

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE METEOROLOGÍA

**“EVALUACIÓN DE LOS PRODUCTOS DEL SISTEMA GUÍA PARA CRECIDAS
REPENTINAS DE CENTROAMÉRICA - CAFFGS, EN LA CUENCA DEL RÍO CHIRIQUÍ
VIEJO DURANTE LOS HURACANES ETA E IOTA DE NOVIEMBRE DE 2020.”**

POR:

LÓPEZ, PILAR

8-788-1215

RIVERA, JULISSA

8-843-1432

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
LICENCIATURA EN METEOROLOGÍA

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

Dedicatoria

A mi madre y padre que siempre han estado pendiente de mí y mi crecimiento como persona de bien. Pilar López

Agradecimiento

Nuestro grande agradecimiento al MScs. Elías López, decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá por apoyarnos en todo momento y estar pendiente de nuestro desarrollo profesional.

Debo y agradecemos a los distinguidos profesores, Mgter. Alberto Smith, la Mgter Gloria Arrocha y al Lic. Jesús Salazar por dar su tiempo y guía para que pudiéramos culminar esta meta.

Especial agradecimiento al Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA) por proporcionarnos información de vital importancia para el desarrollo de este trabajo de tesis, cuya directora, la Ing. Luz Graciela de Calzadilla y subdirectora, la Lic. Berta Olmedo nos han apoyado siempre.

Encarecido agradecimiento a la ingeniera y amiga, la Ing. Blanca Solís, quién nos orientó en el desarrollo de este trabajo y en todo momento estuvo pendiente de los resultados y avances.

Debemos a nuestra amiga, la Ing. Johisy Bethancourt quien nos proporcionó su apoyo incondicional.

Agradecimiento muy especial al Mgter. Josué Batista que nos brindó orientación sobre modelados meteorológicos y manejo computacional, entre otros; facilitando la evolución de nuestro trabajo de tesis

ÍNDICE GENERAL

Índice de Mapas	10
Índice de Tablas	10
Índice de Gráficos	10
Índice de Figuras	11
Introducción	17
Capítulo 1. Aspecto Científico de la Investigación	19
Antecedentes	19
Planteamiento del problema	21
Justificación	21
Objetivos	23
Objetivo General	23
Objetivos Específicos	23
Hipótesis	23
Preguntas de investigación	23
Delimitación	24
Capítulo 2. Marco Teórico	25
Ciclón tropical	25
Disturbio tropical	25
Depresión tropical	25
Tormenta tropical	25
Huracán / Tifón	26
CHIRPS	26
Clasificación de la precipitación según la intensidad	26
Crecida	26

Cuenca hidrográfica	27
Divisoria de aguas	27
Río principal	27
Afluente	28
CAFFGS	28
Escala Espacial y temporal fenómenos meteorológicos	29
Microescala:	29
Mesoescala:	29
Sinóptica:	29
Planetaria o Macroescala	29
Escala de viento de huracán Saffir-Simpson	30
Estación meteorológica	30
Evaluar	30
Inundación	30
Tipos de inundaciones	31
Crecidas repentinas (flash flood)	31
Inundaciones lentas	31
Crecidas fluviales	31
Inundaciones pluviales	31
Inundaciones costeras	32
Lluvia orográfica	32
Meteorología	32
Modelos meteorológicos	32
Modelo meteorológico GFS	32
Modelo meteorológico WRF	32

Onda tropical	33
Productos del CAFFGS	33
FFG: Valores de referencia de crecida repentina o guía de crecida repentina.	33
ASM: Humedad promedio del suelo.	34
GHE: Hidroestimador global.	34
MWGHE. Estimaciones de precipitación basadas en el hidro-estimador ajustadas por microondas.	35
SCaMPR – estimaciones de precipitación Self-calibrating multivariate precipitation retrieval	36
GMAP: Gauge MAP	37
MAP: Precipitación media areal combinada	37
WRF Forecast: pronóstico WRF	38
FMAP: pronóstico de precipitación media areal	38
FFT: amenazas de crecida repentina	38
IFFT: amenaza inminente de crecida repentina	39
PFFT: amenaza persistente de crecida repentina	39
FFFT: pronóstico de amenaza de crecida repentina	40
Subcuenca	41
Temporada lluviosa en Panamá	41
Unidades de medida para la lluvia	42
Capítulo 3. Procesamiento, análisis e interpretación de los resultados	43
Metodología	43
Obtención de datos	43
Descripción de la evolución del huracán Eta y las influencias indirectas generadas sobre el istmo de Panamá. Periodo del 29 de octubre al 5 de noviembre de 2020.	44

Imágenes de Satélite del 1 al 4 de noviembre de 2020 con datos de viento a 10 metros – huracán Eta.	51
Descripción gráfica de la precipitación acumulada en milímetros del 1 al 6 de noviembre de 2020 comparada con la normal climática de noviembre 1981- 2010.	53
Descripción gráfica de las estaciones automáticas satelitales localizadas dentro de la subcuenca y circundantes para el periodo del 1 al 5 de noviembre de 2020, durante el huracán Eta.	55
Interpolación de la lluvia diaria en milímetros (mm) de las estaciones meteorológicas del IMHPA en la región Occidental del país, utilizando IDW con restricción de distancia para los días el evento Eta.	56
Acumulados de lluvia por CHIRPS en la péntada 61 del 2020, correspondiente al periodo del 1 al 5 de noviembre de 2020.	57
Localización de las estaciones pluviométricas y de nivel en la Cuenca del Río Chiriquí Viejo en la provincia de Chiriquí.	58
Niveles del río en la estación hidrológica Volcán sobre el río Chiriquí Viejo vs. las lluvias registradas en Cerro Punta del 1 al 5 de noviembre de 2020.	59
Áreas afectadas por inundaciones y deslizamientos en la Cuenca Chiriquí Viejo en noviembre de 2020.	60
Impactos generados del 2 al 7 de noviembre de 2020. Información recopilada por SINAPROC	62
Salidas de los productos del CAFFGS durante el huracán Eta y respectivas evaluaciones	63
Producto de amenaza de inundaciones repentinas pronosticada (FFFT)	63
Productos de amenaza de inundaciones repentinas inminente (IFFT)	66
Producto de amenaza de inundaciones repentinas persistente (PFFT)	69

Descripción de la evolución del huracán Iota y las influencias indirectas generadas sobre el istmo de Panamá. Periodo del 12 al 18 de noviembre de 2020.	72
Imágenes de Satélite canal GeoColor del 12 al 18 de noviembre de 2020 – huracán Iota.	75
Descripción gráfica de las estaciones localizadas dentro de la subcuenca y circundantes para el periodo del 12 al 18 de noviembre de 2020, durante el huracán Iota.	78
Interpolación de la lluvia diaria en milímetros (mm) de las estaciones meteorológicas del IMHPA en la región Occidental del país, utilizando IDW con restricción de distancia para los días el evento Iota.	80
Salidas de los productos del CAFFGS durante el huracán Iota y sus evaluaciones	81
Producto de amenaza de inundaciones repentinas pronosticada (FFFT)	81
Productos de amenaza de inundaciones repentinas inminente (IFFT)	84
Producto de amenaza de inundaciones repentinas persistente (PFFT)	87
Resultados	91
Discusión	91
Capítulo 4. Conclusiones y Recomendaciones	94
Conclusiones	94
Recomendaciones	94
Bibliografía	96
Anexos	103

Índice de Mapas

Mapa 1. Localización de las subcuencas del río Chiriquí Viejo y la ubicación de las estaciones pluviométricas dentro de la subcuenca y zonas cercanas.	24
Mapa 2. Temporada lluviosa en Panamá de acuerdo con la normal climática 1981 a 2010.	42
Mapa 3. Ubicación de las estaciones pluviométricas y de nivel en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.	58

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de la lluvia según la intensidad media en una hora. Agencia Estatal de Meteorología.	26
Tabla 2. Escala Saffir-Simpson.....	30

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Precipitación acumulada en milímetros del 1 al 6 de noviembre de 2020 con la normal climática de noviembre 2020.	54
Gráfico 2. Acumulado de lluvia en las estaciones convencional y automáticas del área, del 1 al 5 de noviembre de 2020.	55
Gráfico 3. Acumulado de lluvia cada 6 horas en la estación Cerro Punta en la cuenca Chiriquí Viejo, durante el huracán Eta. Periodo del 1 al 5 de noviembre de 2020.	55
Gráfico 4. Respuesta del nivel del río Chiriquí Viejo en el punto donde se ubica la estación hidrológica Volcán con respecto a las lluvias registradas aguas arriba en la estación Cerro Punta del 1 al 5 de noviembre de 2020, durante el huracán Eta.	59
Gráfico 5. Acumulado de lluvia del 12 al 18 de noviembre de 2020 en las estaciones automáticas del área.....	78

Gráfico 6. Acumulados de lluvia en la estación Cerro Punta durante el huracán Iota del 12 al 18 de noviembre de 2020.....	79
---	----

Índice de Figuras

Figura 1. Escalas meteorológicas: Mesoescala, sinóptica y temporal.....	29
Figura 2. Trayectoria del ciclón tropical Eta del 31 de octubre al 5 de noviembre de 2020.	44
Figura 3. Posicionamiento y bandas nubosas de la depresión tropical #29 el día 31 de octubre de 2020.....	45
Figura 4. Posicionamiento y bandas nubosas de la tormenta tropical Eta el día 1 de noviembre de 2020.	46
Figura 5. Posicionamiento y bandas nubosas del huracán Eta el día 2 de noviembre de 2020 a las 6:46 am.	47
Figura 6. Posicionamiento y bandas nubosas del huracán Eta el día 2 de noviembre de 2020 a las 9:55 am.	48
Figura 7. Posicionamiento y bandas nubosas del huracán Eta el día 3 de noviembre de 2020.....	49
Figura 8. Posicionamiento y bandas nubosas del huracán Eta el día 4 de noviembre de 2020.....	49
Figura 9. Posicionamiento y bandas nubosas de la tormenta tropical Eta el día 4 de noviembre de 2020	50
Figura 10. Posicionamiento y bandas nubosas de la Tormenta tropical Eta el día 4 de noviembre de 2020 a las 6:35 pm.	51
Figura 11. Imágenes de Satélite canal GeoColor del 1 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Eta.	51

Figura 12. Imágenes de Satélite canal GeoColor del 2 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Eta.	52
Figura 13. Imágenes de Satélite canal GeoColor del 3 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Eta.	52
Figura 14. Imágenes de Satélite canal GeoColor del 4 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Eta.	53
Figura 15. Precipitación diaria interpolada en milímetros [mm] de la red de estaciones.	56
Figura 16. Datos de lluvia acumulada estimadas con CHIRPS para la péntada 61 (1 al 5 de noviembre de 2020).	57
Figura 17. Imagen de interferometría de nivel 1 de amplio alcance, del 4 de noviembre de 2020 del satélite Sentinel_1.	60
Figura 18. Planicie inundada (flooding plain) en el área del río Chiriquí Viejo. Satélite KOMSAT-5 de 1 metro de resolución.....	61
Figura 19. Poblados afectados mostrados por día según reportes del SINAPROC.	62
Figura 20. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 01 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	64
Figura 21. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 02 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	64
Figura 22. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 03 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	65
Figura 23. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 04 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	65
Figura 24. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 05 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	66

Figura 25. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 01 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	67
Figura 26. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 02 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	67
Figura 27. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 03 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	68
Figura 28. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 04 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	68
Figura 29. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 05 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	69
Figura 30. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 01 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	70
Figura 31. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 02 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	70
Figura 32. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 03 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	71
Figura 33. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 04 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	71
Figura 34. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 05 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.	72
Figura 35. Trayectoria del Ciclón tropical Iota del 12 al 18 de noviembre de 2020.	72
Figura 36. Imagen de satélite canal GeoColor del 12 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.	75
Figura 37. Imagen de satélite canal GeoColor del 13 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.	75

Figura 38. Imagen de satélite canal GeoColor del 14 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.....	76
Figura 39. Imagen de satélite canal GeoColor del 15 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.....	76
Figura 40. Imagen de satélite canal GeoColor del 16 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.....	77
Figura 41. Imagen de satélite canal GeoColor del 17 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.....	77
Figura 42. Imagen de satélite canal GeoColor del 18 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.....	78
Figura 43. Precipitación diaria interpolada en milímetros [mm] de la red de estaciones.....	80
Figura 44. Salidas del CAFFGS del producto de FFT para el día 13 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	81
Figura 45. Salidas del CAFFGS del producto de FFT para el día 14 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	82
Figura 46. Salidas del CAFFGS del producto de FFT para el día 15 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	82
Figura 47. Salidas del CAFFGS del producto de FFT para el día 16 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	83
Figura 48. Salidas del CAFFGS del producto de FFT para el día 17 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	83
Figura 49. Salidas del CAFFGS del producto de FFT para el día 18 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	84
Figura 50. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 13 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	84

Figura 51. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 14 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	85
Figura 52. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 15 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	85
Figura 53. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 16 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	86
Figura 54. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 17 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	86
Figura 55. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 18 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	87
Figura 56. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 13 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	87
Figura 57. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 14 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	88
Figura 58. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 15 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	88
Figura 59. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 16 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	89
Figura 60. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 17 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	89
Figura 61. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 18 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.	90
Figura 62. Reporte del Gobierno Nacional.....	103
Figura 63. Reporte del Gobierno Nacional.....	104
Figura 64. Reporte del Gobierno Nacional.....	105

Figura 65. Reporte del Gobierno Nacional.....	106
Figura 66. Comunicado SINAPROC.....	107
Figura 67. Reporte del SINAPROC.	107
Figura 68. Reporte del SINAPROC.	108
Figura 69.Reporte del SINAPROC.	108
Figura 70.Reporte del SINAPROC.	109
Figura 71.Reporte del SINAPROC.	109
Figura 72.Reporte del SINAPROC.	110
Figura 73.Reporte del SINAPROC.	110
Figura 74.Reporte del SINAPROC.	111

Introducción

El Sistema Guía para Crecidas Repentinas (Flash Floods Guidance System – FFGS) es una herramienta operacional utilizada actualmente en más de 60 países y desarrollada a principios del siglo XXI como apoyo para los pronosticadores meteorológicos e hidrológicos a nivel mundial en la emisión de alertas para crecidas repentinas, siendo de utilidad para cerca de 3 billones de personas. (Georgakakos et al., 2022).

El FFGS provee a los pronosticadores una interfaz donde pueden acceder a diversos productos tales como; precipitación observada (satelitales, radar o estaciones en sitio) tratados con controles de calidad y delimitados por subcuencas, indicadores de saturación del suelo y capacidad de absorción, identificación de las subcuencas con probabilidad de crecidas repentinas de ríos en las próximas 6 horas (como máximo), entre otros productos. (Georgakakos et al., 2022).

El trabajo elaborado está enfocado en la herramienta Sistema Guía para Crecidas Repentinas en Centroamérica (CAFFGS por sus siglas en ingles). Esta herramienta proporciona varios productos, tres de ellos evaluados en este trabajo, que pronostican la probabilidad de amenaza de crecidas repentinas en una subcuenca determinada en un tiempo determinado. (Hydrologic Research Center, 2017)

Se evaluó cómo se comportan estos tres productos de amenazas de crecidas repentinas de la herramienta durante eventos meteorológicos peligrosos extremos. Para esto, nos enfocamos en dos eventos meteorológicos peligrosos extremos que afectaron al país en noviembre de 2020. Estos productos se evaluaron en la subcuenca alta del río Chiriquí Viejo, en la provincia de Chiriquí.

Se efectuaron las comparaciones de los productos de amenazas de crecidas repentinas del CAFFGS con los datos obtenidos en campo durante los días en que ambos fenómenos meteorológicos influyeron en las condiciones meteorológicas en esta subcuenca.

Con esta información, se evaluó el comportamiento de los productos de amenazas de crecidas repentinas del CAFFGS durante estos eventos meteorológicos extremos, con la finalidad de comprobar si pueden ser tomados en consideración o utilizados como guía para eventos posteriores de características similares.

Capítulo 1. Aspecto científico de la investigación

Antecedentes

Con la tesis universitaria, “Evaluación del Sistema Guía para Inundaciones Producidas por Crecidas Repentinas en América Central (CAFFGS), para eventos extremos en Costa Rica, en el período de septiembre a noviembre del 2005 y casos con las mejoras en el 2006-2007”. La joven Evelyn Badilla indica que el CAFFGS identifica muy bien la influencia de los sistemas meteorológicos en la humedad del suelo llegando a determinar zonas vulnerables y que la detección es más fiable durante eventos extremos de gran cobertura y acumulados de lluvia. El modelo también identifica las debilidades en la realización de monitoreos durante días de la estación lluviosa con un comportamiento dentro de lo normal, según la cantidad de falsas alarmas que presenta. Badilla, E. (2025).

La estudiante también encontró que la antigua clasificación del uso y tipo de suelo para Costa Rica, utilizada en el modelo de humedad del suelo del sistema, podría ser uno de los principales factores que influyen en la cantidad de falsas alarmas. Badilla, E. (2025).

Por otro lado, se identifica que en otras regiones del mundo se han realizado otros casos de estudio de eventos de crecidas repentinas, uno de estos fue realizado por el Departamento Meteorológico de Jordania para el periodo del 26 al 28 de marzo de 2016.

El Departamento Meteorológico concluyó que el producto IFFT había sido muy eficaz a la hora de indicar que podrían producirse crecidas repentinas, después de que el país se viera afectado por un sistema de baja presión que provocó precipitaciones moderadas y fuertes en el sur y este de Jordania el 26 de marzo. Los días 27 y 28 de marzo, la eficacia del IFFT pasó de buena a moderada durante episodios de escasa precipitación o lluvia ligera producida por una cuña sobre Jordania. (Elryalat, 2017).

Adicionalmente, el Servicio Hidrometeorológico de Macedonia realizó un estudio en la región de Tetovo el 3 de agosto de 2015, tras las crecidas repentinas provocadas por las intensas

lluvias caídas en el norte del país. Estas lluvias duraron aproximadamente 3 horas y los productos FFT no mostraron indicios de dichas crecidas. Al igual que se observaron varias desventajas, como la dificultad para predecir dónde se producirían las crecidas, la escasez de estaciones meteorológicas, que además no proporcionaron información precisa, la necesidad de realizar hidroestimaciones con datos de satélite y de radar para compensar la falta de estaciones meteorológicas y la importancia de que los pronosticadores conozcan las condiciones locales. (Stojov y Balabanoski, 2016).

Otro caso lo registró el Servicio Meteorológico Estatal de Turquía en la ciudad de Hopa, ubicada en el noreste del país, en las costas del mar Negro, el 24 de agosto de 2015. Una baja presión generó precipitaciones intensas y el producto FFFT mostró posibles amenazas en la costa oriental del mar Negro. (OMM, 2015).

Así mismo, se realizó otro análisis de crecidas repentinas con productos FFGS para el 17 de enero de 2016 en las ciudades turcas de Çeşme, Dikili, Izmir y Manisa. La zona se vio afectada por un sistema frontal asociado a un sistema de baja presión profundo en el Mediterráneo, que hizo que entrara aire cálido y húmedo y generó fuertes lluvias, que se pudieron observar en el mapa de precipitaciones y en el radar. Los productos del FFFT mostraron valores moderados y los del FFGS, bajos, lo que resultó útil y eficaz para este caso. (OMM, 2016).

A finales de año, Turquía llevó a cabo otro caso de estudio los días 28 y 29 de noviembre de 2016 en la ciudad de Ayvalik, ubicada al oeste del país, en la costa del mar de Egipto. Se produjeron precipitaciones intensas debido a un centro de baja presión y a un frente cálido que se encontraba en el mar Egeo y empujaba aire cálido y húmedo hacia la región con viento del sur. Concluyeron que los productos del FFGS observaron el evento con precisión. (OMM, 2016).

En Panamá, el Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá realizó una evaluación de los productos CAFFGS para el 21 de noviembre de 2021 entre las 01:00 p.m. y 03:00 p.m., momento en se reportó una crecida repentina en las cuevas de Bayano, al este del país. Los

productos mostraban saturación del suelo superior a 50% y la guía de crecida repentina (FFG) indicaba valores por debajo de 27 milímetros para seis horas en la subcuenca donde se encuentran las cuevas. Además, el producto de pronóstico areal (FMAP), desde las 01:00 p.m., mostraba lluvias ligeras para las próximas 6 horas, sin embargo, el producto de precipitación observada combinada (MAP) de las 07:00 p.m. mostró precipitaciones de 47 mm en 6 horas (entre 01:00 p.m. a 07:00 p.m.). Además, en las imágenes de radar se podía apreciar precipitaciones con intensidades fuertes hasta muy fuertes entre la 01:55 p.m. y 02:35 p.m. Los productos de amenazas de persistencia y pronóstico (FFFT y PFFT) de la 01:00 p.m. no mostraron indicios de amenazas en la cuenca, sin embargo, en el producto de amenazas inminente (IFFT) sí mostró indicios de amenazas de crecidas repentinas con valores moderados posteriormente. (Rivera & Quiróz, 2023).

Planteamiento del problema

Los eventos meteorológicos que ocasionaron grandes pérdidas materiales, económicas y humanas generados por el huracán ETA ocurrido en noviembre de 2020, nos hacen recurrir a mayor cantidad de herramientas de pronósticos, incluyendo para el pronóstico de crecidas repentinas, monitoreo de cuencas, saturación de suelos y modelos meteorológicos.

La herramienta del CAFFGS cuenta con tres productos que indican probabilidades de amenazas de crecidas repentinas en subcuencas y tiempo determinados. Sin embargo, en el caso de Panamá, este no se ha evaluado previamente, por lo que no se puede considerar de momento, su efectividad como herramienta de pronóstico.

Justificación

A pesar de que Panamá no es afectada frecuentemente por el paso de huracanes de manera directa, se ha observado que la proximidad de estos sistemas y sus afectaciones indirectas sobre el país pueden llegar a ser significativas, principalmente en la región occidental del país, debido a la orientación de la Cordillera Central, la cual forma una barrera natural. Las

lluvias generadas son, en su mayoría, de carácter orográfico, las cuales pueden ser fuertes de manera intermitente o continuas de intensidades entre ligeras a moderadas.

Este conjunto de factores provoca grandes acumulados de lluvia en zonas montañosas, lo que aumenta la saturación de los suelos y, por tanto, la probabilidad de que se produzcan crecidas repentinas (el fenómeno que más muertes genera a nivel mundial) e inundaciones de gran magnitud, que se consideran desastres naturales en función del nivel de afectación.

En noviembre de 2020 se dio el paso de los huracanes Eta e Iota que se desplazaron por el suroccidente del Mar Caribe, de acuerdo con la revista semanal del Gobierno Nacional (Gobierno Nacional de la República de Panamá, 2020, pp. 3,5,8,9,12,19,20), estos grandes acumulados de lluvias dentro de los primeros 15 días del mes de noviembre de 2020, dejaron como resultado:

- 24 personas fallecidas
- 149 puntos críticos en distintas carreteras del país por deslizamientos
- 34 albergues para refugio
- +2000 personas damnificadas
- +100 millones de dólares aprobados para los daños generados

Se requirió más de 2 meses para la limpieza y restauración de viviendas y hasta septiembre de 2021 continuaron las reparaciones de las carreteras y otros.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar los productos de amenazas de crecidas repentinas de la herramienta CAFFGS y a través de esto, definir cuál o cuáles podrían ser utilizados en diferentes sistemas de alerta temprana con la finalidad de reducir el riesgo de pérdidas de vidas y pérdidas económicas ante eventos meteorológicos peligrosos extremos.

Objetivos específicos

- Verificar la confiabilidad de los tres productos de probabilidad de ocurrencia de crecidas repentinas durante eventos extremos (**IFFT** - amenaza inminente de crecida repentina, **PFFT** - amenaza persistente de crecidas repentinas y el **FFFT** - pronóstico de amenaza de crecida repentina).
- Determinar si existen sesgos espaciales o temporales en los indicadores de amenazas de crecidas repentinas.

