Lazy Hill, tomadas el 13 y 20 de noviembre de 2020. Tomado de Instituto Humboldt, (2021).

La cobertura vegetal en Providencia se vio afectada en mayor proporción en el norte de la isla que en el sur, siendo el bosque seco tropical el más impactado teniendo el 90% de su área deteriorada (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [Instituto Humboldt], 2021), mientras que los manglares lograron absorber mejor los embates del viento y ofrecieron una mejor protección a las poblaciones circundantes. La pérdida de

cobertura vegetal, ejemplificada en la Figura 13, tiene varios efectos como la disminución en la capacidad de regulación hídrica de las cuencas de Providencia, la cual “favorece un aumento en la frecuencia de picos extremos en los caudales de ríos y quebradas” (Instituto Humboldt, 2021). Esto se convierte en un factor de riesgo importante ya que varios drenajes entre los que vemos en la Figura 14 atraviesan y desembocan en centros poblados de la isla como Botton House en el sur, Fresh Water Bay y San Felipe en el oeste y la zona conocida como Old Town dentro de la cabecera municipal Santa Isabel hacia el norte.



Fig 14. Drenajes en las islas de Providencia y Santa Catalina. Creado por Milenioscuro como “Mapa localizador de la isla de Providencia” bajo licencia Creative Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_Providencia_Island_location_map.svg)

En cuanto a los impactos en ecosistemas submarinos, resultados preliminares de la Operación Cangrejo Negro publicados por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA, 2020), arrojaron que en profundidades de hasta 12 metros de profundidad del costado oeste de Providencia existe gran afectación de los arrecifes coralinos, mientras que en evaluaciones profundas no se observó mayor afectación. Gómez et al. (2022) expande sobre esto al afirmar que existe un impacto generalizado en ambos lados de la isla en un 72% de las ubicaciones estudiadas, siendo el rango entre 5 y 7 metros el más afectado.



Fig 15. Fotografías de impactos en arrecifes coralinos. Colonia volcada cubierta por arena (izquierda). Esponja desprendida sobre escombros (derecha). Tomado de Gómez et al., (2022).

Los corales estudiados por Gómez et al. (2022) en las zonas que registraron mayores impactos, particularmente las especies *Orbicella annularis* y *Orbicella faveolata*, se encontraron comúnmente fragmentadas y volcadas, y en ocasiones cubiertas por arena y escombros o con marcas de abrasión por rocas transportadas, esto se puede evidenciar en la Figura 15. Estos impactos fueron detallados en estaciones con profundidades de 4 y 5 metros, lo que requeriría un oleaje capaz de desprender corales y levantar rocas a estas profundidades. A pesar de esto, no todos los lugares sufrieron el mismo nivel de afectación, lo que podría atribuirse a factores como la densidad de organismos de coral, el material del fondo marino o la especie de coral. Otro de los impactos notables fue el blanqueamiento de corales, observado en todas las estaciones evaluadas por Gómez et al. (2022), el cual está relacionado con el aumento de temperatura superficial del mar.

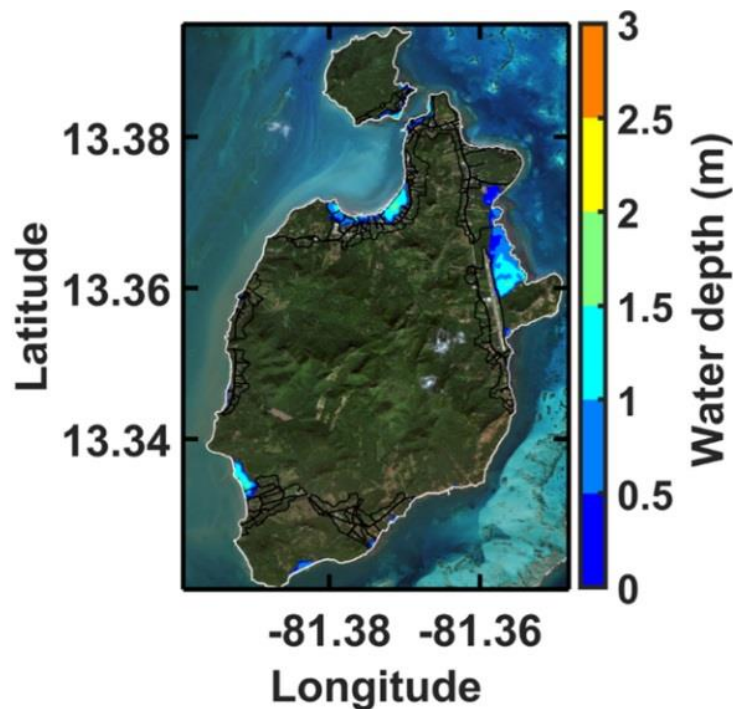


Fig 16. Máxima cobertura de agua inducida por el huracán Iota en Providencia y Santa Catalina. Tomado de Rey et al., (2021).