Hipótesis

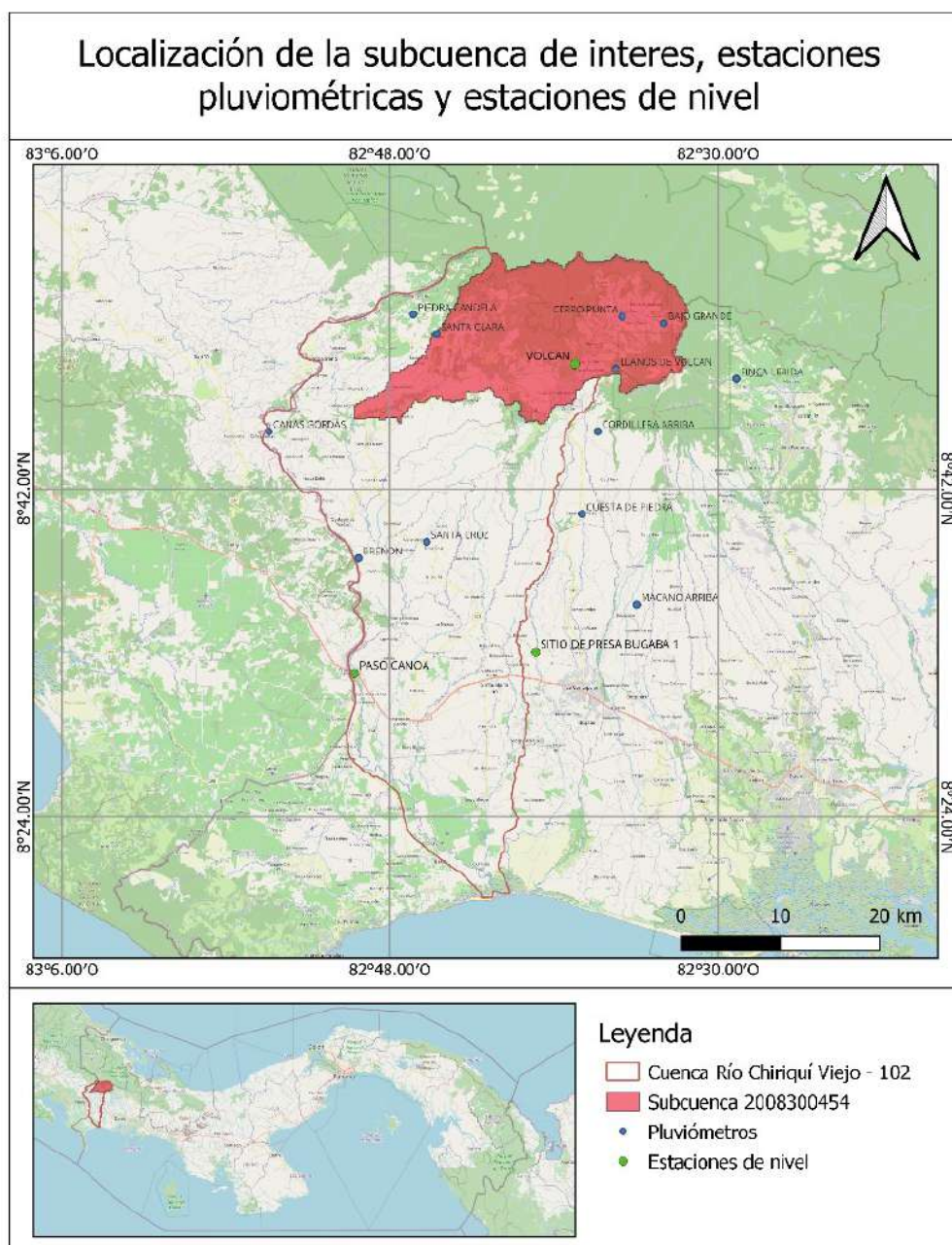
Si los productos de amenazas de crecidas repentinas indican probabilidades de ocurrencia para un área determinada durante eventos meteorológicos extremos y estas suceden, entonces, suponemos que se cuenta con una mayor confiabilidad para emitir los avisos pertinentes ante estos eventos.

Preguntas de investigación

- Para eventos extremos, ¿cuál de los tres productos (**IFFT**- amenaza inminente de crecida repentina, **PFFT** - amenaza persistente de crecidas repentinas y el **FFFT** - pronóstico de amenaza de crecida repentina) es el más confiable en pronosticar una amenaza de crecidas repentinas?
- ¿Qué valores en los productos de pronóstico del CAFFGS pueden representar la posibilidad de ocurrencia de una crecida repentina?

Delimitación

Se realizará la validación en la subcuenca 2008300454 del CAFFGS con un área de 336.50 km² ubicada al noreste de la cuenca del Río Chiriquí Viejo con numeración 102.



Mapa 1. Localización de las subcuencas del río Chiriquí Viejo y la ubicación de las estaciones pluviométricas dentro de la subcuenca y zonas cercanas.

Fuente: Elaboración propia con datos de coordenadas proporcionados por IMHPA.

Capítulo 2. Marco teórico

Ciclón tropical

Una circulación atmosférica cerrada que gira en sentido antihorario en el hemisferio norte y en sentido de las agujas del reloj en el hemisferio sur. Es un término genérico para designar un sistema de baja presión que se formó sobre aguas tropicales (25°S a 25°N) con actividad de tormentas eléctricas cerca del centro de sus vientos cerrados y ciclónicos. Los ciclones tropicales obtienen su energía de las diferencias verticales de temperatura, son simétricos y tienen un núcleo cálido.

Disturbio tropical → Depresión tropical → Tormenta tropical → Huracán o Tifón.
(NOAA/AOML - Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico, 2023)

Disturbio tropical

Un sistema meteorológico tropical discreto de convección aparentemente organizada, generalmente de 100 a 300 millas náuticas de diámetro, que se origina en los trópicos o subtrópicos, tiene un carácter migratorio no frontal y mantiene su identidad durante 24 horas o más. Puede o no estar asociado con una perturbación detectable del campo de viento. (Landsea, 2011)

Depresión tropical

Un ciclón tropical en el que la velocidad máxima sostenida del viento en la superficie (usando el promedio de 1 minuto de EE. UU.) es 33 kt (38 mph o 62 km/h) o menos.
(NOAA/AOML - Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico, 2023)

Tormenta tropical

Un ciclón tropical en el que la velocidad máxima sostenida del viento en la superficie (utilizando el promedio de 1 minuto de EE. UU.) varía de 34 kt (39 mph o 63 km/h) a 63 kt (73 mph o 118 km/h). (NOAA/AOML - Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico, 2023)

Huracán / Tifón

Un ciclón tropical en el que el viento máximo sostenido en la superficie (utilizando el promedio de 1 minuto de EE. UU.) es de 64 kt (74 mph o 119 km/h) o más. El término huracán se utiliza para los ciclones tropicales del hemisferio norte al este de la línea internacional de cambio de fecha al meridiano de Greenwich. El término tifón se utiliza para los ciclones tropicales del Pacífico al norte del ecuador al oeste de la línea internacional de cambio de fecha. (NOAA/AOML - Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico, 2023)

CHIRPS

Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS), realiza estimaciones de las lluvias de manera casi global por medio de datos satelitales infrarrojos y pluviómetros en tierra. El software fue desarrollado por el Centro de Observación y Ciencia de los Recursos Terrestres (EROS) del USGS. (Climate Hazards Center UC Santa Barbara, s.f.)

Clasificación de la precipitación según la intensidad

Intensidad	Acumulación en una hora
DÉBIL	entre 0,1 y 2 mm
MODERADO	entre 2,1 y 15 mm
FUERTE	entre 15,1 y 30 mm
MUY FUERTE	entre 30,1 y 60 mm
TORRENCIAL	más de 60 mm

Tabla 1. Clasificación de la lluvia según la intensidad media en una hora. Agencia Estatal de Meteorología. Fuente: (Monjo, 2010)

Crecida

1. "Elevación, generalmente rápida, del nivel de agua de un curso, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor.
2. Flujo relativamente alto medido como nivel o caudal." (Organización Meteorológica Mundial [OMM], Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2012, pág. 124)

Cuenca hidrográfica

“Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que sus aguas dan al mar a través de un río o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Esta delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas”.

(Wikipedia, 2024)

Divisoria de aguas

“La divisoria de aguas o divortium aquarum es una línea que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas”. Esta “sigue los puntos más elevados del interfluvio que separa a dos o más cuencas vecinas”. (Wikipedia, 2024). También se le denomina, parteaguas.

Río principal

El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud o con mayor área de drenaje, aunque hay excepciones.

(Wikipedia, 2024)

En el curso de un río se distinguen tres partes:

Curso superior

Ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión producida por las aguas del río es mayor, a pesar del menor caudal, debido a su mayor pendiente. Corresponde al término cuenca de recepción cuando se refiere a un torrente de montaña. (Wikipedia, 2024)

Curso medio

En donde el río disminuye su pendiente, pero ensancha el valle, con lo que disminuye la velocidad del caudal y comienza a aumentar la sedimentación o formación de aluviones.

(Wikipedia, 2024)

Curso inferior

Situado en las partes más bajas de la cuenca. Allí, el caudal del río pierde todavía más su fuerza erosiva (que prácticamente se anula) y los materiales sólidos que lleva se sedimentan, formando las llanuras aluviales. (Wikipedia, 2024)

Afluente

Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que no desemboca en el mar, sino en otro río que suele ser más importante, con el cual se une en un lugar llamado confluencia. (Wikipedia, 2024)

CAFFGS

El Sistema Guía para Crecidas Repentinas de Centroamérica (CAFFGS por sus siglas en inglés) forma parte de los Sistemas Guía para Crecidas Repentinas con cobertura mundial (FFGS) que consisten en trece centros regionales y abarcando 74 países (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2023) es una herramienta realizada para que los pronosticadores meteorológicos e hidrológicos de los Servicios de Meteorología e Hidrología tengan productos que indiquen o señalen las posibilidades para crecidas repentinas y puedan emitir alertas o avisos de crecidas repentinas para que en conjunto con las agencias de riesgos puedan mitigar o reducir los efectos de estos.

El CAFFGS utiliza información de lluvia registradas con estaciones y/o lluvias estimadas a partir de datos de satélite y cuando se disponen datos de radar, además utiliza modelos hidrológicos para determinar las capacidades de las subcuencas de drenaje para así poder determinar la capacidad de almacenamiento del suelo de las subcuencas, esto combinado y calibrado con información de la lluvia caída, saturación del suelo y pronóstico, pueden determinar la probabilidad de amenaza de desbordamiento de un río en la salida de una subcuenca.

Escala espacial y temporal fenómenos meteorológicos

Los fenómenos meteorológicos se dan o pueden influir en un tiempo y espacio determinado, de acuerdo con su tamaño se ubicarán dentro de una de las siguientes escalas:

Microescala:

Dimensión espacial que va de algunos metros hasta 1 km y los fenómenos pueden durar minutos o unas cuantas horas. (Viñas, 2025)

Mesoescala:

La cobertura de los fenómenos suele ser entre 2 a 2000 km y durar entre 1 a 24 horas. (Viñas, 2025)

Sinóptica:

Escala de longitud horizontal de 1000 km o más de longitud horizontal y los fenómenos pueden durar entre 3 a 10 días. Un ejemplo de esto son las cartas de superficie que muestran los diversos sistemas meteorológicos. (Viñas, 2025)

Planetaria o Macroescala

Cubren áreas grandes de la tierra, mayor de 2,000 km y tardan meses en formarse, desarrollarse y en desaparecer. (Viñas, 2025)

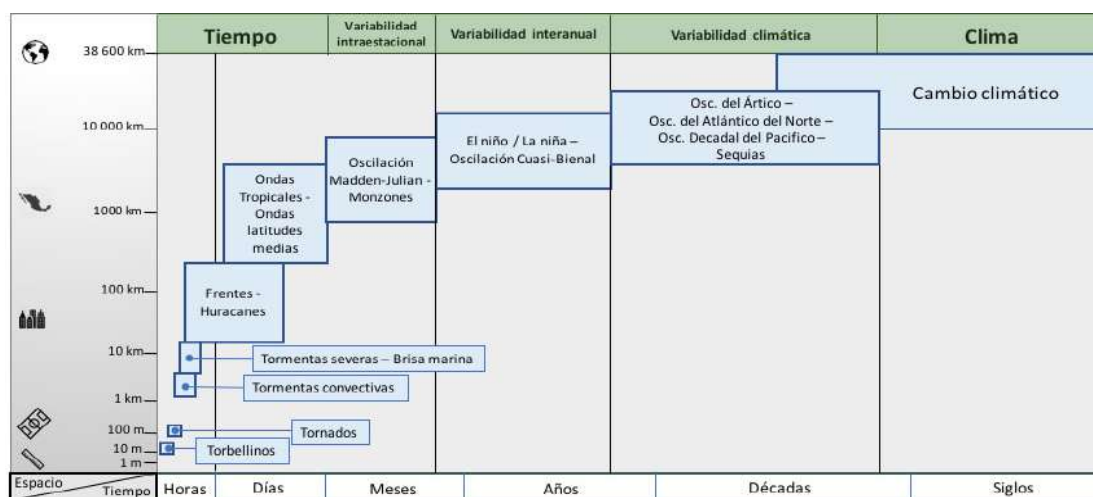


Figura 1. Escalas meteorológicas: Mesoescala, sinóptica y temporal.

Fuente: (Torres, 2019)

Escala de viento de huracán Saffir-Simpson

La escala de vientos de huracanes de Saffir-Simpson es una categorización de 1 a 5 basada en la intensidad del huracán en el momento indicado. Esta escala proporciona ejemplos del tipo de daños e impactos en los Estados Unidos asociados con vientos de la intensidad indicada. La siguiente tabla muestra la escala desglosada por vientos:

Escala Saffir-Simpson			
Denominación	Categoría	Velocidad del viento (km/h)	Presión mínima (hPa)
Depresión Tropical	TD	< 63	-
Tormenta Tropical	TS	64 - 118	-
Huracán	Cat 1	119 - 153	> 980
Huracán	Cat 2	154 - 177	979 - 965
Huracán	Cat 3	178 - 210	964 - 945
Huracán	Cat 4	211 - 250	944 - 920
Huracán	Cat 5	> 251	< 920

Tabla 2. Escala Saffir-Simpson.
Fuente: (Arenas, 2011)

Estación meteorológica

Son aparatos que realizan mediciones de variables meteorológicas tales como viento, dirección del viento, humedad del aire, temperatura, precipitación, entre otros; estos permiten recopilar los datos de los distintos parámetros y así poder realizar análisis estadísticos. Las estaciones pueden estar equipadas con sensores mecánicos o electrónicos, los datos pueden ser recogidos en sitio, realizando lectura de los equipos o gráficos o bien, pueden ser transmitidos de forma remota a una estación receptora. (Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá, IMHPA, s.f.)

Evaluar

“Calcular el valor de alguna cosa o su importancia tomando en cuenta varios elementos o juicios: *evaluar un plan industrial, evaluar un trabajo*”. (Diccionario del Español de México, s.f.)

Inundación

1. “Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua.

2. Acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas.
3. Encharcamiento controlado para riego". (OMM, UNESCO, 2012, pág. 127)

Tipos de inundaciones

Crecidas repentinas (flash flood)

"Crecida de corta duración con un caudal máximo relativamente elevado". (OMM, UNESCO, 2012, pág. 123)

Frecuentemente asociadas con tormentas convectivas violentas de corta duración que afectan un área pequeña, las crecidas repentinas son a menudo el resultado de fuertes lluvias. (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2011, págs. 1-4)

Las crecidas repentinas se consideran una de las categorías más peligrosas, ya que por su naturaleza dificultan las tareas de prevención y desalojo de las poblaciones afectadas.

Inundaciones lentas

Son generadas por lluvias persistentes que pueden ser intensas o moderadas, lo cual provoca una saturación progresiva del terreno. En estos casos, las precipitaciones pueden durar entre dos y cuatro días como mínimo. (Rhoton, 2025)

Crecidas fluviales

Ocurren mayormente en planicies de inundación o en terrenos de arrastre cuando el caudal excede la capacidad de los canales naturales y se derrama sobre las márgenes naturales o bordos artificiales. (OMM, 2011, págs. 1-4)

Inundaciones pluviales

Suceden cuando el agua de lluvia satura la capacidad del terreno para drenarla, acumulándose por horas o días sobre éste. (UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México, s.f.)

Inundaciones costeras

Si las inundaciones de barrera sobrepasan un terreno inclinado, se puede producir un flash flood o inundación súbita.

Oleajes de temporal y fuertes vientos coincidiendo con mareas altas, son la causa más frecuente de este tipo. (Rhoton, 2025)

Lluvia orográfica

“La lluvia orográfica es la lluvia que se produce por el ascenso del aire húmedo al encontrarse con un obstáculo orográfico, como una montaña. En su ascenso el aire se enfría hasta alcanzar el punto de saturación del vapor de agua, y una humedad relativa del 100%, que origina la lluvia.” (Wikipedia, 2024)

Meteorología

“Ciencia que estudia los meteoros o fenómenos atmosféricos”. (RAE: REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2025)

Modelos meteorológicos

“Los modelos meteorológicos son simulaciones informáticas de la atmósfera para la investigación y la previsión meteorológica”. (IBM, 2023)

Modelo meteorológico GFS

“El Global Forecast System, en castellano Sistema Global de Predicción, (más conocido por sus iniciales GFS) es un modelo numérico de predicción meteorológica creado y utilizado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos”. (Servicio de Meteorología Aeronáutica, Perú, 2020)

Modelo meteorológico WRF

Un sistema numérico de predicción meteorológica de mesoescala para pronóstico operativo e investigación atmosférica y desarrollado con la colaboración conjunta del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR), la Administración Nacional Oceánica y

Atmosférica (NOAA) representada por los Centros Nacionales de Predicción Ambiental (NCEP) y por el Laboratorio de Investigación del Sistema Terrestre; la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, el Laboratorio de Investigación Naval, la Universidad de Oklahoma y la Administración Federal de Aviación (FAA). (MMM-UCAR, 2025)

Onda tropical

Una vaguada invertida (un área alargada de presión relativamente baja) o un máximo de curvatura ciclónica que se desplaza de este a oeste a través de los trópicos. Esto puede dar lugar a la formación de un ciclón tropical. También conocida como onda del este. (National Weather Service, NOAA, s.f.)

Productos del CAFFGS

FFG: Valores de referencia de crecida repentina o guía de crecida repentina.

Este producto indica el volumen de lluvia que se requiere que caiga de manera uniforme en una subcuenca y en un periodo determinado para llegar al nivel de desbordamiento o a banca llena y generar una inundación en la salida de la subcuenca.

Este producto se actualiza cada 06 horas, cuando se procesa el modelo, que corresponden a las 00, 06, 12 y 18 UTC (07:00 p.m., 01:00 a.m., 07:00 a.m. y 01:00 p.m. hora local) y tienen una validez para 1, 3 y 6 horas para cada subcuenca a partir de la hora de procesamiento. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

El FFG indica que, a valores más bajos, se tiene mayor probabilidad de ocurrencia de crecidas repentinas.

Las subcuencas que superan el área de drenaje de 2000 km² aparecen en gris.

FFG 01-hr: precipitación requerida para causar un caudal de desbordamiento durante la próxima hora después de la hora de procesamiento. (mm/1h)

FFG 03-hr: precipitación requerida para causar un caudal de desbordamiento durante las próximas 3 horas después de la hora de procesamiento. (mm/3h)

FFG 06-hr: precipitación requerida para causar un caudal de desbordamiento durante las próximas 6 horas después de la hora de procesamiento. (mm/6h)

ASM: Humedad promedio del suelo.

Este producto indica la saturación del suelo, en fracción, de la capa superior (20-30 cm) del modelo de contabilidad de humedad del suelo de Sacramento (SAC-SMA) para cada una de las subcuencas para las próximas 6 horas.

Este producto se actualiza cada 6 horas y las horas de procesamiento son a las 00, 06, 12 y 18 UTC (07:00 p.m., 01:00 a.m., 07:00 a.m. y 01:00 p.m. hora local). (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

GHE: Hidroestimador global.

Este producto utiliza un algoritmo para la estimación de precipitación basadas en las imágenes de satélite, utilizando los satélites geoestacionarios entre ellos los de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica – Servicio Nacional de Satélites, Datos e Información Ambiental (NOAA/NESDIS), los cuales utilizan el canal infrarrojo (10,8) midiendo la temperatura de brillo para calcular las áreas de lluvia y su frecuencia.

Este producto muestra los acumulados de precipitación horaria en una cuadrícula sobre un fondo de los límites de las subcuencas, tienen una latencia de 20 minutos aproximadamente y con una resolución aproximada de 4 km x 4 km cerca del Ecuador.

El GHE se actualiza cada hora y con el acumulado horario se realizan las acumulaciones de 3, 6 y 24 horas de estimaciones de precipitación satelital (mm) que terminan en la hora actual o de visualización. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

GHE 01-hr: estimación de precipitación acumulada de la última hora. (mm/1h)

GHE 03-hr: estimación de precipitación acumulada de las últimas tres horas. (mm/3h)

GHE 06-hr: estimación de precipitación acumulada de las últimas seis horas. (mm/6h)

GHE 24 hr: estimación de precipitación acumulada de las últimas veinticuatro horas.
(mm/24 h)

Falta de datos de GHE

Cuando los datos horarios del GHE hagan falta o no estén disponibles los límites de las subcuencas estarán en color rojo.

Como los acumulados de 3, 6 y 24 horas utilizan la sumatoria del acumulado horario, para cada uno de los intervalos, si falta más del 50% de la información el producto se mostrará en color gris.

MWGHE. Estimaciones de precipitación basadas en el hidro-estimador ajustadas por microondas.

Este producto muestra las estimaciones de precipitación del Hidro-estimador global (HE) ajustada con las mediciones de estimaciones de precipitación por microondas, utilizando el método de CMORPH (datos de precipitación satelital corregidos y reprocesados utilizando Morphing Technique (MORHP) del Climate Prediction Center de la NOAA (CPC) con resolución de 8 km por 8 km)

El MWGHE utiliza los sensores satelitales de microondas ubicados en los satelitales polares, los cuales detectan las partículas de precipitación dentro de las nubes. Hay que señalar que no utiliza las estimaciones de la precipitación por infrarrojo, si no que utiliza las temperaturas de la cima de las nubes estimada por los infrarrojos para obtener vectores de propagación de la cima de las nubes e interpolar estimaciones de la precipitación basadas en microondas y producir cada media hora estimaciones de precipitaciones con una resolución de 8 km.

Debido a la latencia que tiene los datos de microondas se generó un método para cuando ambos datos estén disponibles (HE y CMORPH); se abre un tiempo de procesamiento que se extiende hasta 3 días atrás a partir del presente. En este periodo hay disponibles datos de HE y

CMORPH. Los datos HE se ajustan con las de CMORPH a una escala de 8 km en todo el dominio del FFGS para procesarlos, dando como resultados estimaciones de HE ajustadas y calculando factores de ajustes que luego se aplican a las estimaciones HE hasta el presente donde no se tiene datos CMORPH.

Los productos se actualizan cada hora con una latencia de 45 minutos aproximadamente, proporcionan acumulados de estimaciones de lluvia en cuadrículas para una hora y con la sumatoria de este producto se realizan los acumulados de 3 horas, 6 horas y 24 horas para los intervalos correspondientes y finaliza en la hora actual. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

MWGHE 01-hr: estimación de precipitación del GHE ajustado por microondas acumulada de la última hora. (mm/1h)

MWGHE 03-hr: estimación de precipitación del GHE ajustado por microondas acumulada de las últimas 3 hora. (mm/3h)

MWGHE 06-hr: estimación de precipitación del GHE ajustado por microondas acumulada de las últimas 6 hora. (mm/6h)

MWGHE 24-hr: estimación de precipitación del GHE ajustado por microondas acumulada de las últimas 24 hora. (mm/24 h)

Falta de datos de MWGHE cuando los datos de entrada de 1 hora no están disponibles los límites de las subcuencas aparecen en rojo.

Para realizar los acumulados de cada uno de los intervalos es necesario por lo menos el 50% de los datos de entrada, si estos no están disponibles el mapa aparecerá en gris.

SCaMPR – estimaciones de precipitación Self-calibrating multivariate precipitation retrieval

El algoritmo Enterprise Rain Rate (ERR) o Self-calibrating multivariate precipitation retrieval (SCaMPR) combina las estimaciones de precipitación basadas en infrarrojos (IR) y microondas (MW). Los combinan para sacar un provecho de la resolución espacial (2 km),

temporal (10 minutos) y con baja latencia (minutos) de los IR, pero ya que estos solo detectan propiedades como temperatura y textura de las cimas de las nubes también se utiliza las estimaciones por microondas que son sensibles a la cantidad de agua y hielo de la nube, aunque por estar solo en satélite de órbita baja solo están disponibles dos veces al día.

Este algoritmo utiliza los IR como fuente de información predictiva y calibra la intensidad de la lluvia basadas en microondas (optimizando la precisión).

Utilizando dos pasos para esto que son: discriminación de lluvia o no lluvia mediante análisis discriminante y la calibración mediante regresión. También toma en cuenta los efectos de la evaporación de los hidrometeoros debajo de la base de las nubes utilizando la humedad relativa promedio en el tercio inferior de la atmósfera del modelo de sistema de pronóstico global (GFS) para ajustar la tasa de lluvia debajo de la nube en ambientes secos.

Utiliza dos bandas de vapor de agua (6,2 y 7,3 micras) y tres bandas IR (8,5 10,8 y 12,0 micras) lo cual favorece a detectar cirrus y nubes más cálidas, estos predictores se calibran con el conjunto de datos de microondas combinados MWCOMB del CPC. (NOAA, 2025)

Tiene una resolución de 2 x 2 km en el nadir, se actualiza cada 10 minutos y tiene una latencia de 10 a 15 minutos. El MWCOMB tiene una latencia de 15 horas

GMAP: Gauge MAP

Es la precipitación media areal realizada por los datos obtenidos de las estaciones de transmisión automática. Se utiliza para corregir los sesgos en los productos MWGHE y GHE. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

MAP: precipitación media areal combinada

Este producto muestra las mejores estimaciones de acumulados de precipitación en periodos de 1, 3, 6 y 24 horas para cada una de las subcuencas. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

Se obtiene seleccionando el mejor producto de entrada de precipitación de una hora para cada una de las subcuencas, de los sesgos corregidos del MWGHE, de los sesgos corregidos

del GHE o mediante la interpolación de los datos obtenidos de las estaciones automáticas; esta obtención se realiza preferiblemente en este orden.

Estos productos se actualizan cada hora.

Las estimaciones de los acumulados de 6 horas se utilizan para el ASM y los FFT.

WRF Forecast: pronóstico WRF

Se utiliza un modelo de predicción numérica del tiempo mesoescalar, en el caso de Centroamérica se utiliza el de El Salvador, el modelo se actualiza dos veces al día, a las 00z y 12z, pero el sistema genera el producto cada hora con intervalos de 1, 3, 6 y 24 horas. La resolución horizontal es de 6 a 18 km, la resolución vertical es de 30 niveles, utiliza la microfísica WSM6 y utiliza la física de cúmulos de New Kain-Fritsch. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

FMAP: pronóstico de precipitación media areal

Muestra el acumulado de lluvia promedio de cada subcuenca utilizando el modelo de pronóstico WRF. Para cada una de las subcuencas se genera el producto para 1, 3, 6 y 24 horas. Se actualizan cada hora para el intervalo correspondiente. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

FFT: amenazas de crecida repentina

Estos productos indican la precipitación que, tras acumularse en un determinado periodo, supera el valor de referencia correspondiente al producto Guía de crecidas repentinas (FFG) señalando amenazas de crecidas repentinas. Se representan por tres colores; el color amarillo indica amenaza baja, el color naranja indica amenaza moderada y el color rojo indica amenaza alta.

Se actualizan cada 6 horas para un periodo de 1, 3 y 6 horas. Estos productos son tres: amenaza inminente de crecida repentina (IFFT), amenaza persistente de crecida repentina (PFFT) y pronóstico de amenaza de crecida repentina (FFFT). (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

IFFT: amenaza inminente de crecida repentina

Este producto indica que una crecida repentina está en curso o está a punto de ocurrir. Muestra la diferencia entre la precipitación media areal combinada (MAP) y los valores de referencia de crecida repentina (FFG) para un tiempo y subcuenca determinada. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

Se actualizan cada 6 horas con un periodo de 1, 3 y 6 horas. Esta información se debe manejar con cautela ya que como se utiliza la precipitación observada en el mismo intervalo, lo más probable es que se puedan estar presentando u observando las crecidas en ese momento.

En las imágenes se muestran las subcuencas en gris si el área supera los 2000 km².

IFFT-01 hr muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina de la siguiente hora de procesamiento (FFG-01 hr) y la precipitación media areal combinada observada (MAP-01 hr) de la siguiente hora del procesamiento. Se actualizan a las 01, 07, 13 y 19 UTC (08:00 p.m., 02:00 a.m., 08:00 a.m. y 02:00 p.m.)

IFFT-03 hr muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina de las siguientes 3 horas de procesamiento (FFG-03 hr) y la precipitación media areal combinada observada de esas 3 horas (MAP-03 hr) después del procesamiento. Se actualizan a las 03, 09, 15 y 21 UTC (10:00 p.m., 04:00 a.m., 10:00 a.m. y 04:00 p.m.)

IFFT-06 hr muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina de las siguientes 06 horas de procesamiento (FFG-06 hr) y la precipitación media areal combinada observada de esas 06 horas (MAP-06 hr) después del procesamiento. Se actualizan a las 06, 12, 18 y 00 UTC (01:00 a.m., 07:00 a.m., 01:00 p.m. y 07:00 p.m.)

PFFT: amenaza persistente de crecida repentina

Este producto considera que las lluvias que se registraron en un tiempo determinado continuarán o serán similares para el próximo periodo de la misma duración para cada una de las subcuencas. Muestra la diferencia entre los valores de referencia de crecida repentina (FFG)

de un tiempo determinado y de la precipitación media areal combinada (MAP) del intervalo determinado anterior a la hora de procesamiento. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

Se actualizan cada 6 horas correspondientes a las 00, 06, 12 y 18 UTC (07:00 p.m., 01:00 a.m., 07:00 a.m. y 01:00 p.m.) para los intervalos de 1, 3 y 6 horas. En las imágenes aparecen en gris las áreas que superan los 2000 km².

PFFT-01 hr muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina de la siguiente hora (FFG-01 hr) de la hora de procesamiento y la precipitación media areal combinada (MAP-01 hr) de la última hora de la hora del procesamiento.

PFFT-03 hr muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina de las próximas 3 horas (FFG-03 hr) de la hora de procesamiento y la precipitación media areal combinada (MAP-03 hr) de las 3 horas antes de la hora del procesamiento.

PFFT-06 hr muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina de las próximas 6 horas (FFG-06 hr) de la hora de procesamiento y la precipitación media areal combinada (MAP-06 hr) de las últimas 6 horas antes de la hora del procesamiento.

FFFT: pronóstico de amenaza de crecida repentina

Este producto muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina (FFG) de un tiempo determinado y el pronóstico de la precipitación media areal (FMAP) para el mismo tiempo. (WMO, ETRP Moodle Site, s.f.)

FFFT-01 hr muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina de la próxima hora (FFG-01 hr) de la hora de procesamiento y el pronóstico de la precipitación media areal de la próxima hora de procesamiento (FMAP-01 hr).

FFFT-03 hr muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina de las próximas 3 horas (FFG-03 hr) de la hora de procesamiento y el pronóstico de la precipitación media areal de las próximas 3 horas de procesamiento (FMAP-03 hr).

FFFT-06 hr muestra la diferencia entre el valor de referencia de crecida repentina de las próximas 6 horas (FFG-06 hr) de la hora de procesamiento y el pronóstico de la precipitación media areal de las próximas 6 horas de procesamiento (FMAP-06 hr).

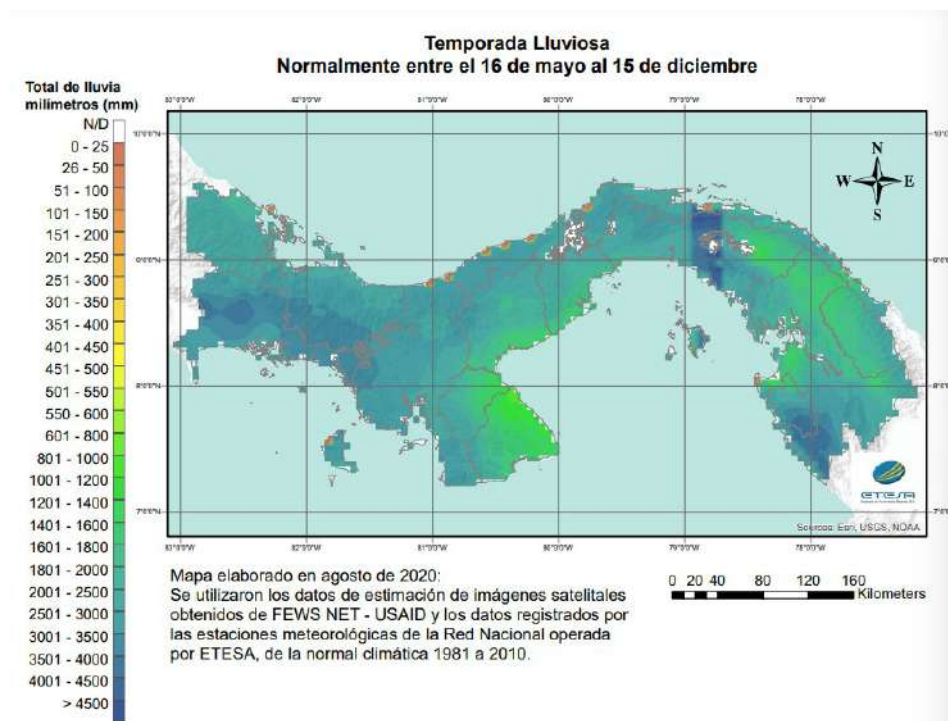
Subcuenca

Se le considera a una superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua ((Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.), en adición, una subcuenca puede abarcar un terreno entre 5,000 y 50,000 hectáreas (Instituto de Tecnología del Agua, 2019).

Temporada lluviosa en Panamá

Está definido como el periodo donde se registra un aumento de los eventos lluviosos y de los acumulados de lluvia, siendo considerado, climáticamente con una serie de datos de 1981 a 2010, a partir del 16 de mayo, mes en donde se registra un mayor debilitamiento de los vientos Alisios y empieza la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical sobre el istmo panameño y, se extiende hasta el 15 de diciembre (IMHPA, 2020), tiempo en donde se van reforzando el Anticiclón de las Azores, favoreciendo la incursión los vientos Alisios del Norte y el incremento de los empujes polares (frentes fríos) sobre latitudes altas.

El periodo antes mencionado, hace referencia mayormente a la vertiente del Pacífico panameño, dado que muestra una marcada delimitación de las temporadas secas y lluviosas en comparación con la vertiente caribeña en la que la mayor parte del año llueve, siendo estas, solo afectadas por eventos de Variabilidad Climática tales como el Fenómeno de El Niño y La Niña, entre otros fenómenos de escala planetaria que podrán variar ocasionalmente la extensión, inicio o culminación de ambas temporadas.



Mapa 2. Temporada Lluviosa en Panamá de acuerdo con la normal climática 1981 a 2010.
Fuente: ETESA-IMHPA

Unidades de medida para la lluvia

“La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m^2), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm o L/m^2 (1 milímetro de agua de lluvia equivale a 1 L de agua por m^2)”. (Wikipedia, 2024)

Capítulo 3. Procesamiento, análisis e interpretación de los resultados

Metodología

Se elaboró una descripción de los eventos de los huracanes Eta e Iota para observar cómo estaban influyendo estos sistemas sobre el país durante sus respectivos recorridos por el Mar Caribe.

Se utilizó el método de análisis, evaluando el comportamiento de los niveles del Río Chiriquí Viejo comparando los datos registrados con los datos horarios de precipitación de las estaciones que están dentro o próximas del área de drenaje, la interpolación de los acumulados de la lluvia diaria en la región de tierras altas de Chiriquí y la estimación de observaciones satelitales (hidroestimadores) para los periodos bajo la influencia indirecta de huracanes Eta e Iota en noviembre del 2020.

Posteriormente, se evaluaron los tres productos de amenazas obtenidos por el CAFFGS (IFFT, PFFT y FFFT) para los eventos considerados como extremos que son los huracanes Eta e Iota en el mes de noviembre de 2020. Seleccionando las salidas para las próximas 6 horas, que es el tiempo máximo de predicción que tienen estos productos y se compararon con los eventos que reportó el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) para ese mismo periodo, en otras palabras, se compararon los puntos de inundaciones que reportó el SINAPROC con las áreas que señalizaban los productos de amenazas del CAFFGS.

. Además, se evaluó si el nivel de los ríos disponibles en la subcuenca registró incrementos que coincidieron con las predicciones de los productos de amenazas.

Obtención de datos

Se obtuvo la predicción para cada seis horas de los productos de amenazas de las 01:00 a.m., 07:00 a.m., 01:00 p.m. y 07:00 p.m. (hora donde se actualizan los productos) para observar en qué subcuencas hubo probabilidad de inundaciones a un nivel bajo, moderado o alto y en que subcuencas no se mostraba probabilidad de inundaciones.

El sistema se fortalece a tormenta tropical Eta el día 31 de octubre (figura 3), con vientos sostenidos de 35 nudos, presión atmosférica de 1005 mb y su centro localizado en el Mar Caribe Central entre Colombia y la isla La Española (República Dominicana/Haití). De manera indirecta, sobre Panamá produce una intensificación de los vientos sostenidos de suroeste llegando a 12 nudos, aumento de la nubosidad y aumento de los eventos de lluvia de variada intensidad algunos, con actividad eléctrica ocasional.

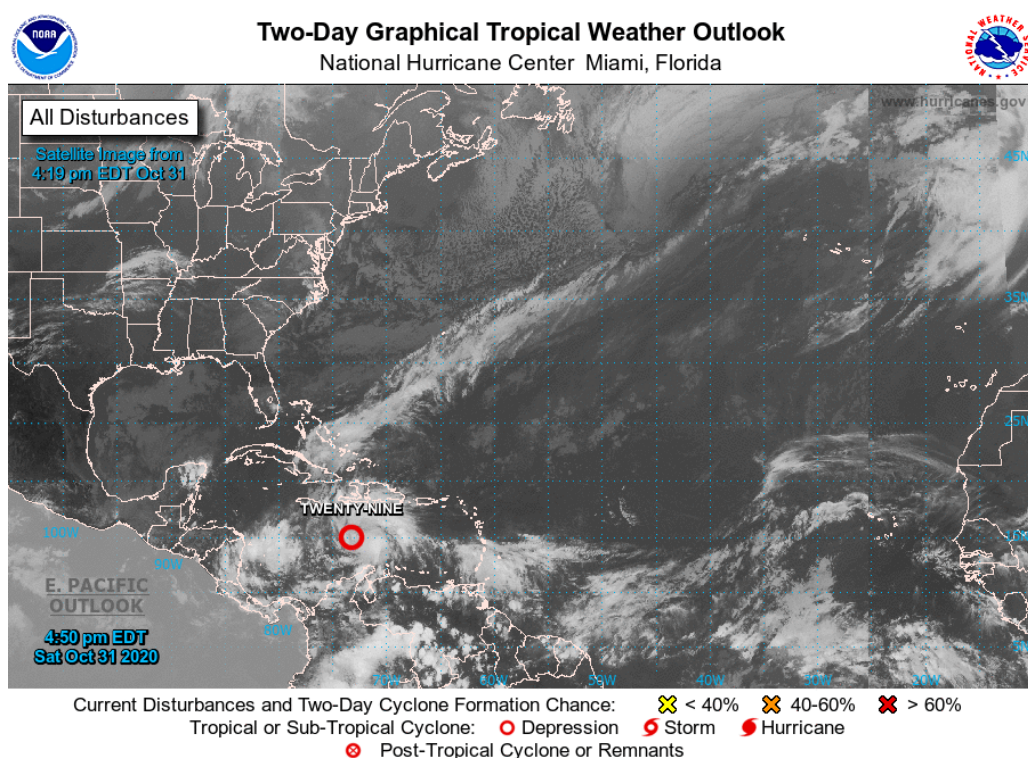


Figura 3. Posicionamiento y bandas nubosas de la depresión tropical #29 el día 31 de octubre de 2020 justo antes de intensificarse a tormenta tropical.

Fuente: NOAA (2020)

De acuerdo con la figura 4, el 1 de noviembre la tormenta tropical Eta se intensifica sobre los 14.9° N /80.0° O, obteniendo una presión central a 989 mb y vientos sostenidos de 60 nudos; en este momento se observan más definidas las bandas nubosas que alimentan el sistema sobre el istmo panameño y también se registra un aumento de los vientos incidentes del sursuroeste llegando a los 18 nudos con ráfagas promedio de 25 nudos; adicional, se registran lluvias moderadas frecuentes y eventualmente fuertes en varios sectores. Estas condiciones

(persistentes) generan afectaciones en el Occidente de Panamá, impactos que empiezan a reportarse a partir de este día.

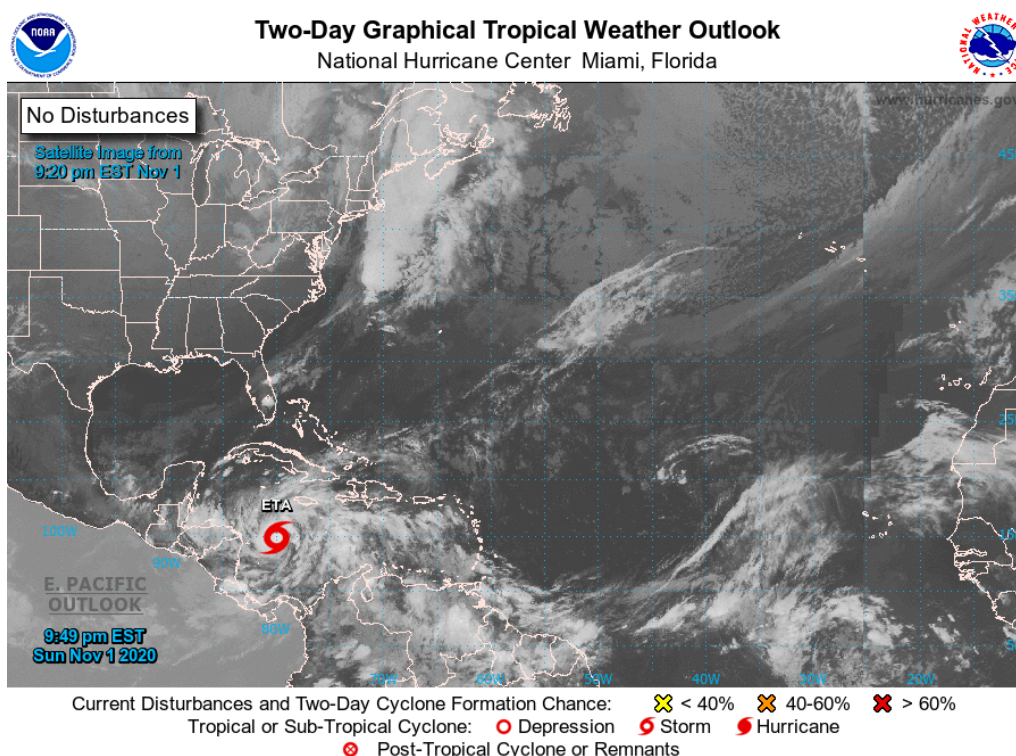


Figura 4. Posicionamiento y bandas nubosas de la tormenta tropical Eta el día 1 de noviembre de 2020.
Fuente: NOAA (2020)

El sistema sufre varios cambios muy drásticos e importantes durante el 2 de noviembre, dado que a primeras horas se intensifica a huracán categoría 1 con presión de 974 mb y vientos sostenidos de 80 nudos; posteriormente, a las 06:00 (hora local) incrementa su fuerza para alcanzar la categoría 2, manifestando vientos sostenidos de 95 nudos y presión de 962 mb y en las siguientes 6 horas (a las 12:00 mediodía) se intensifica rápidamente donde alcanza vientos sostenidos de 115 nudos (207 km/h), presión de 948 mb, llegando así a la categoría 4 de la escala Saffir-Simpson sobre los 14.5°N / 82.3°O y manifestando también un lento desplazamiento hacia el oeste (figuras 5 y 6).

En este periodo, en Panamá se registran vientos sostenidos intensificados con velocidades promedio de 20 nudos (37 km/h) y episodios de ráfagas mayores de 25 nudos

(45 km/h) con dirección predominante del viento del suroeste en la Región Occidental y Central, mas, con predominio del sur en la Región Metropolitana y Oriental. Para este día también se generaron lluvias persistentes de moderadas a muy fuertes con actividad eléctrica ocasional y adicionalmente, se reportan acumulados importantes en varios sectores del istmo, pero en especial sobre la Región Occidental.