La inundación asociada al paso del huracán Iota afectó más a las islas de Providencia y Santa Catalina que a la isla de San Andrés, causando un efecto insignificante en esta última según Rey et al. 2021. Tanto en Providencia como en Santa Catalina el área inundada no sobrepasó el 5%, y está concentrada en su mayoría en zonas de manglares y sus áreas circundantes, estas zonas resaltadas en la Figura 16 incluyen las líneas de costa hacia el oriente sobre el PNN McBean Lagoon, al noroeste sobre la zona del Old Town, al suroeste cerca de South West Bay y al sur en la playa Manzanillo; en Santa Catalina la zona afectada fue la suroriental.

A pesar del espacio limitado en el que Iota alcanzó a inundar las islas de Providencia y Santa Catalina, el potencial de afectar la infraestructura es elevado ya que la mayoría de la línea de costa de la cabecera municipal Santa Isabel experimenta inundación, lo que incluye el puerto de Providencia; hacia el oriente, la zona de inundación se encuentra en inmediaciones de la pista del Aeropuerto El Embrujado; y en Santa Catalina, la zona expuesta a inundación coincide con el espacio habitado de la isla.

6. Conclusiones

El período del oleaje y la altura significativa fueron afectados de manera similar a través del paso del huracán Iota, ya que se observó que sus mayores niveles estuvieron mayoritariamente concentrados en los cuadrantes 1 y 4 del huracán. Sin embargo, ambas variables fueron influenciadas por los accidentes geográficos de batimetría somera como la plataforma continental centroamericana, la isla de Providencia y los Cayos Miskitos.

En términos de alcance espacial el período del oleaje superó a la altura significativa y la precipitación, lo que puede explicarse a partir de las limitaciones de la altura significativa como lo son las diferencias de magnitud del viento entre distintos cuadrantes del huracán o los lechos marinos someros que obligan a parte del oleaje, sobre todo a aquel de mayor amplitud a “romper”; mientras que la precipitación estuvo la mayoría del tiempo limitada a la zona anterior del ojo del huracán.

Las islas de Providencia y Santa Catalina experimentaron un promedio de magnitud de viento de 54,44 km/h con un máximo de 83,97 km/h, altura significativa media de 3,67 m y máxima de 5,62 m, un período del oleaje promedio de 7,44 s y período máximo de 8,45 s, promedio de precipitación horaria de 2,74 mm y precipitación máxima de 9,6 mm. Estas variables mostraron una reducción promedio de 14,63%, 16,3%, 6,19% y 62,68% en la isla de San Andrés.

Iota ha sido el huracán de mayor intensidad que ha azotado el archipiélago de San Andrés y Providencia y a pesar de los grandes impactos que experimentaron las islas, la trayectoria del huracán hacia el norte de Providencia y la marea baja reportada durante su paso en cercanías de la isla atenuaron impactos más severos por cuenta de magnitud de vientos y marejada ciclónica.

Los impactos que ha impuesto el paso de Iota sobre el archipiélago tienen un gran efecto en aumentar y exacerbar las vulnerabilidades de la población isleña y los ecosistemas. En el primer caso, la población perdió la gran mayoría de la infraestructura que es esencial para su bienestar como lo son las viviendas, vías, clínicas, redes energéticas y sanitarias, y uno de sus mayores ingresos económicos - el turismo – se vio afectado tanto por el contexto de pandemia como por la degeneración de la integridad de los ecosistemas. Los ecosistemas también se encontraron en una situación de desbalance, al verse removida una gran parte de la cobertura vegetal, la regulación hídrica disminuida vuelve más vulnerable al terreno frente a eventos de altas precipitaciones, y la reducción en cantidad de corales debilita una línea de defensa del litoral del archipiélago frente a oleajes de alta amplitud.

7. Referencias

Becerra, L. (14 de enero de 2021). El archipiélago, tras dos meses del paso de Iota. *Portafolio*.