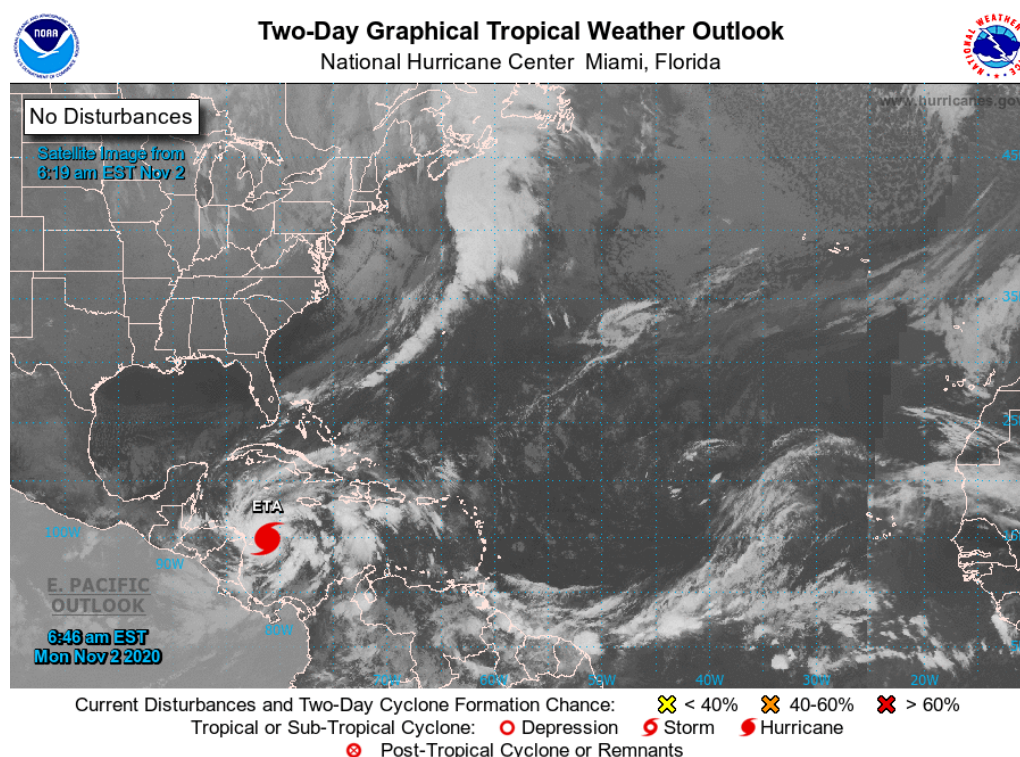


Figura 5. Posicionamiento y bandas nubosas del huracán Eta el día 2 de noviembre de 2020 a las 6:46 am.
Fuente: NOAA (2020)

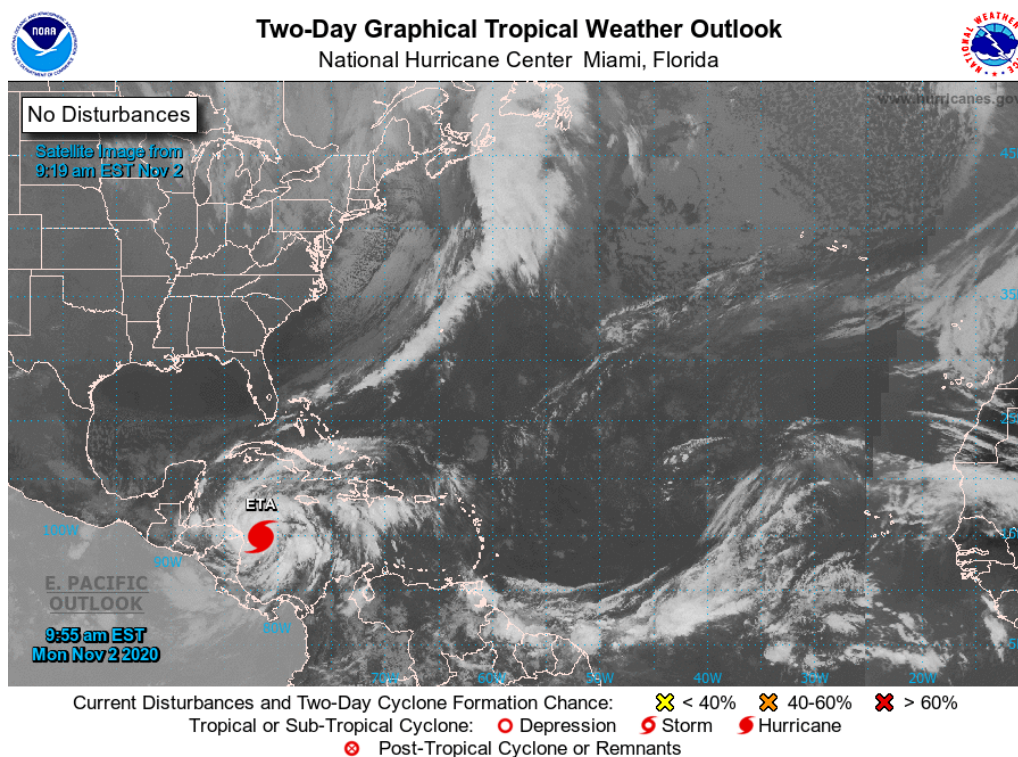


Figura 6. Posicionamiento y bandas nubosas del huracán Eta el día 2 de noviembre de 2020 a las 9:55 am.
Fuente: NOAA (2020)

El huracán mayor Eta, el 3 de noviembre, reporta vientos sostenidos de 130 nudos (240 km/h), una presión atmosférica de 923 mb y se localizaba sobre los 13.8°N /83.1°O, próximo cerca de las costas de Nicaragua.

Al tiempo y de acuerdo con las estaciones meteorológicas de Autoridad de Aeronáutica Civil (AAC) y de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica S. A. (ETESA), reportan vientos intensificados del sur con velocidades de viento sostenidos de 25 a 30 nudos (46 a 55 km/h) y ráfagas que oscilaron los 40 nudos (74 km/h) a lo largo del istmo, siendo estas, superiores en zonas montañosas; además, se registran lluvias de ligeras a moderadas intermitentes y continuas en algunos sectores manteniendo gran cobertura nubosa a lo largo del país durante la mayor parte del día.

Este mismo día, al poco tiempo que este huracán mayor Eta toca tierra se debilita y adquiere categoría 2 de acuerdo con la velocidad de sus vientos sostenidos. (Figura 7).

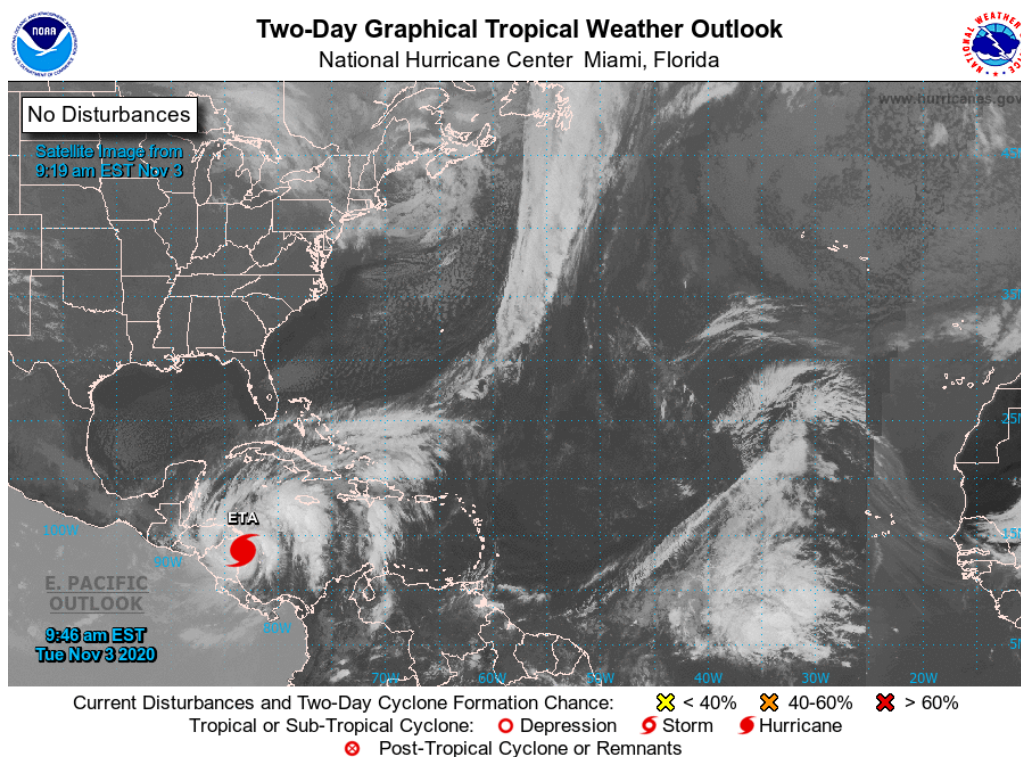


Figura 7. Posicionamiento y bandas nubosas del huracán Eta el día 3 de noviembre de 2020.
Fuente: NOAA (2020)

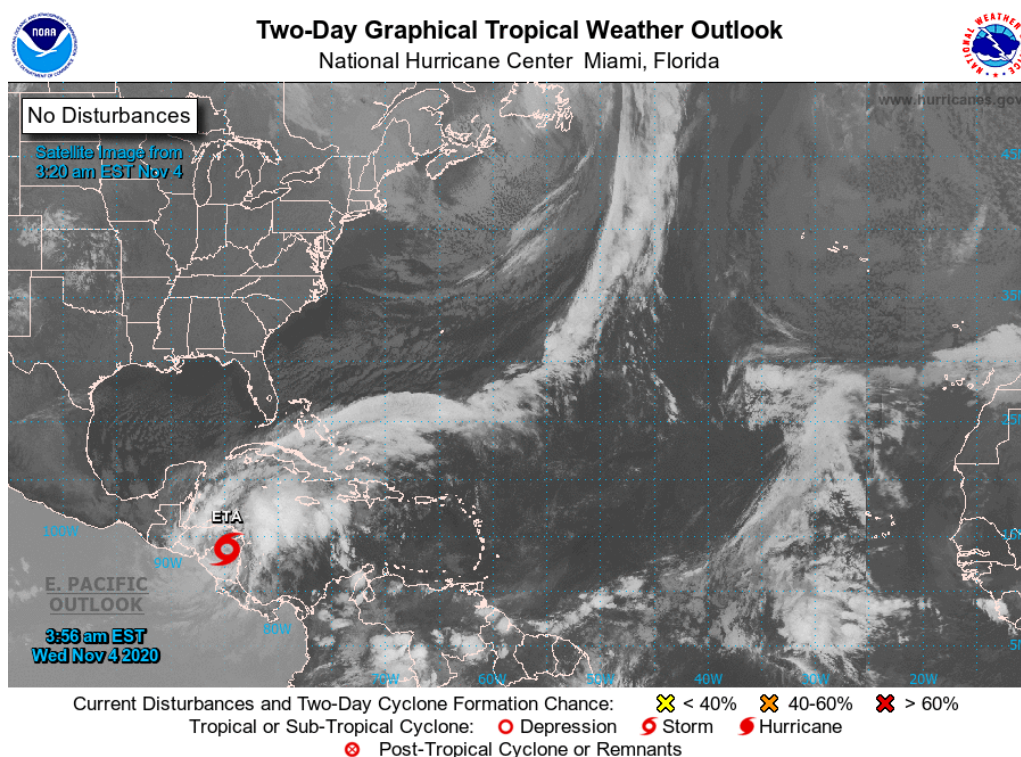


Figura 8. Posicionamiento y bandas nubosas del huracán Eta el día 4 de noviembre de 2020.
Fuente: NOAA (2020)

El 4 de noviembre a la 00:00 (hora local) Eta se degrada de tormenta a depresión tropical con vientos sostenidos que descendieron de 60 a 35 nudos y llegando a tener una presión de 1002 mb. Este sistema se localizaba a los 14.1°N /86.1°O. Por otro lado, sobre el istmo panameño se observa un debilitamiento de los vientos sostenidos llegando entre 20 a 25 nudos y ráfagas mayores que superaron los 35 nudos, produciendo lluvias continuas especialmente en toda la Cordillera Central y produciendo con gran cobertura nubosa en el centro y occidente del país, pero en la región oriental prevaleció ventoso y sin lluvias significativas (figuras 8, 9 y 10).

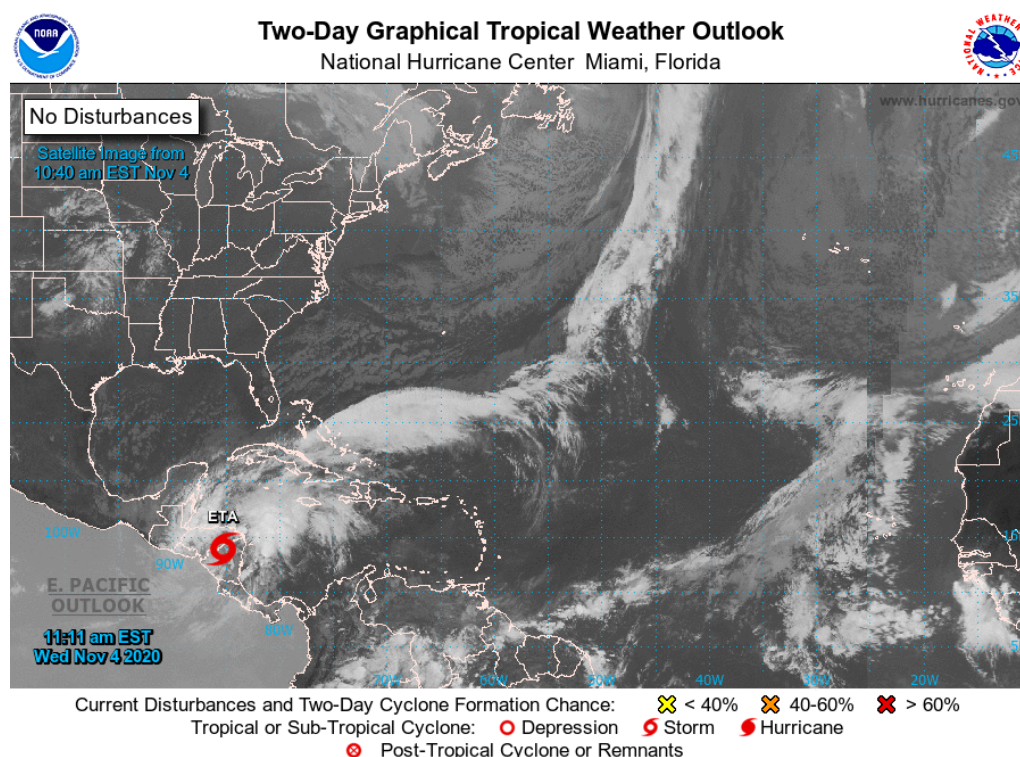


Figura 9. Posicionamiento y bandas nubosas de la tormenta tropical Eta el día 4 de noviembre de 2020 a las 11:11 am. Fuente: NOAA (2020)

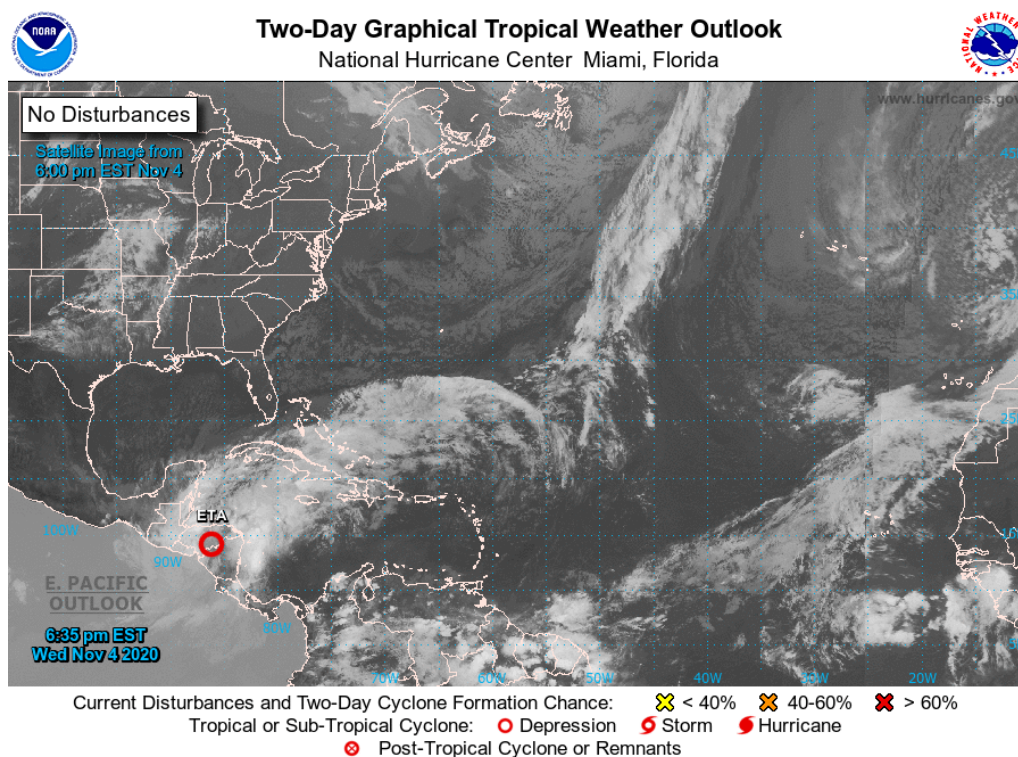


Figura 10. Posicionamiento y bandas nubosas de la Tormenta tropical Eta el día 4 de noviembre de 2020 a las 6:35 pm.

Fuente: NOAA (2020)

Imágenes de Satélite del 1 al 4 de noviembre de 2020 con datos de viento a 10 metros – huracán Eta.

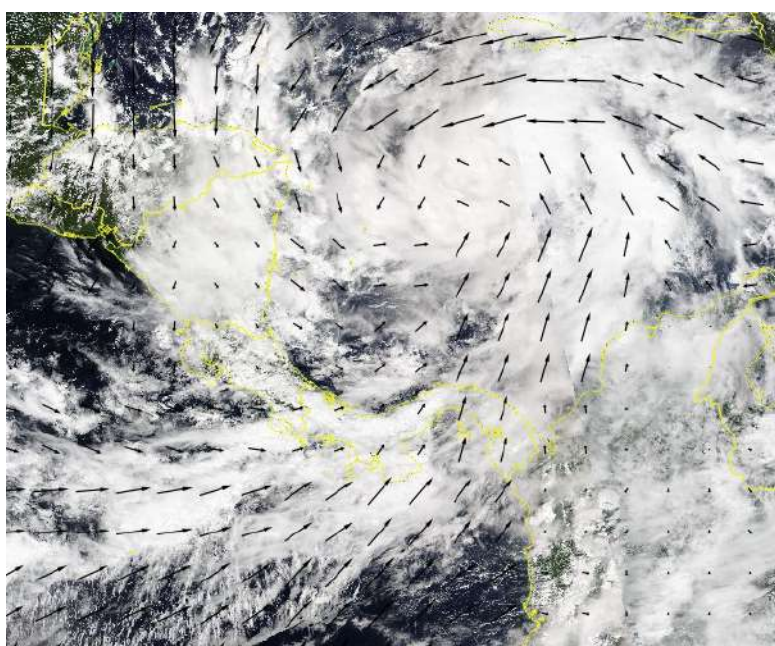


Figura 11. Imágenes de Satélite canal GeoColor del 1 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Eta.

Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NASA Worldview y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis.

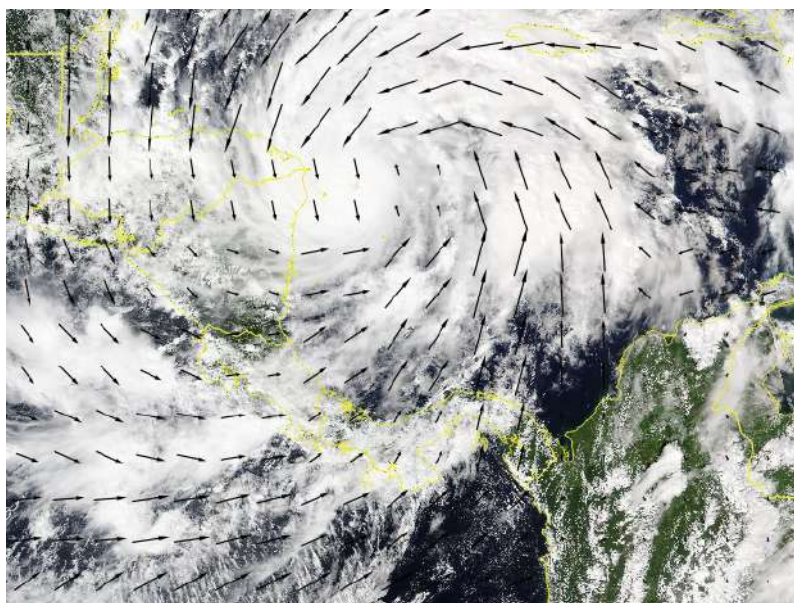


Figura 12. Imágenes de Satélite canal GeoColor del 2 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Eta.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NASA Worldview y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis.

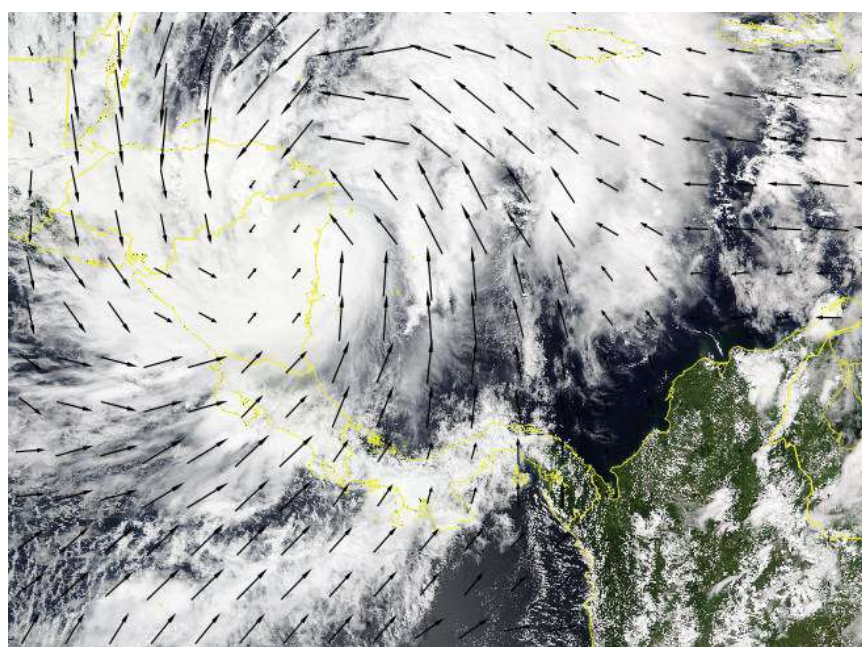


Figura 13. Imágenes de Satélite canal GeoColor del 3 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Eta.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NASA Worldview y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis.

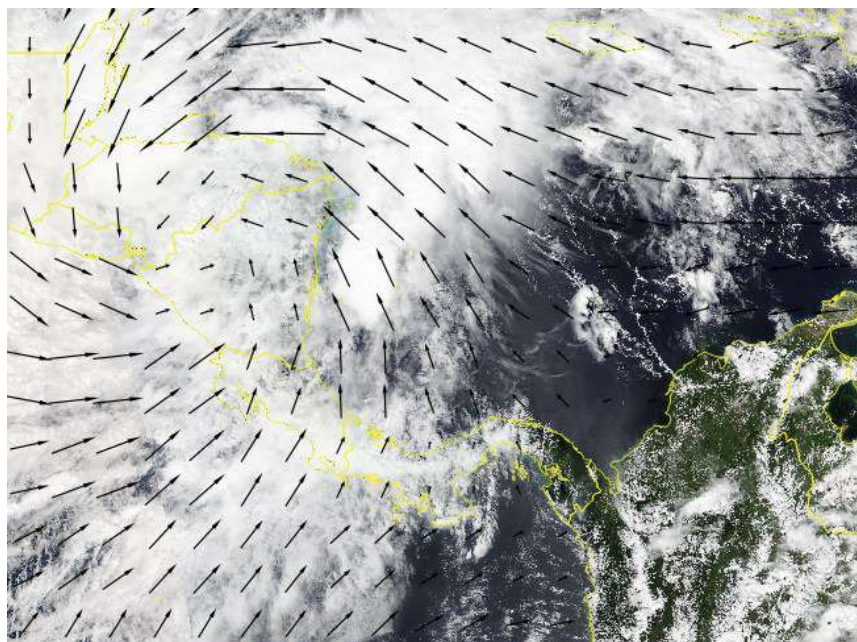


Figura 14. Imágenes de Satélite canal GeoColor del 4 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Eta.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NASA Worldview y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis.

En las imágenes satelitales se pueden observar las bandas nubosas que alimentan el sistema ciclónico Eta atravesando el país, ingresando desde el Océano Pacífico acompañado de un viento de componente oeste-suroeste a suroeste (ver figuras 11 y 12) y posteriormente, manifestando un cambio en el ángulo del vector viento (a componente sur) para incidir perpendicularmente sobre el lado sur de la Cordillera Central a partir del 3 de noviembre (figura 13) y manteniéndose esta dirección aún el 4 de noviembre (figura 14), día en el que se registraron los mayores acumulados de lluvia y afectaciones por inundaciones y deslizamientos.

Descripción gráfica de la precipitación acumulada en milímetros del 1 al 6 de noviembre de 2020 comparada con la normal climática de noviembre 1981- 2010.

Para el año 2020 la provincia de Chiriquí mantenía los acumulados mensuales con un comportamiento entre normal con tendencia abajo de lo normal en relación con su normal climática; esta tendencia que se vio interrumpida en los cuatro primeros días de noviembre 2020 por lluvias que superaron en seis estaciones su normal climática (Cerro Punta, Bajo Grande,

Canas Gordas, Breñon, Santa Cruz, Fortuna Casa Control) como se observa en el gráfico 1, mas no superan los máximos valores acumulados para noviembre, en los más de 49 años de registro de precipitación de las estaciones convencionales. (ETESA-IMHPA, 2020).

Adicionalmente, se puede observar que las estaciones automáticas satelitales dentro y adyacentes a la subcuenca 2008300454 del CAFFGS de la cuenca del río Chiriquí Viejo (ver gráfico 2), la estación Cerro Punta y Chico Cordillera Arriba tuvieron acumulados de lluvia que superaron los 400 mm en el periodo del 1 a 5 de noviembre de 2020. Mientras que la gráfica 3, muestra la distribución temporal (acumulados de seis horas) de la lluvia en la estación Cerro Punta donde se muestra que los máximos se registraron antes y después del mediodía del 4 de noviembre desde aproximadamente las 07:00 a.m. hasta las 06:00 p.m., mostrando un monto de 158 milímetros en este periodo, aunado a eventos de lluvias previos los cuales mantenían un alto grado de saturación de agua en los suelos.

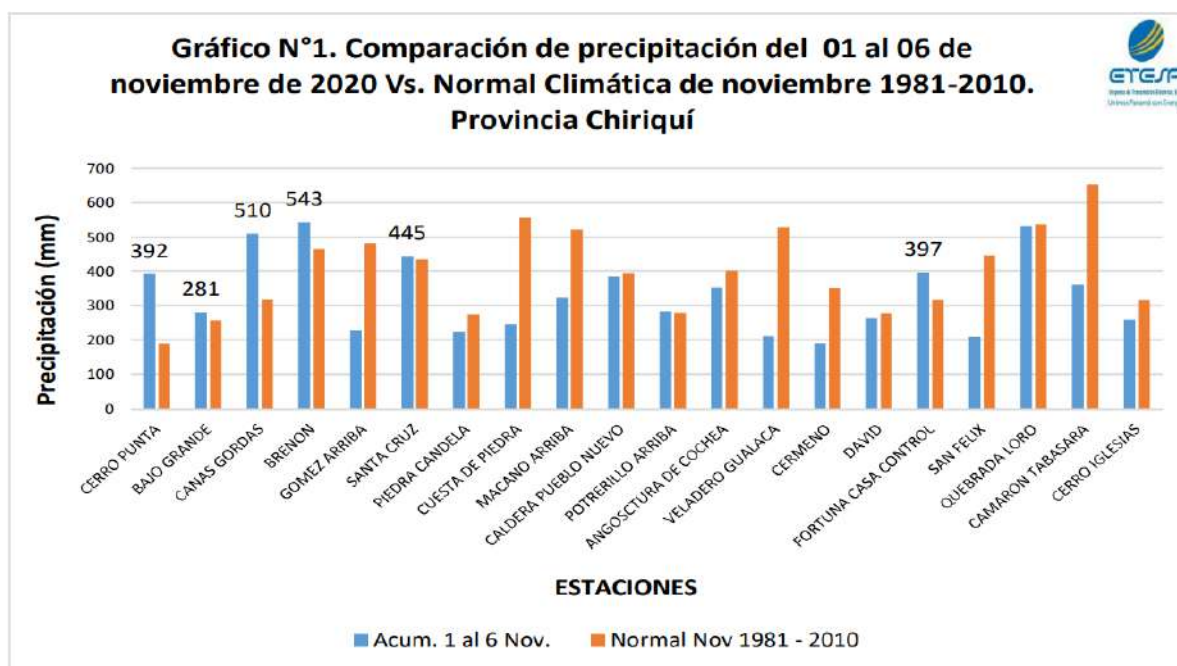


Gráfico 1. Precipitación acumulada en milímetros del 1 al 6 de noviembre de 2020 con la normal climática de noviembre 2020.

Fuente: Hidrometeorología de ETESA

Descripción gráfica de las estaciones automáticas satelitales localizadas dentro de la subcuenca y circundantes para el periodo del 1 al 5 de noviembre de 2020, durante el huracán Eta.

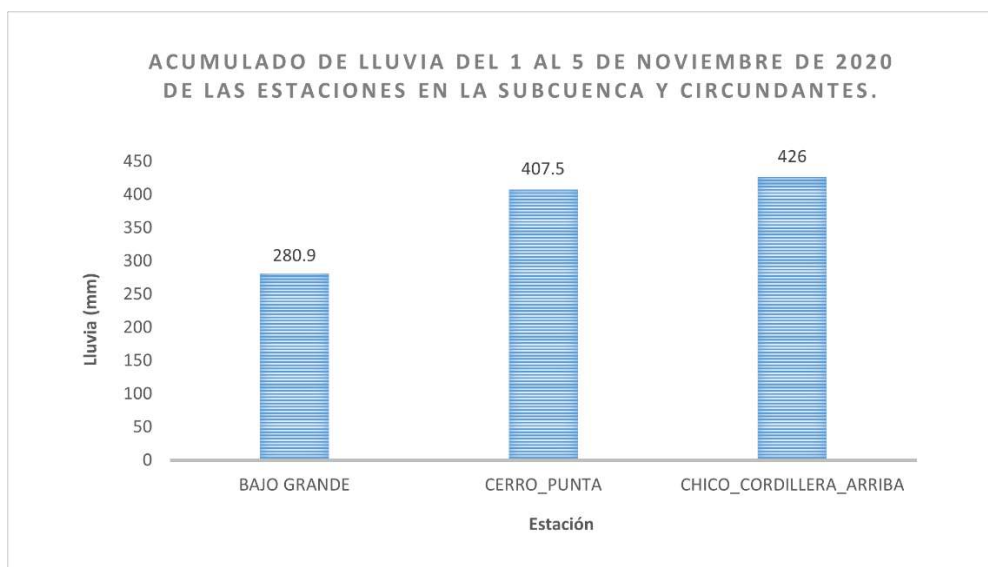


Gráfico 2. Acumulado de lluvia en las estaciones convencional y automáticas del área, del 1 al 5 de noviembre de 2020.

Fuente: Elaboración propia con datos de lluvia proporcionados por Hidromet-ETESA. (2020).

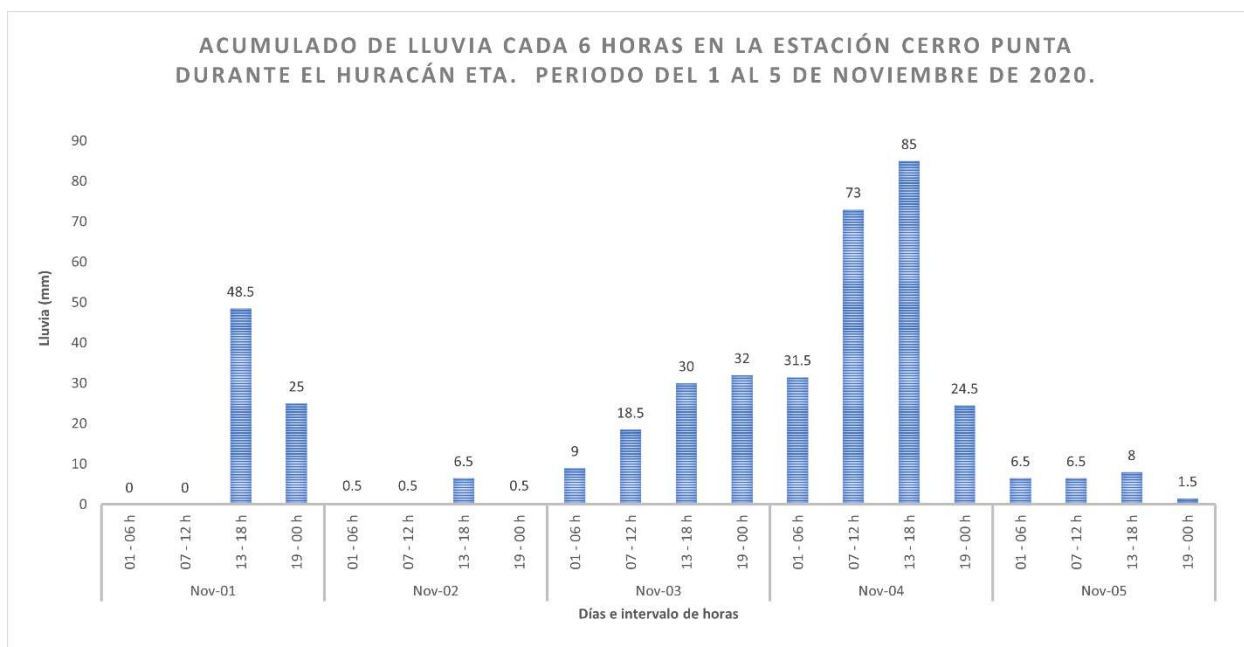


Gráfico 3. Acumulado de lluvia cada 6 horas en la estación Cerro Punta en la cuenca Chiriquí Viejo, durante el huracán Eta. Periodo del 1 al 5 de noviembre de 2020.

Fuente: Elaboración propia con datos de lluvia proporcionados por Hidromet-ETESA. (2020).

Nota: Datos en hora local.

Interpolación de la lluvia diaria en milímetros (mm) de las estaciones meteorológicas del IMHPA en la región Occidental del país, utilizando IDW con restricción de distancia para los días el evento Eta.

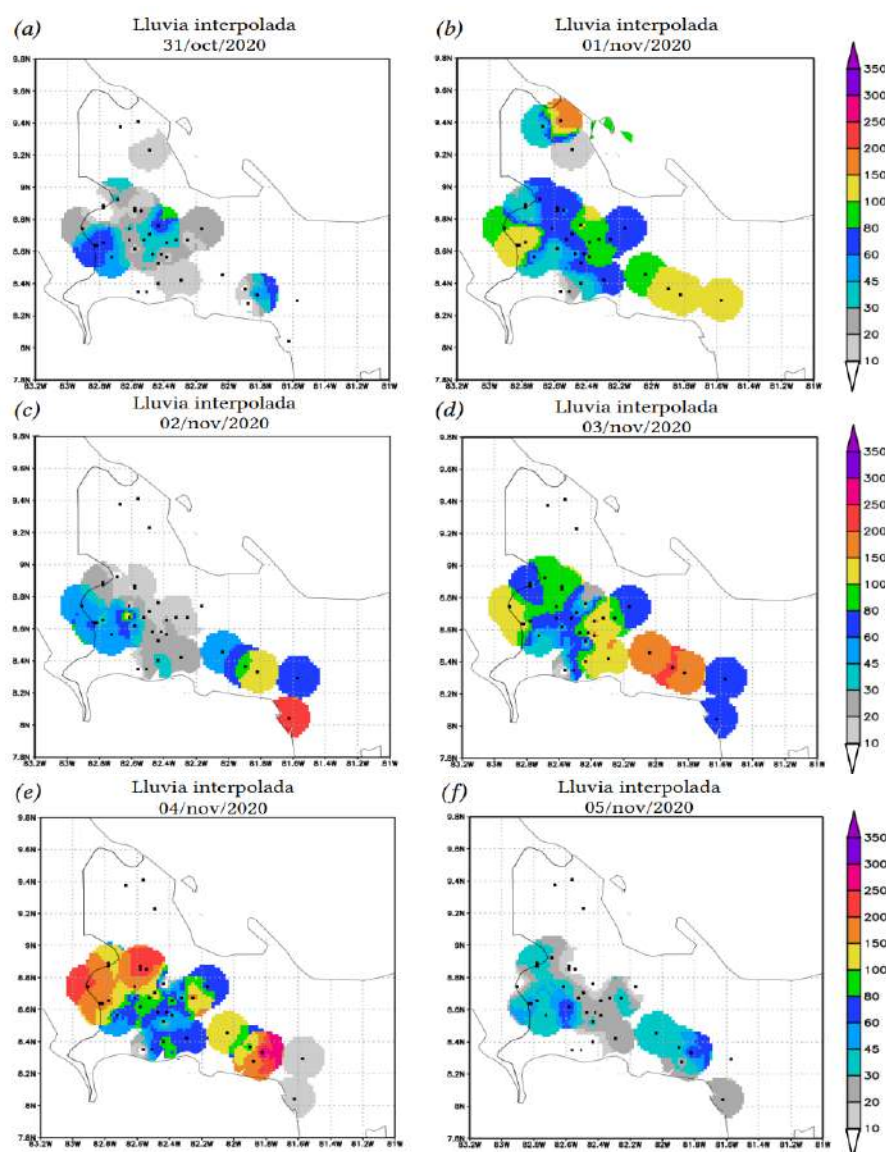


Figura 15. Precipitación diaria interpolada en milímetros [mm] de la red de estaciones.

Fuente: (Batista, 2023).

También se puede constatar los altos montos de lluvia registrados en el sector occidental de la Cordillera Central (figura 15e), coincidiendo en la cabecera del río Chiriquí Viejo en tierras altas de Chiriquí para el día 4 de noviembre de 2020, donde la interpolación con el método IDW de

los datos de las estaciones del IMHPA muestran acumulados con valores entre 100 a 250 mm, pero seguido de varios días de lluvias que estuvieron entre 30 y 100 mm (Batista, 2023)], lo que pudo condicionar a la saturación del terreno.

Acumulados de lluvia por CHIRPS en la péntada 61 del 2020, correspondiente al periodo del 1 al 5 de noviembre de 2020.

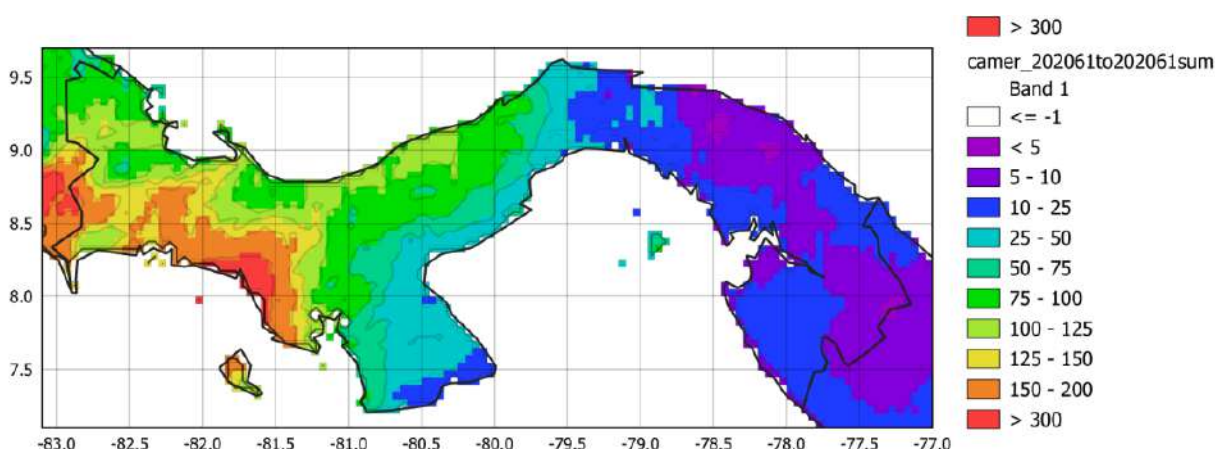
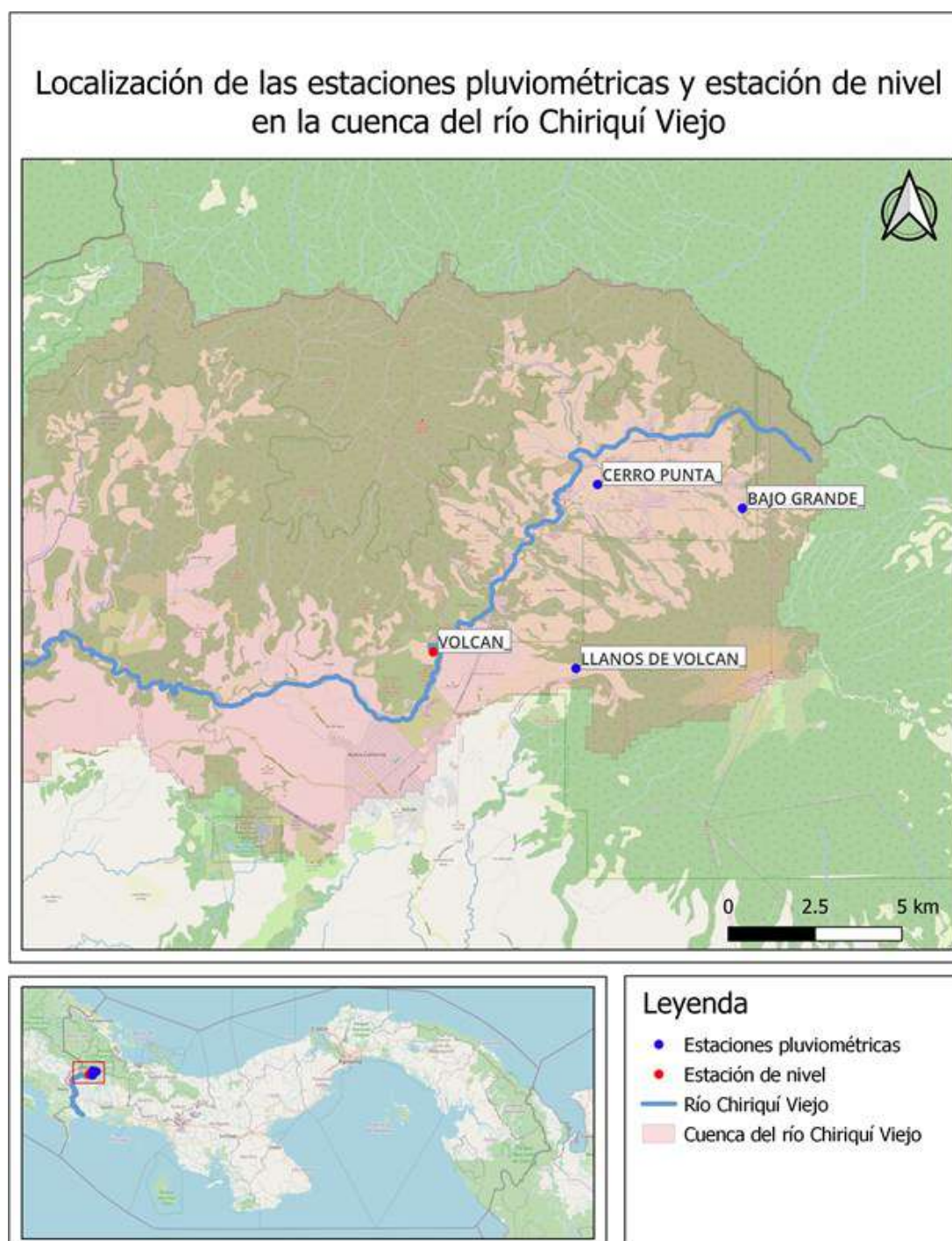


Figura 16. Datos de lluvia acumulada estimadas con CHIRPS para la péntada 61 (1 al 5 de noviembre de 2020). Fuente: elaboración propia con el software CHIRPS v.3.0.

Las estimaciones de CHIRPS de lluvia acumulada para un periodo de cinco días muestran valores para el sector occidental de tierras altas de Chiriquí entre 75 y 300 mm, pero mostrando acumulados superiores a 300 mm en la zona fronteriza con Costa Rica, muy cerca de la subcuenca de interés (figura 16).

Localización de las estaciones pluviométricas y de nivel en la Cuenca del río Chiriquí Viejo en la provincia de Chiriquí.



Mapa 3. Ubicación de las estaciones pluviométricas y de nivel en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.
Fuente: Elaboración propia con datos de coordenada proporcionadas por IMHPA.

Niveles del río en la estación hidrológica Volcán sobre el río Chiriquí Viejo vs. las lluvias registradas en Cerro Punta del 1 al 5 de noviembre de 2020.

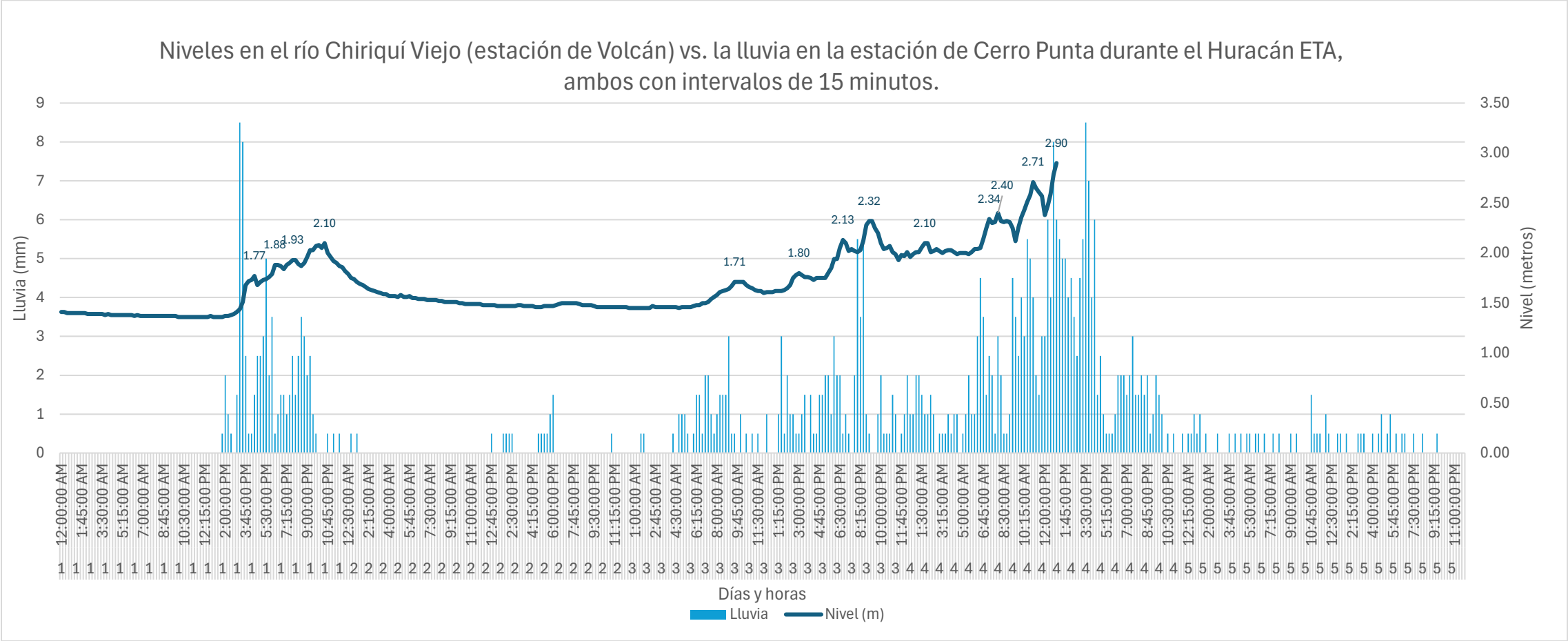


Gráfico 4. Respuesta del nivel del río Chiriquí Viejo en el punto donde se ubica la estación hidrológica Volcán con respecto a las lluvias registradas **aguas arriba** en la estación Cerro Punta del 1 al 5 de noviembre de 2020, durante el huracán Eta.
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el IMHPA.
Nota: Datos en hora local.

Se puede observar en el gráfico 4, los datos de nivel de la estación ubicada en el poblado de Volcán y los datos de lluvia de la estación Cerro Punta ubicada aguas arriba (ver mapa 3).

El gráfico muestra la reacción del río con las lluvias registradas desde el 1 de noviembre, manifestándose en incrementos del nivel, siendo los mayores a partir del día 3 donde coinciden con eventos de lluvias continuas que se mantuvieron durante todo el 4 de noviembre, día en que se reportaron los acumulados máximos de lluvia (concentrados entre las 5:00 a.m. y las 4:00 p.m.).

Así mismo, se pudo visualizar que el último registro de nivel se obtuvo cerca del mediodía producto de una crecida que arrasó con la estación hidrológica.

Áreas afectadas por inundaciones y deslizamientos en la Cuenca Chiriquí Viejo en noviembre de 2020.