<https://www.portafolio.co/economia/el-archipelago-tras-dos-meses-del-paso-de-iota-548266>

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y

Santa Catalina. (2020). Operación Cangrejo Negro arroja resultados preliminares de

zonas sumergidas. [https://coralina.gov.co/component/k2/item/2060-operacion-](https://coralina.gov.co/component/k2/item/2060-operacion-cangrejo-negro-arroja-los-primeros-resultados-al-monitoreo-de-los-ecosistemas-sumergidos-en-san-andres-y-providencia)

[cangrejo-negro-arroja-los-primeros-resultados-al-monitoreo-de-los-ecosistemas-sumergidos-en-san-andres-y-providencia](https://coralina.gov.co/component/k2/item/2060-operacion-cangrejo-negro-arroja-los-primeros-resultados-al-monitoreo-de-los-ecosistemas-sumergidos-en-san-andres-y-providencia)

Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (2021)

DREF Final Report Colombia: Hurricane Iota.

GEBCO Compilation Group (2022). GEBCO_2022 Grid (doi:10.5285/e0f0bb80-ab44-

2739-e053-6c86abc0289c)

Gómez, E., Millán, S., Acosta-Chaparro, A., Abril-Howard, A., Navas-Camacho, R. (2022,

Enero-Julio). Evaluación preliminar del impacto del huracán Iota en arrecifes

coralinos de las islas de Providencia y Santa Catalina. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 51(1), 193-200.
<https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2022.51.1.1164>

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J-N. (2018): ERA5 hourly data on single levels from 1959 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). (Accessed on 06-OCT-2022), 10.24381/cds.adbb2d47

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2021). El antes y el después de los bosques de Providencia tras el paso del huracán Iota. humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1568-el-antes-y-el-despues-de-los-bosques-de-providencia-tras-el-paso-del-huracan-iota

Knapp, K. R., H. J. Diamond, J. P. Kossin, M. C. Kruk, C. J. Schreck, 2018: International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4. [NA]. NOAA National Centers for Environmental Information. doi:10.25921/82ty-9e16 [16/102022]

Knapp, K. R., M. C. Kruk, D. H. Levinson, H. J. Diamond, and C. J. Neumann, 2010: The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91, 363-376. doi:10.1175/2009BAMS2755.1

Knutson, T., Camargo, S. J., Chan, J. C. L., Emanuel, K., Ho, C. H., Kossin, J., Mohapatra, M., Satoh, M., Sugi, M., Walsh, K., & Wu, L. (2020b, March). Tropical Cyclones

and Climate Change Assessment: Part II: Projected Response to Anthropogenic Warming. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(3), E303–E322.
<https://doi.org/10.1175/bams-d-18-0194.1>

Meteoblue. (2022). *Datos climáticos y meteorológicos históricos observados para Aeropuerto Internacional Gustavo Rojas Pinilla*.
https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climateobserved/aeroporto-internacional-gustavo-rojas-pinilla_colombia_6300759

Milenioscuro. (2011). *Mapa localizador de la isla de Providencia*. [Mapa]. Wikimedia.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_Providencia_Island_location_map.svg

Ortiz Royero, J. C. (2011, diciembre 27). Exposure of the Colombian Caribbean coast, including San Andrés Island, to tropical storms and hurricanes, 1900–2010. *Natural Hazards*, 61(2), 815–827. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-0069-1>

Ortiz Royero, J. C., Cera, S. H., & Gomes, H. (2021, septiembre 24). Coastal Meteo-marine Parameters of Hurricane Matthew along the Colombian Caribbean Coast: Establishing a Baseline of Knowledge. *Journal of Coastal Research*, 38(1).
<https://doi.org/10.2112/jcoastres-d-20-00108.1>

Rey, W., Ruiz-Salcines, P., Salles, P., Urbano-Latorre, C. P., Escobar-Olaya, G., Osorio, A. F., Ramírez, J. P., Cabarcas-Mier, A., Jigena-Antelo, B., Appendini, C. M. (2021, noviembre 15). Hurricane Flood Hazard Assessment for the Archipelago of San Andres, Providencia and Santa Catalina, Colombia. *Frontiers in Marine Science*, 8.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2021.766258>

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2020). UNGRD Entregó el primer balance de la evaluación de daños y análisis de necesidades, tras emergencia generada por el paso del huracán Iota en el archipiélago. [2020 12 07 BP198.pdf \(gestiondelriesgo.gov.co\)](#)