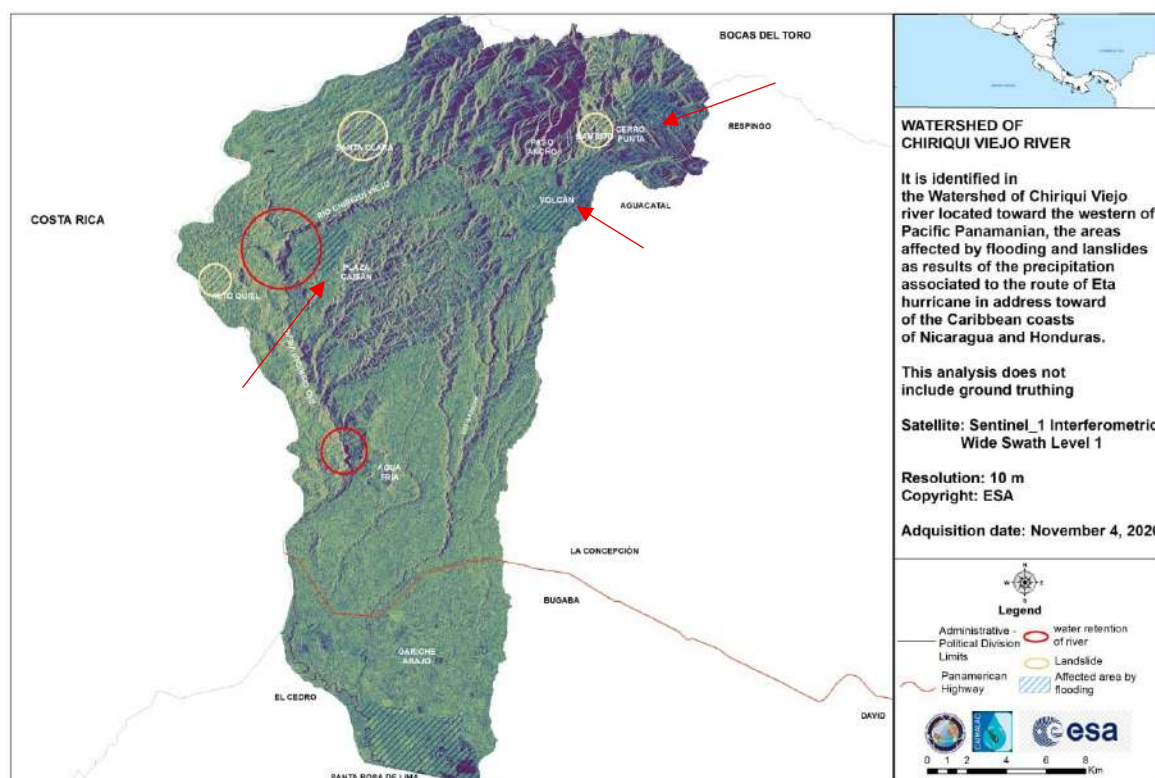


Figura 17. Imagen de interferometría de nivel 1 de amplio alcance, del 4 de noviembre de 2020 del satélite Sentinel_1.

Fuente: (CATHALAC)

De acuerdo con la figura 17, la imagen de interferometría de nivel 1 de amplio alcance, del 4 de noviembre de 2020 del satélite Sentinel_1, los poblados de Volcán y Cerro Punta dentro de la cuenca Chiriquí Viejo, al igual que la región al noroeste de Plaza Caisán, esta última próxima a la salida de la subcuenca de estudio, fueron áreas afectadas por inundaciones (líneas en azul y señaladas con flechas rojas); además, en los poblados de Bambito y Santa Clara se muestran zonas con deslizamientos de tierra (no incluye verificación de terreno). (CATHALAC)

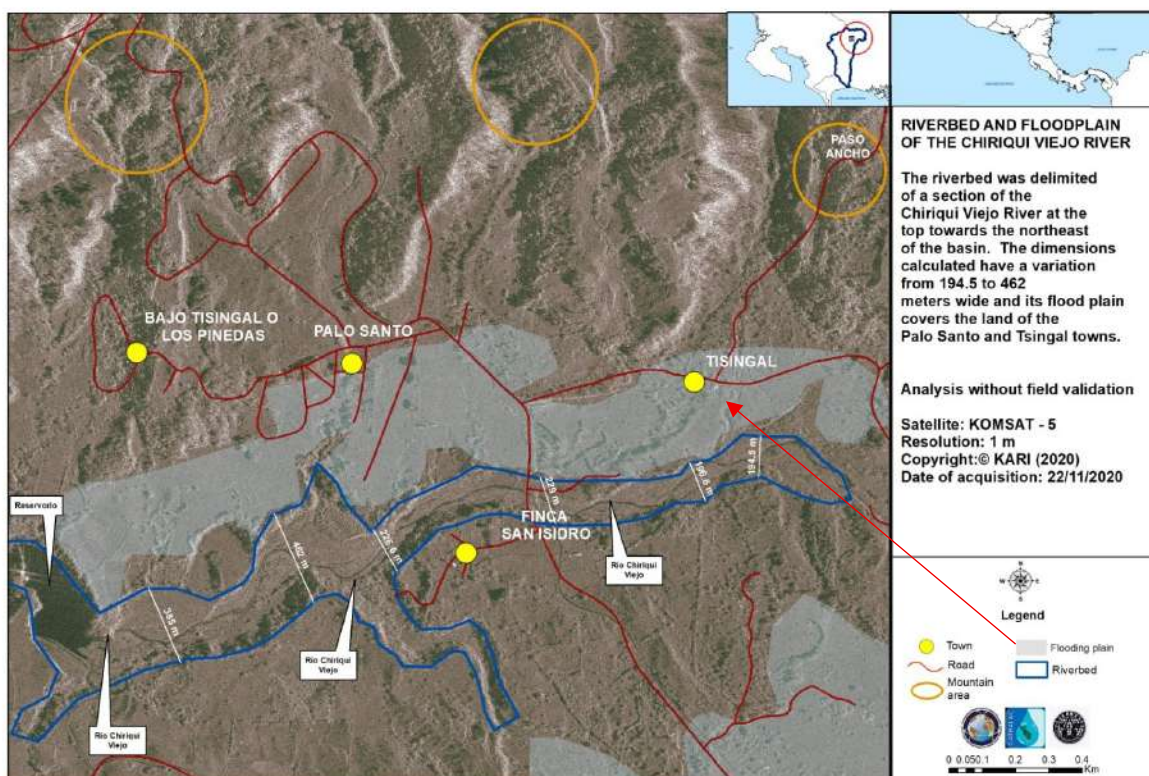


Figura 18. Planicie inundada (flooding plain) en el área del río Chiriquí Viejo. Satélite KOMSAT-5 de 1 metro de resolución.

Fuente: (CATHALAC)

La figura 18 muestra una imagen del satélite Kompsat-5 tomada el 22 de noviembre de 2020. En ella se delimita el cauce del río Chiriquí Viejo (línea azul), que tiene un ancho variable entre 194.5 y 462 metros. También se incluye la zona de inundación (señalada con una flecha roja) al norte del cauce, que afecta a los pueblos de Tisingal y Palo Santo. En la parte inferior derecha de la imagen se observa la salida del pueblo de Volcán.

Impactos generados del 2 al 7 de noviembre de 2020. Información recopilada por SINAPROC

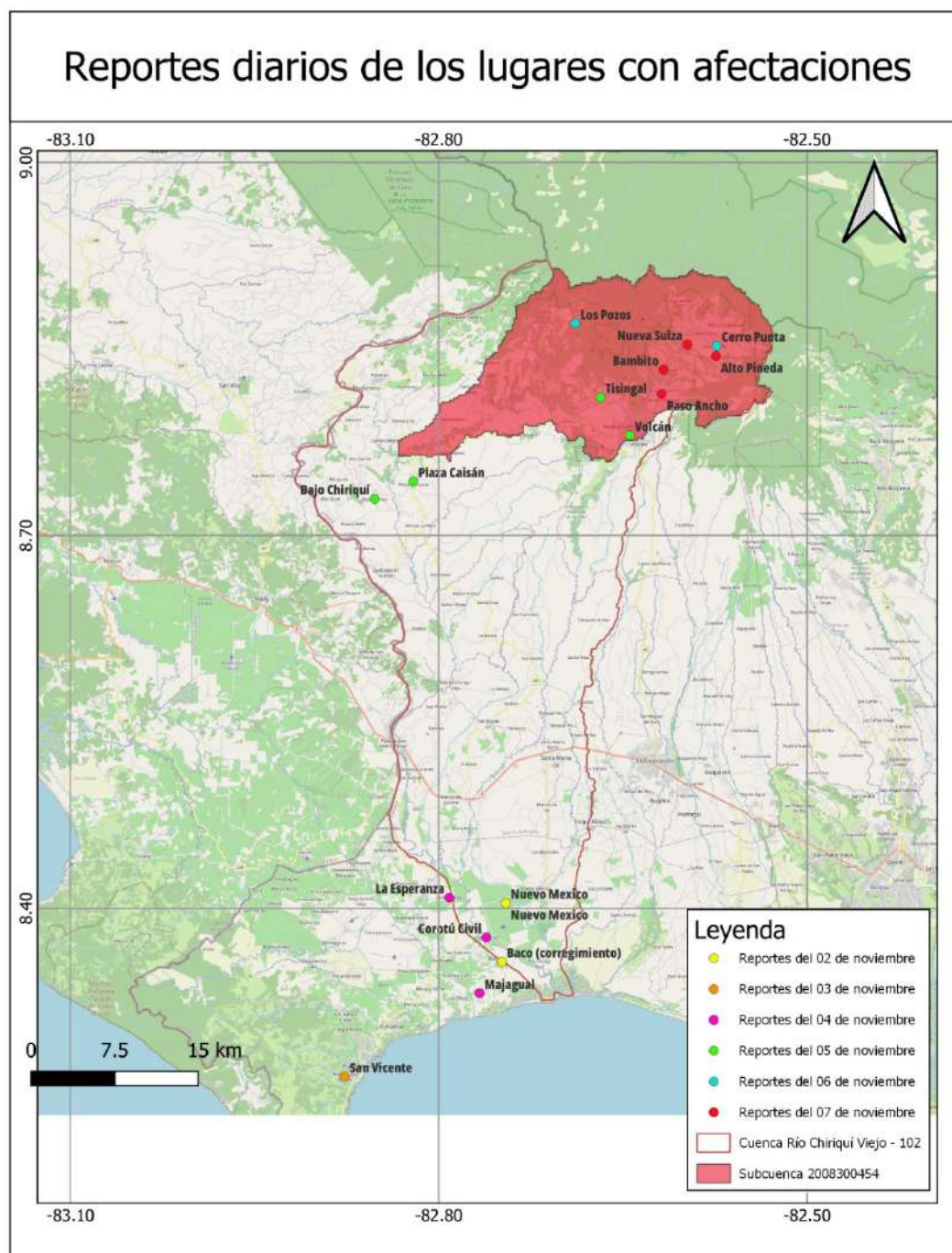


Figura 19. Poblados afectados mostrados por día según reportes del SINAPROC.
Fuente: Elaboración propia con información del Sistema de Protección Civil.

En la figura 19 se pueden observar los días en que el SINAPROC reportó sobre los poblados que sufrieron afectaciones. Estos informes se obtuvieron de la página de Facebook de la entidad y de las noticias publicadas en su página web. No incluían información detallada sobre el lugar y la hora exactos en los que se produjeron los eventos.

Salidas de los productos del CAFFGS durante el huracán Eta y respectivas evaluaciones

Producto de amenaza de inundaciones repentinas pronosticada (FFFT)

El producto de amenazas de crecidas repentinas pronosticadas (FFFT) del día 1 de noviembre de 2020 (figura 20), no indicaron amenazas en la subcuenca de estudio.

A partir del día 2 de noviembre a las 01:00 a.m. (figura 21a), se observaron valores altos y moderados de amenazas de crecidas en la subcuenca de Chiriquí Viejo. Sin embargo, a las 07:00 a.m. y 01:00 p.m. del mismo día, (figura 21b y 21c), la probabilidad de amenaza en la subcuenca del río Chiriquí Viejo disminuyó a valores bajos y en las siguientes 6 y 12 horas no se mostraron amenazas (figura 21d y 22a).

A las 07:00 a.m. del día 3 de noviembre (figura 22b), se observaron amenazas altas y medias de crecidas repentinas. Para las siguientes seis horas (figura 22c), la subcuenca del río Chiriquí Viejo pronosticó amenaza moderada, así mismo para las otras siguientes seis horas (figura 22d), a las 07:00 p.m. del 3 de noviembre, donde se mantenían las amenazas moderadas.

En las próximas dos actualizaciones correspondientes a las 01:00 a.m. y 07:00 a.m. del 4 de noviembre, (figura 23a y 23b), se observan amenazas altas de inundaciones repentinas, y mostrando un descenso de las amenazas a moderadas a las 01:00 p.m. del mismo día, (figura 23c).

A las 07:00 p.m. del 4 de noviembre (figura 23d) y del 5 de noviembre (figura 24), el producto no pronosticó amenazas para la subcuenca de interés.

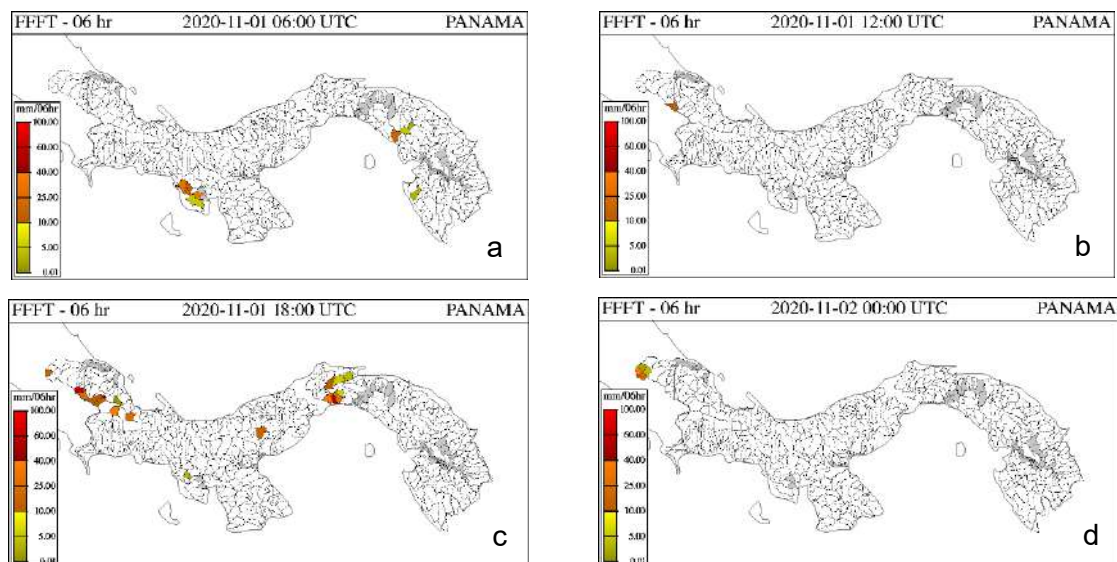


Figura 20. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 01 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

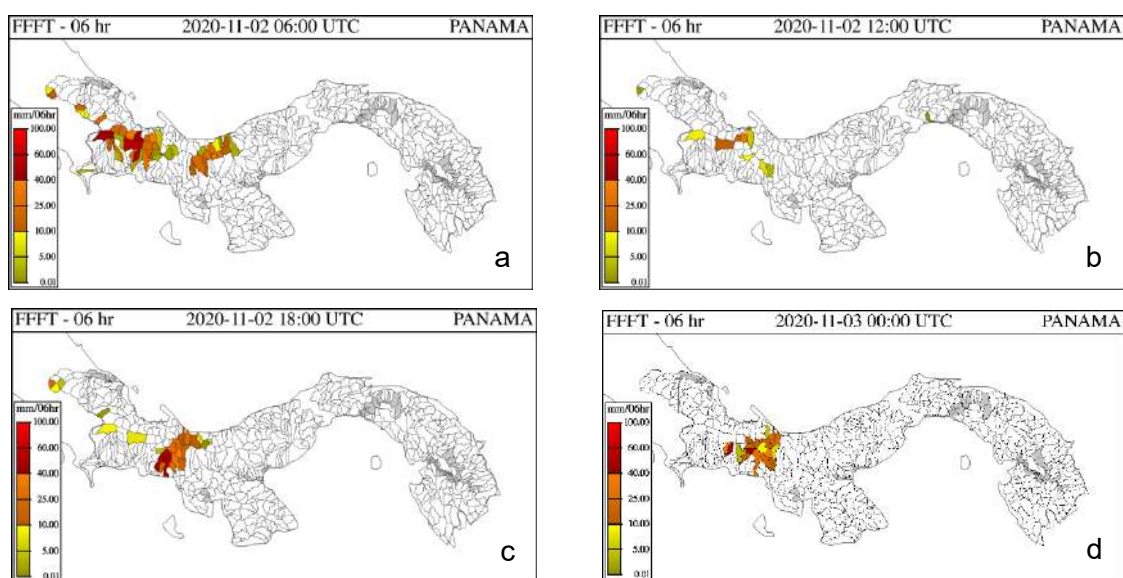


Figura 21. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 02 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

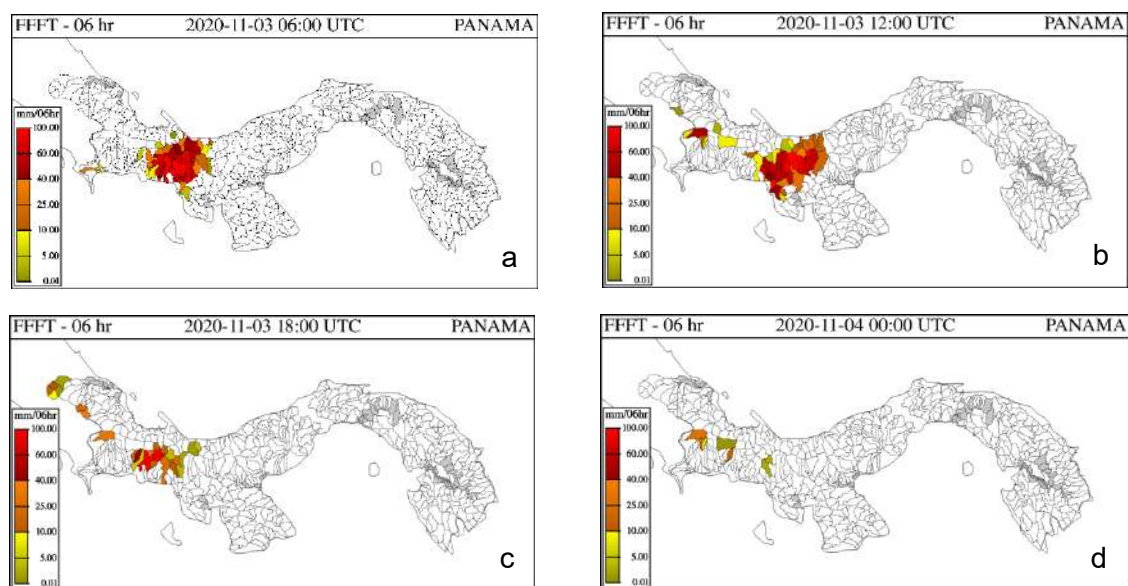


Figura 22. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 03 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

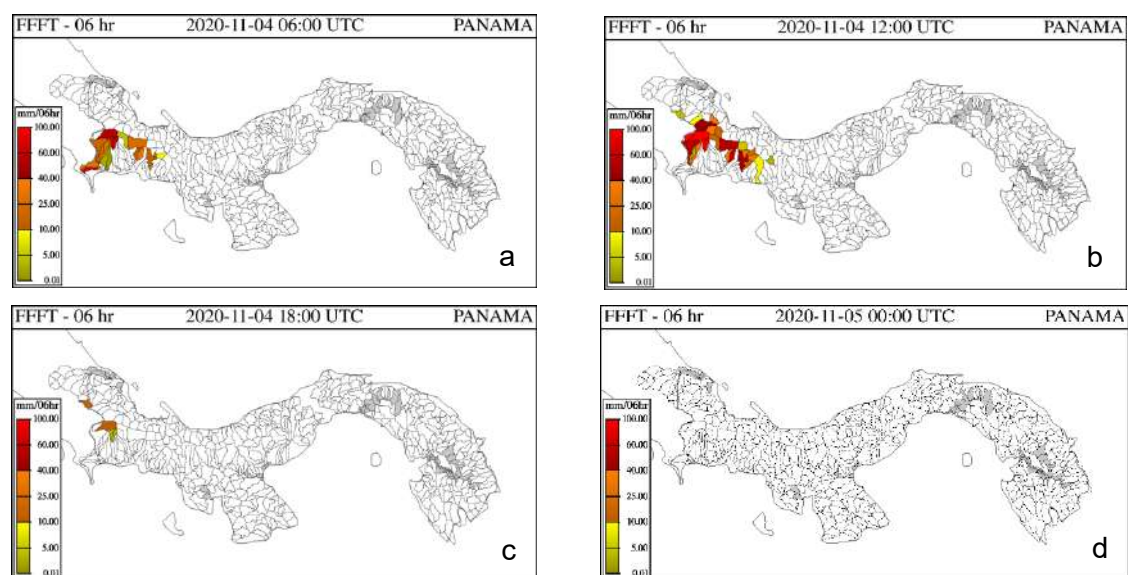


Figura 23. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 04 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

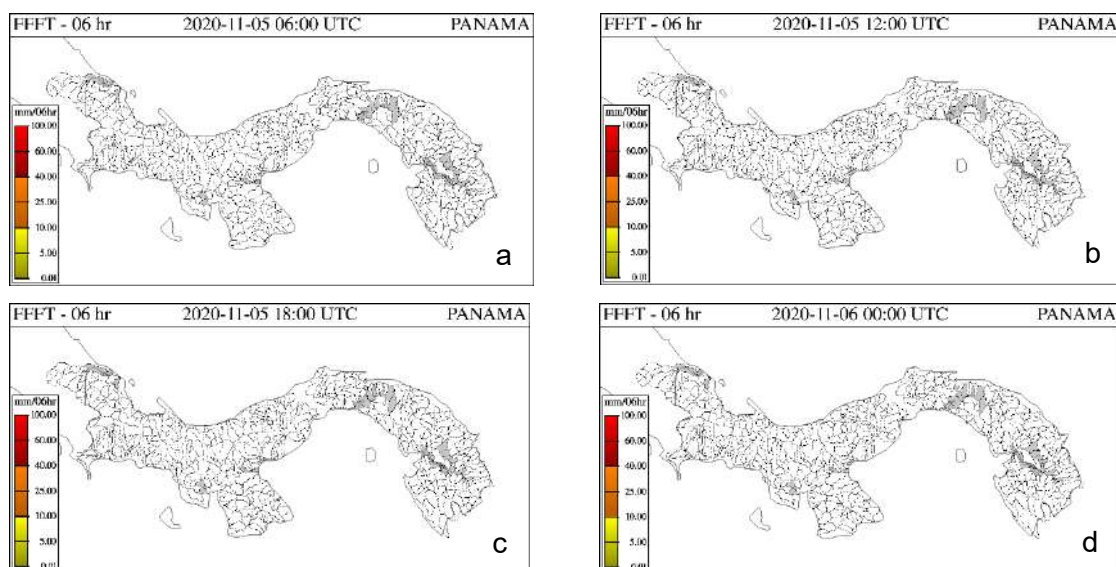


Figura 24. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 05 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

Productos de amenaza de inundaciones repentinas inminente (IFFT)

En el producto de IFFT para los días 01, 02 y 03 de noviembre (figuras 25, 26 y 27) y gran parte del día 04 de noviembre de 2020, (figuras 28a, 28b y 28c), la subcuenca del río Chiriquí Viejo no indicó amenazas de crecidas repentinas inminentes. A las 07:00 p.m. del día 04 de noviembre (figura 28d), se observó valores moderados en la subcuenca.

A las 01:00 a.m. del día 05 de noviembre (figura 29a), persistían los valores moderados y para el resto del día 05 de noviembre (figura 29b, 29c y 29d) el producto no mostró amenazas de crecidas repentinas inminentes en el área de estudio.

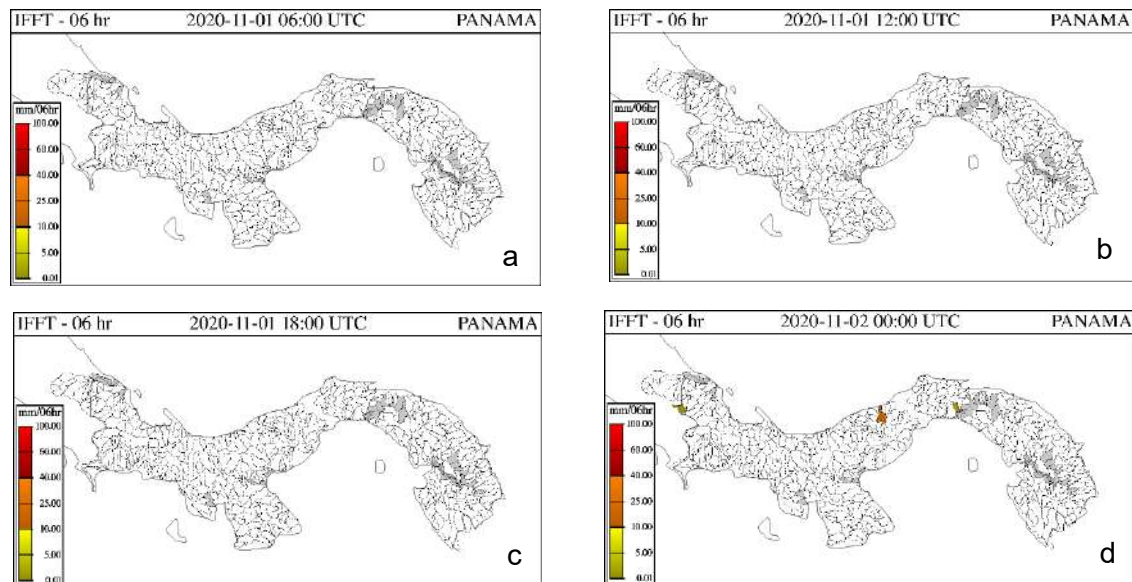


Figura 25. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 01 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.
Fuente: CAFFGS

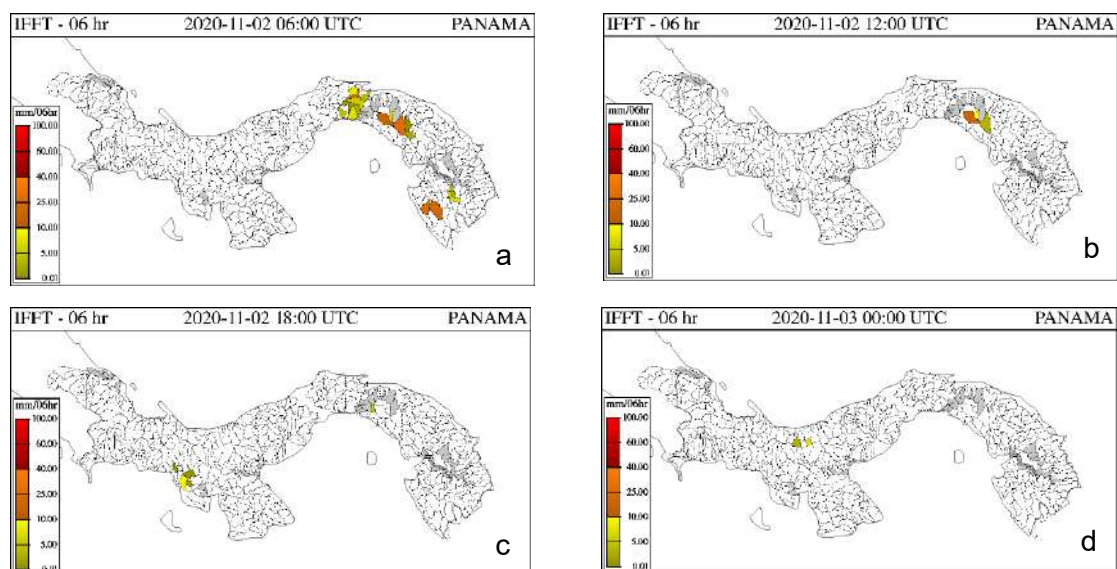


Figura 26. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 02 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.
Fuente: CAFFGS

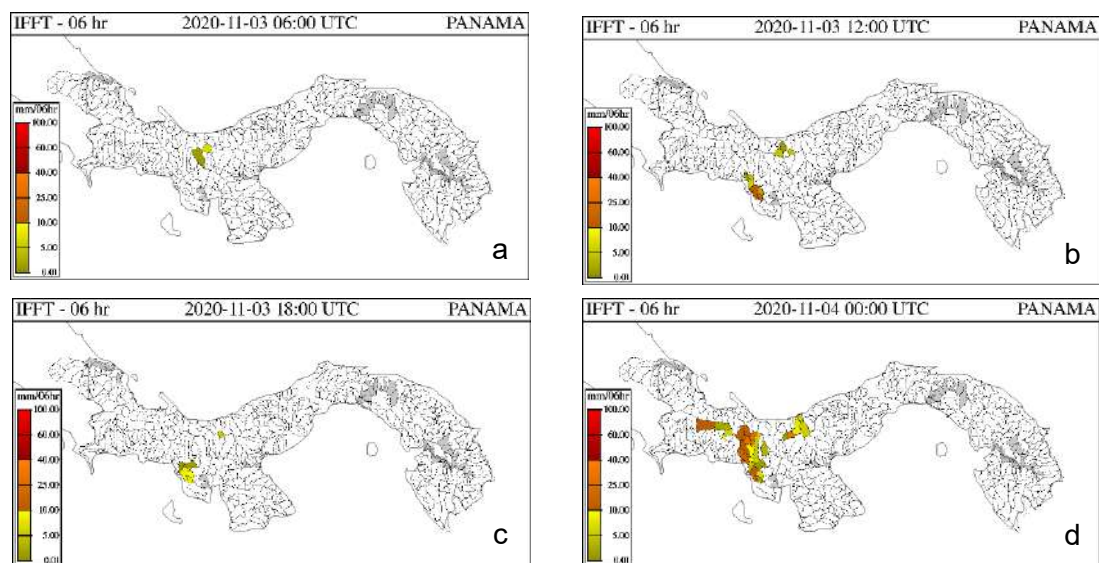


Figura 27. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 03 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

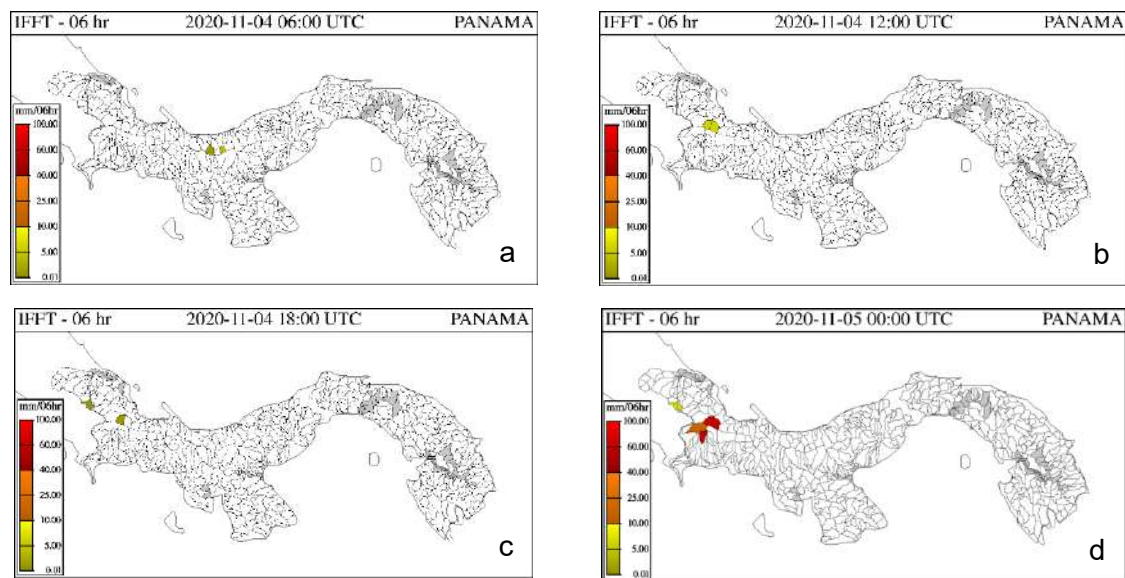


Figura 28. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 04 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

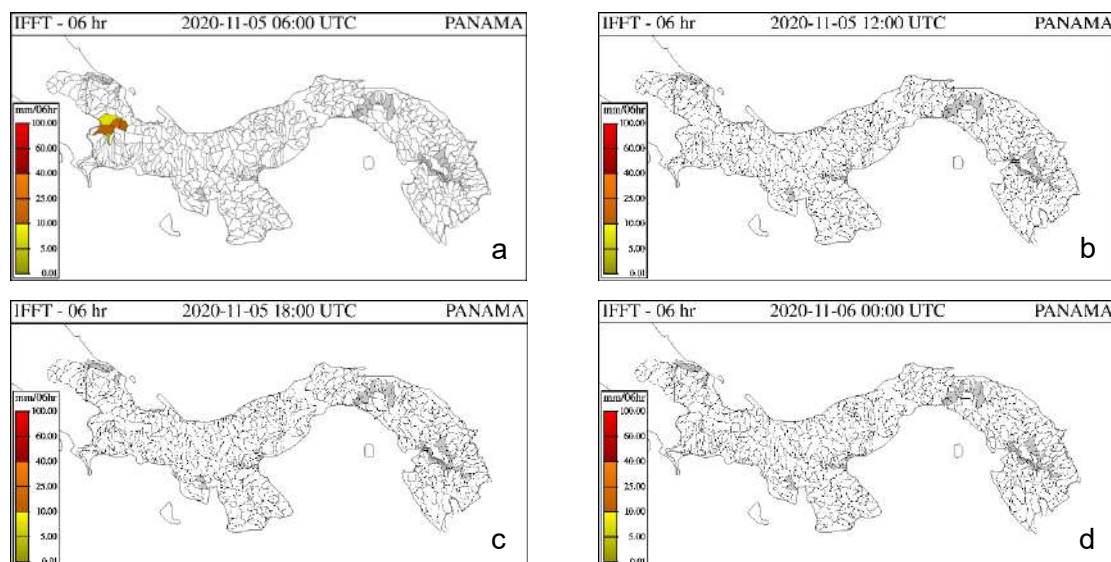


Figura 29. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 05 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

Producto de amenaza de inundaciones repentinas persistente (PFFT)

El producto de amenazas de crecidas repentinas persistentes (PFFT), para los días 01, 02 y 03 de noviembre (figura 30, 31 y 32) y gran parte del día 04 de noviembre (figura 33a, 33b, y 33c), no mostró amenazas de crecidas repentinas en el área de interés; mientras que a las 07:00 p.m. del día 04 de noviembre (figura 33d), se observaron valores moderados.

A las 01:00 a.m. del día 05 de noviembre (figura 34a) se mantienen los valores moderados y para el resto del día 05 de noviembre (figura 34b, 34c y 34d) el producto no mostró amenaza alguna en la subcuenca.

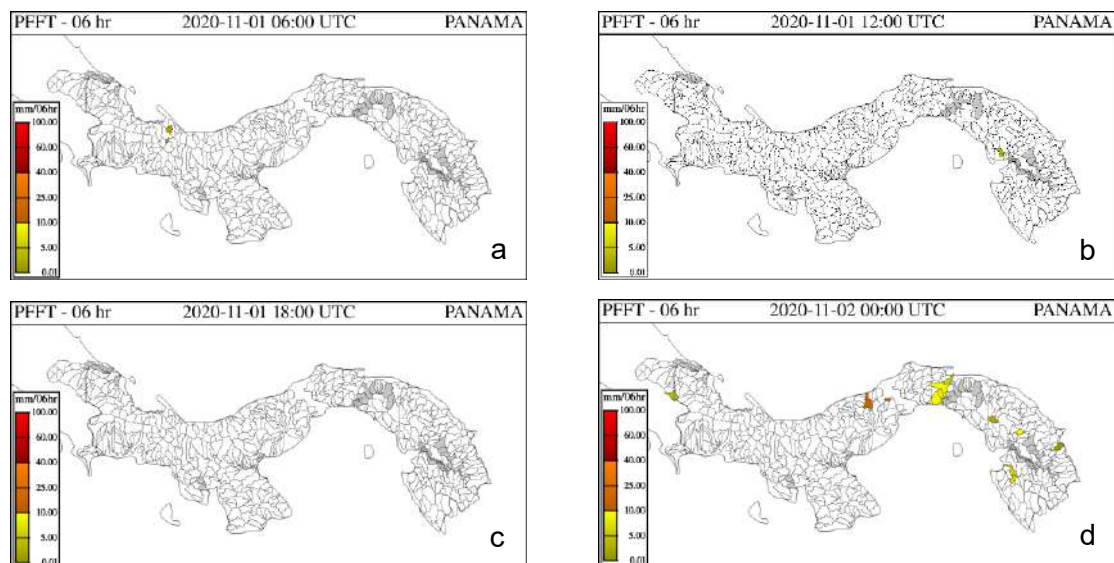


Figura 30. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 01 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

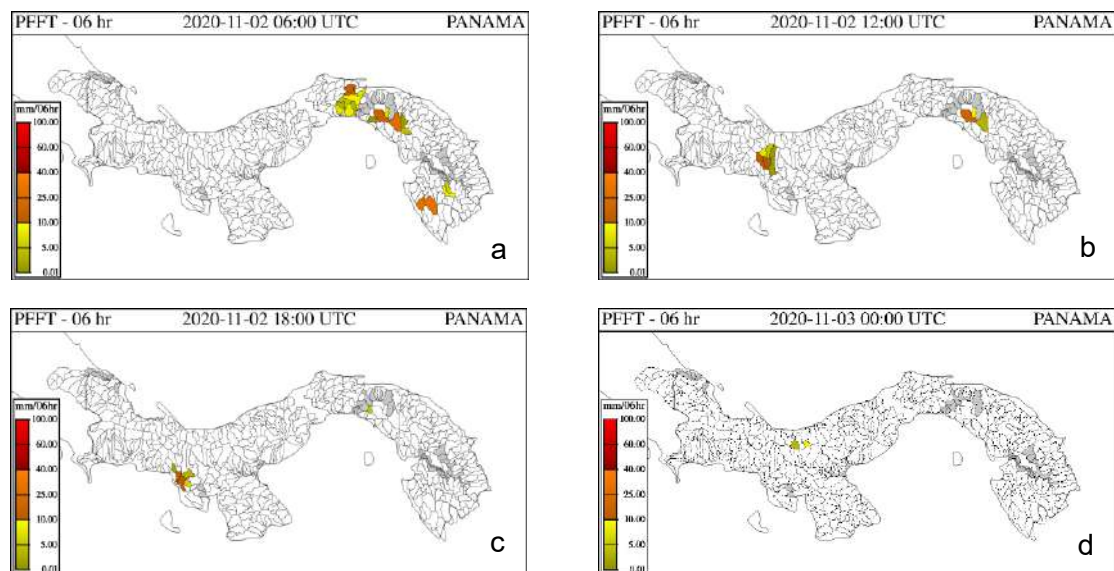


Figura 31. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 02 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

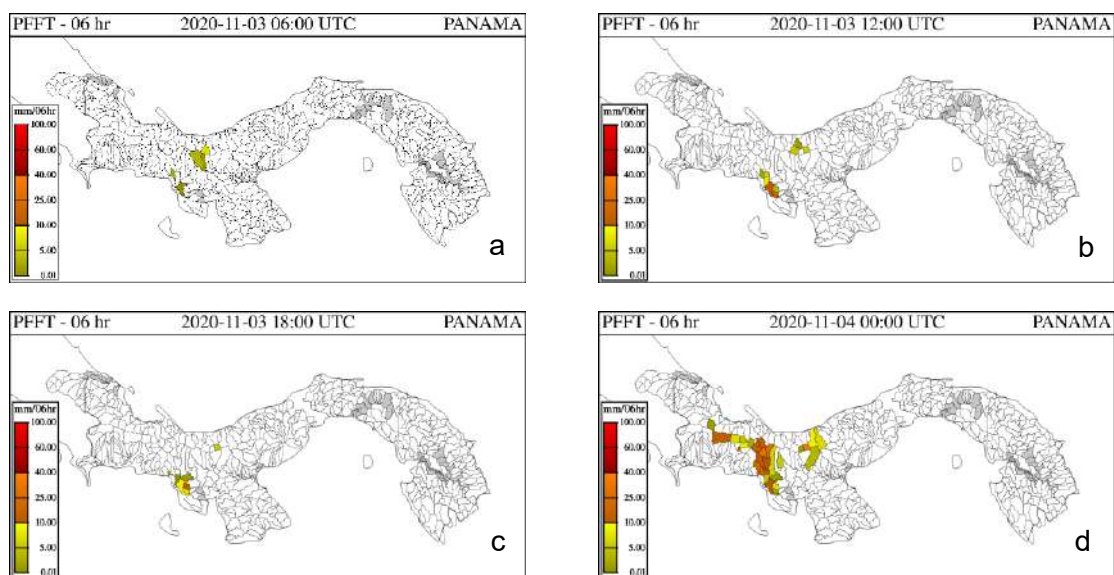


Figura 32. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 03 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.
Fuente: CAFFGS

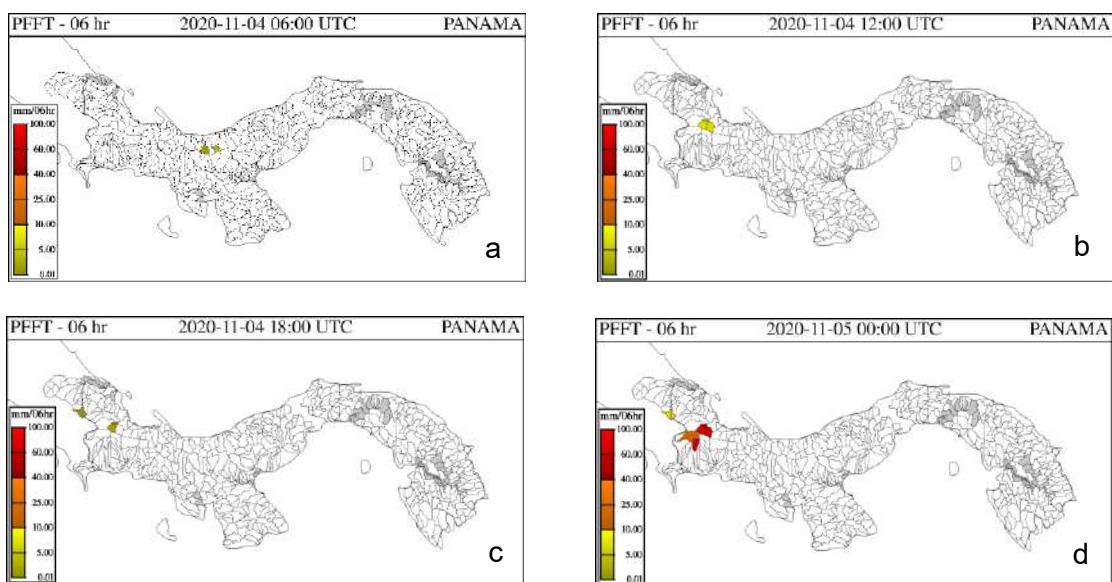


Figura 33. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 04 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.
Fuente: CAFFGS

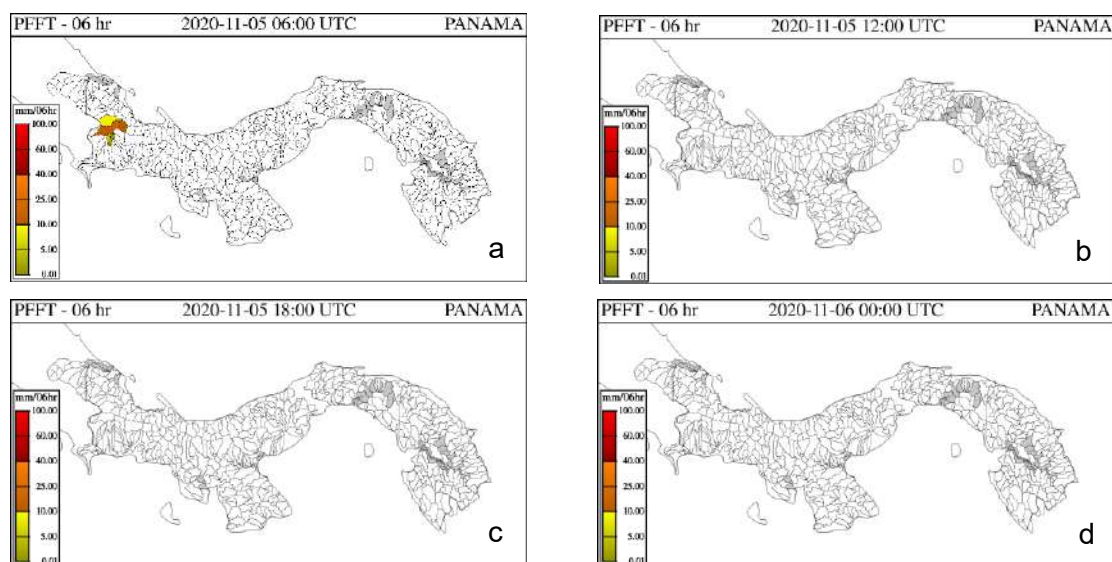


Figura 34. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 05 de noviembre de 2020 durante el huracán ETA.

Fuente: CAFFGS

Descripción de la evolución del huracán Iota y las influencias indirectas generadas sobre el istmo de Panamá. Periodo del 12 al 18 de noviembre de 2020.

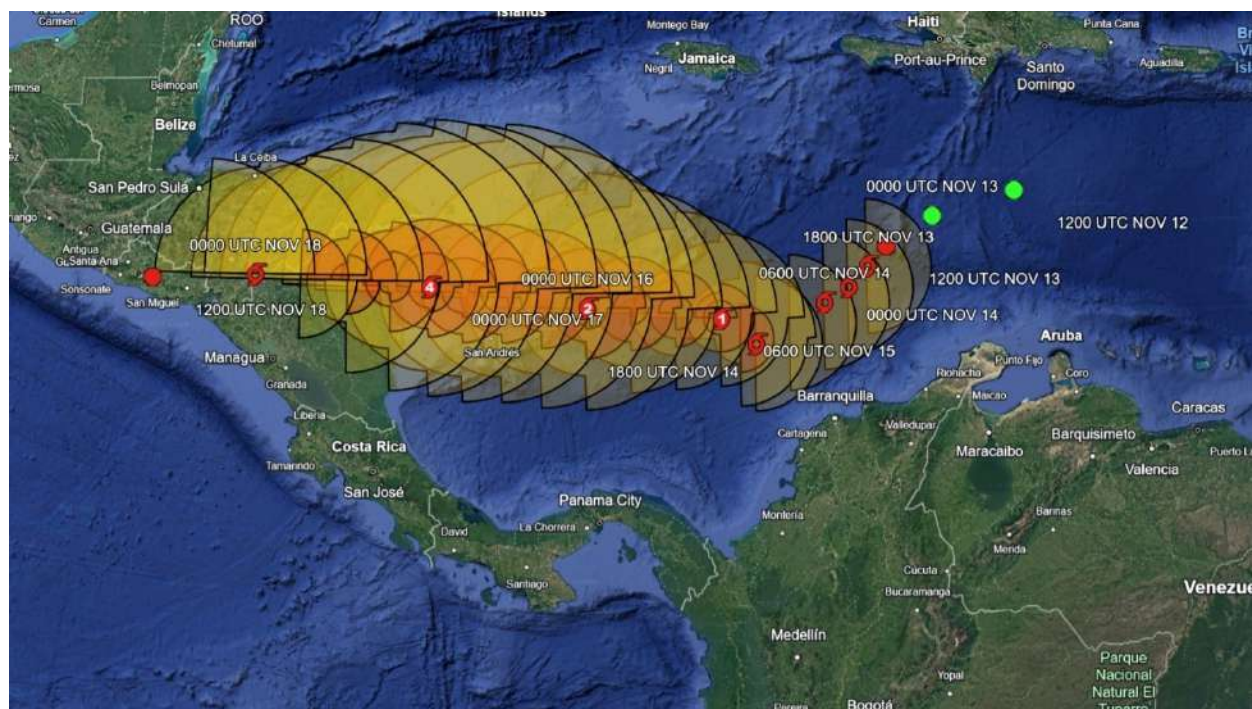


Figura 35. Trayectoria del Ciclón tropical Iota del 12 al 18 de noviembre de 2020.

Fuente: Elaboración Propia en Google Earth utilizando información de trayectoria de la NOAA.

El día 08 de noviembre de 2020 a las 01:00 p.m. el Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos comenzó a vigilar una onda tropical que se ubicaba al este de las Antillas Menores, con baja probabilidad para los próximos días de desarrollarse como ciclón tropical sobre la región central del mar Caribe, pero se esperaba un mayor desarrollo o fortalecimiento cuando llegara al occidente de la cuenca del mar Caribe.

En horas de la madrugada del 9 de noviembre, las probabilidades aumentaron a moderadas.

El 10 de noviembre por la mañana, la onda tropical ubicada sobre las Antillas Menores ya estaba generando aguaceros desorganizados y tormentas, e incrementó las probabilidades de desarrollarse como depresión tropical durante el fin de semana en la región central u occidental del mar Caribe.

Para el 13 de noviembre, a las 10:00 a.m., el sistema se organizó mejor y fue declarado la depresión tropical treinta uno, localizado en la región central del mar Caribe, entre Haití y Colombia, con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, desplazándose hacia el oeste-suroeste a una velocidad de 11 km/h e intensificándose en el transcurso del día. Para las 04:00 p.m. los vientos máximos sostenidos alcanzaron los 65 km/h, y se declaró tormenta tropical Iota (13.8°N, 74.3°O), manteniendo su desplazamiento hacia el oeste-suroeste, pero disminuyendo su velocidad a 6 km/h y con posibilidad de seguir fortaleciéndose para el fin de semana.

A las 01:00 a.m. del 14 de noviembre, el sistema alcanzó velocidades de huracán con vientos máximos sostenidos de 120 km/h, (13°N, 77°O) cambiando su desplazamiento hacia el oeste con velocidad de 7 km/h, ubicándose al noreste de Panamá y con alta probabilidad de seguir fortaleciéndose en su desplazamiento por el occidente del mar Caribe.

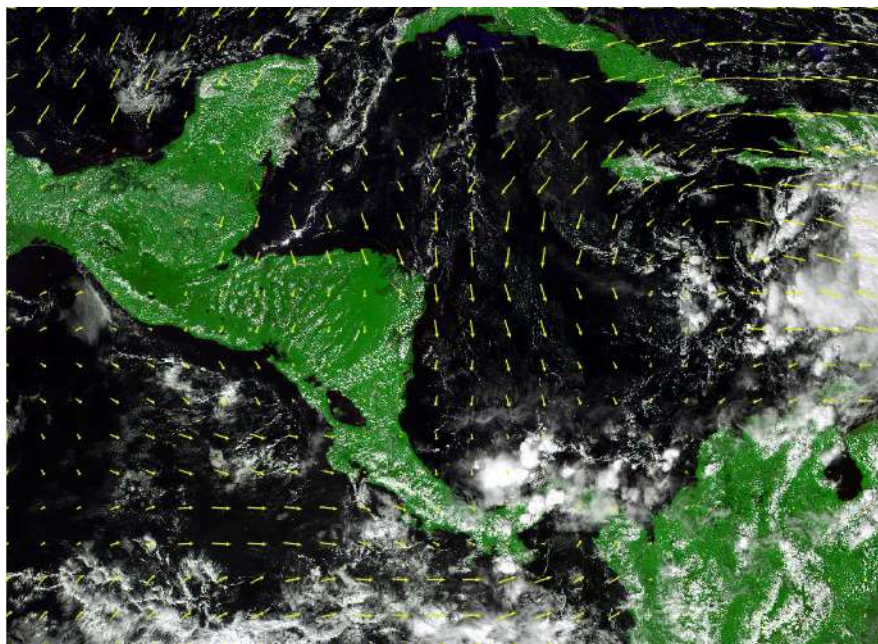
El día 15 de noviembre a las 10:00 a.m. el huracán se ubicaba en la longitud 78.5°O con vientos máximos sostenidos de 150 km/h y desplazándose hacia el oeste-noroeste, pero aumentando su velocidad de desplazamiento a 15 km/h.

El 16 de noviembre a las 01:00 a.m. el huracán se fortaleció a huracán mayor (80.7°O), ubicándose a 70 km al este-noreste de isla Providencia, Colombia con vientos máximos sostenidos de 225 km/h, desplazándose hacia el oeste y aumentando la velocidad de desplazamiento a 17 km/h. El huracán se siguió fortaleciendo y a las 10:00 a.m. alcanzó categoría 5 con vientos máximos sostenidos de 260 km/h, ubicándose a 160 km al este-sureste de Puerto Cabezas, Nicaragua (82.0°O), desplazándose al oeste a una velocidad de 15 km/h. A las 07:00 p.m. la parte occidental del ojo del huracán ya se encontraba sobre Nicaragua y mantenía los vientos máximos sostenidos de 260 km/h y su desplazamiento hacia el oeste a 15 km/h.

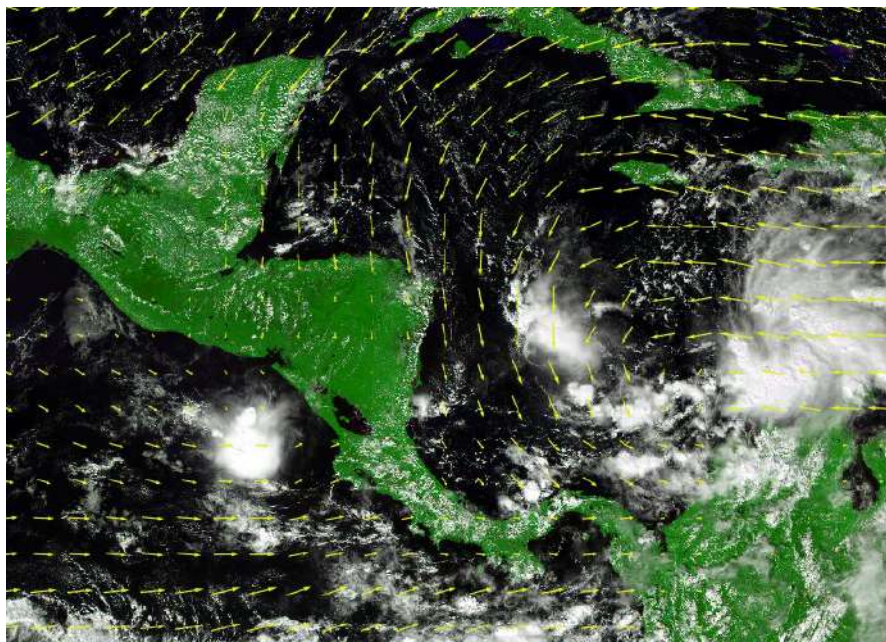
El 17 de noviembre a las 01:00 a.m. el ojo del huracán ya se encontraba al noreste de Nicaragua, los vientos máximos sostenidos se debilitaron a 210 km/h, pero aún mantenía su desplazamiento hacia oeste y su velocidad a 15 km/h. A las 04:00 a.m. el sistema se seguía debilitando, los vientos máximos sostenidos llegaron a 165 km/h y mantenía su desplazamiento hacia el oeste a una velocidad de 15 km/h. A las 10:00 a.m. el sistema se ubicaba al norte de Nicaragua, los vientos máximos sostenidos disminuyeron a 120 km/h, aunque su velocidad de desplazamiento aumento a 19 km/h. A las 01:00 p.m. el sistema se debilitó a tormenta tropical los vientos máximos sostenidos llegaron a 105 km/h, pero mantenía su desplazamiento al oeste y su velocidad a 19 km/h.

El 18 de noviembre a las 04:00 a.m. el sistema se debilitó a depresión tropical sobre El Salvador con vientos máximos sostenidos de 55 km/h y desplazándose al oeste-suroeste a 20 km/h. A las 10:00 a.m. el sistema se disipó a 35 km al oeste-noroeste de San Salvador, El Salvador (figura 35).

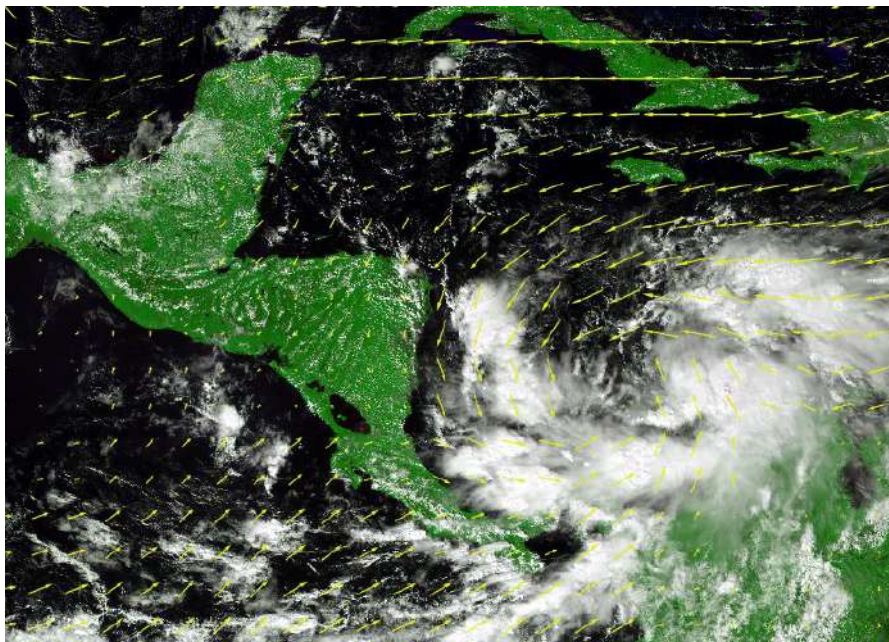
Imágenes de Satélite canal GeoColor del 12 al 18 de noviembre de 2020 – huracán Iota.



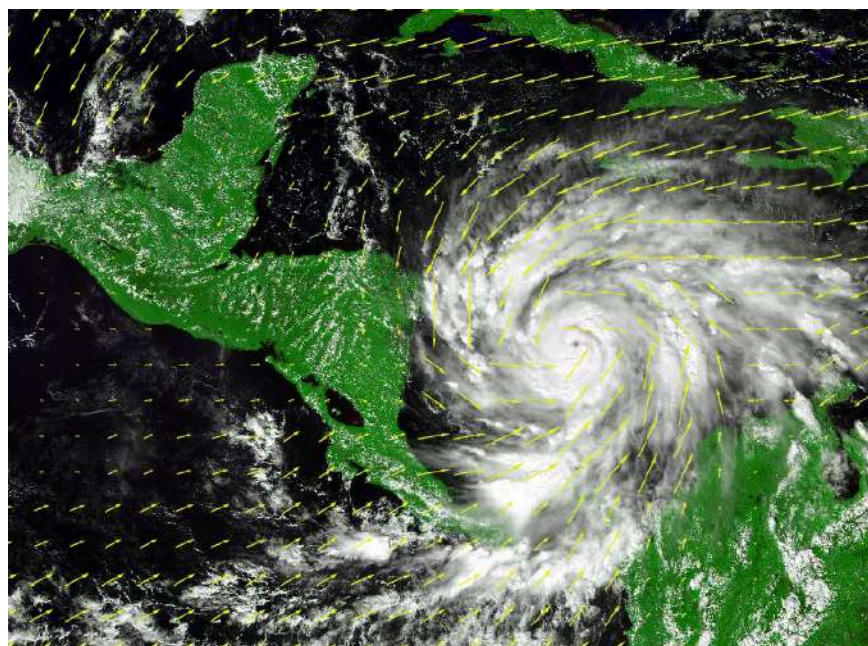
*Figura 36. Imagen de satélite canal GeoColor del 12 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NOAA (GOES16) en Amazon Web Services y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis.*



*Figura 37. Imagen de satélite canal GeoColor del 13 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NOAA (GOES16) en Amazon Web Services y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis.*



*Figura 38. Imagen de satélite canal GeoColor del 14 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NOAA (GOES16) en Amazon Web Services y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis*



*Figura 39. Imagen de satélite canal GeoColor del 15 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NOAA (GOES16) en Amazon Web Services y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis*

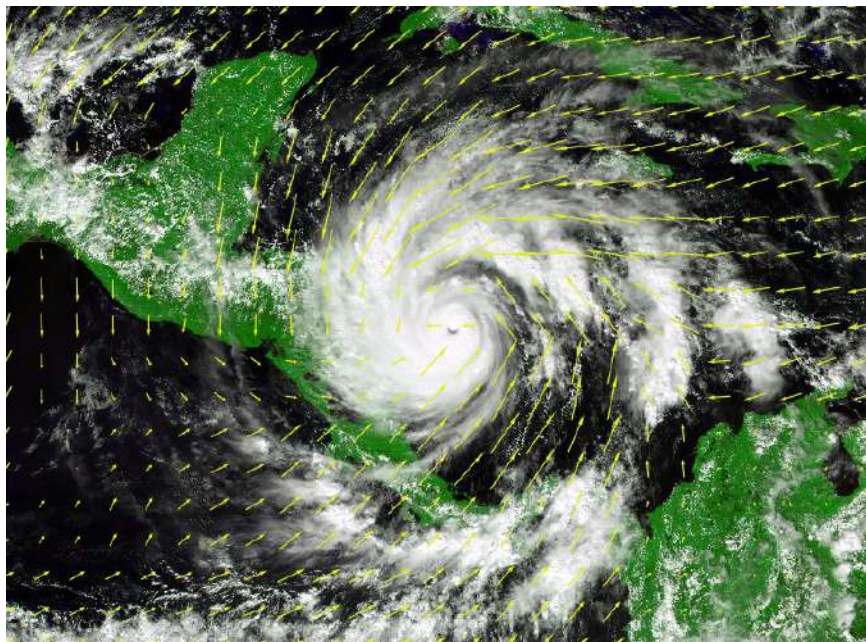


Figura 40. Imagen de satélite canal GeoColor del 16 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NOAA (GOES16) en Amazon Web Services y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis

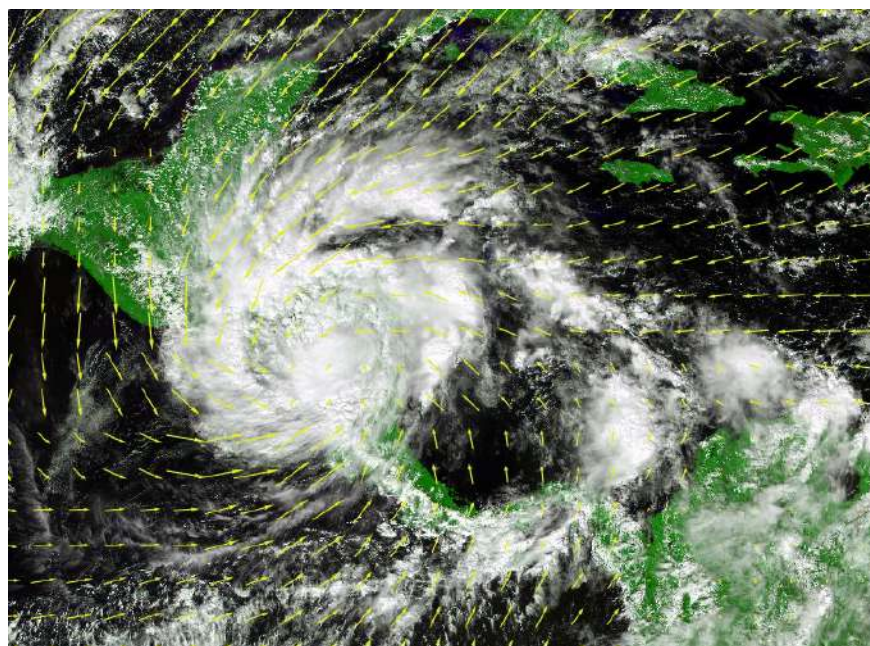


Figura 41. Imagen de satélite canal GeoColor del 17 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NOAA (GOES16) en Amazon Web Services y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis

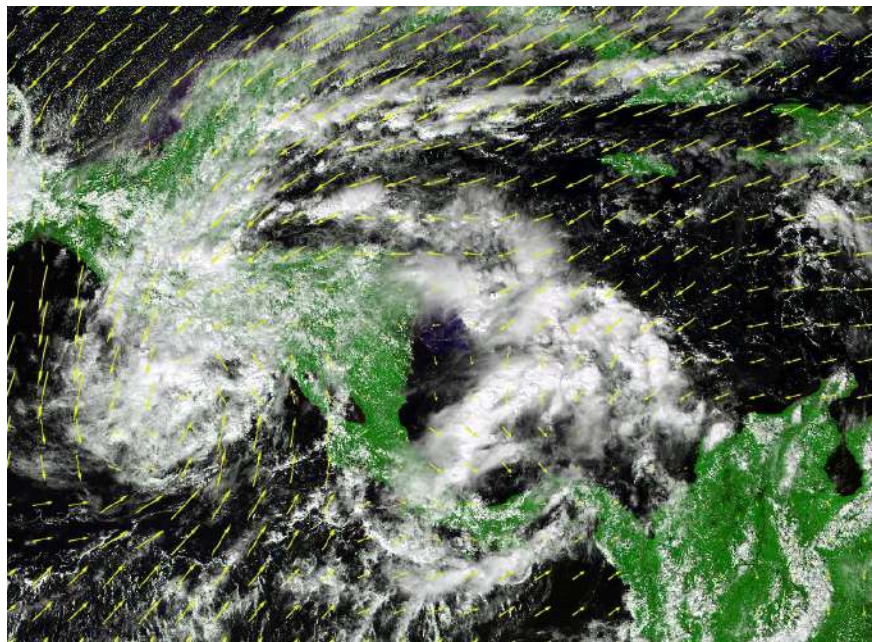


Figura 42. Imagen de satélite canal GeoColor del 18 de noviembre de 2020 a las 18Z – huracán Iota.
Fuente: Elaboración propia. Imágenes satelitales NOAA (GOES16) en Amazon Web Services y datos de viento de NCEP-NCAR Reanalysis

Descripción gráfica de las estaciones localizadas dentro de la subcuenca y circundantes para el periodo del 12 al 18 de noviembre de 2020, durante el huracán Iota.

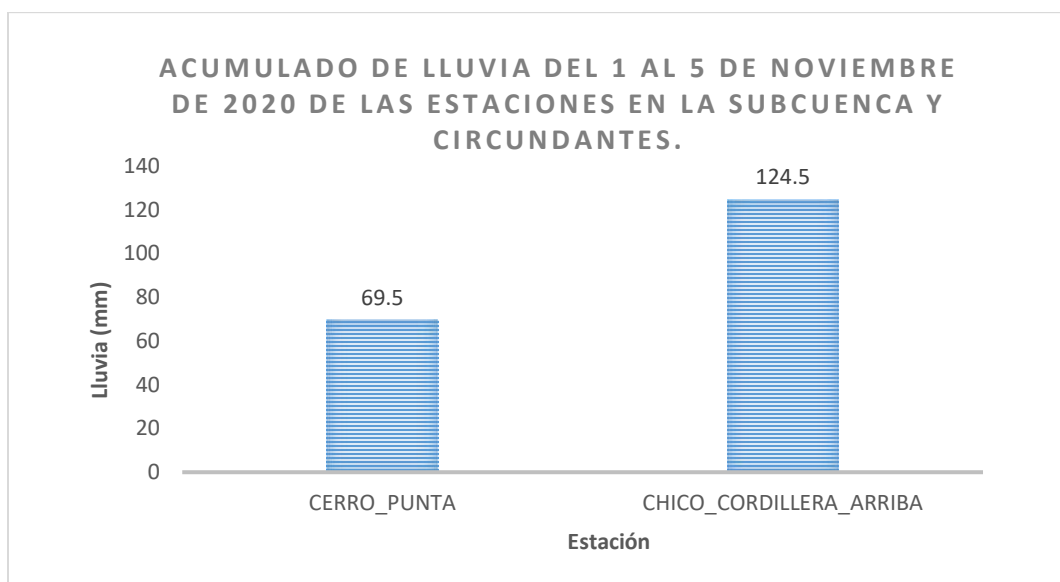


Gráfico 5. Acumulado de lluvia del 12 al 18 de noviembre de 2020 en las estaciones automáticas del área.
Fuente: Elaboración propia con datos de lluvia proporcionados por Hidrometeorología de ETESA. (2020).

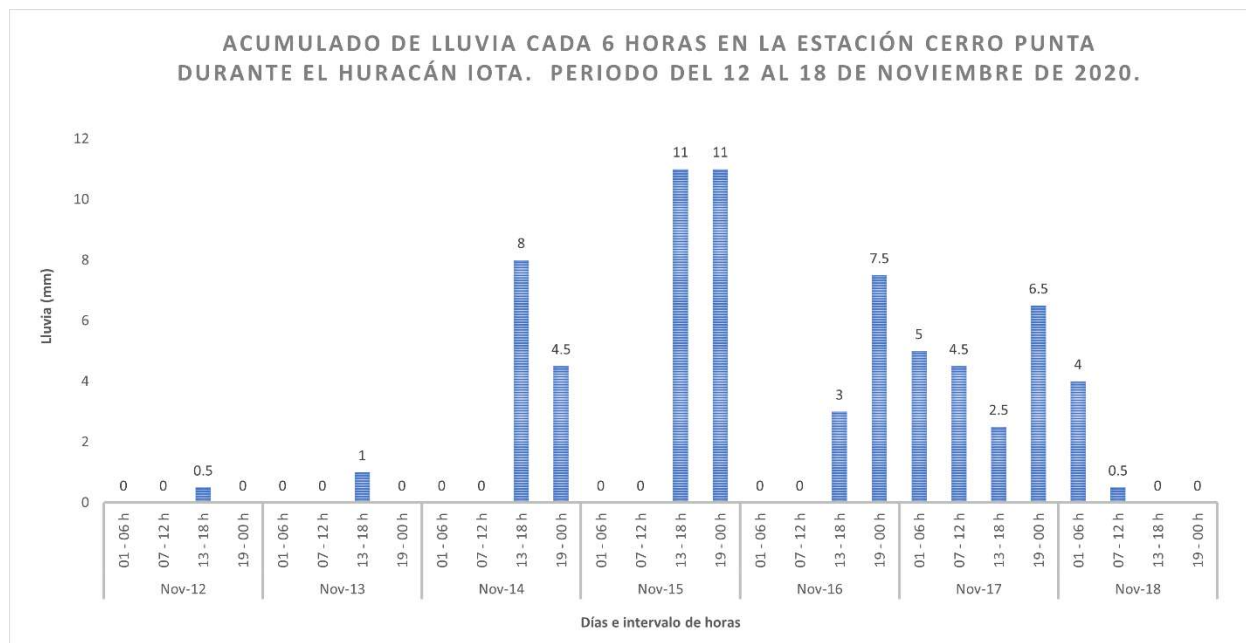


Gráfico 6. Acumulados de lluvia en la estación Cerro Punta durante el huracán Iota del 12 al 18 de noviembre de 2020.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el IMHPA.

Nota: Datos en hora local.

El gráfico 5 muestra los acumulados de lluvia del 12 al 18 de noviembre de las estaciones automáticas dentro del periodo en el que el huracán Iota se desplazaba de este a oeste sobre la Cuenca del Caribe manteniendo influencia indirecta sobre el país. La estación automática Cerro Punta alcanzó un acumulado de 69.5 mm y la estación Chico Cordillera Arriba que se ubica al sureste de la subcuenca de interés y a una elevación menor registró 124.5 mm, casi el doble de lluvia en comparación con Cerro Punta, lo cual va acorde con la figuras 43a y 43b, que muestran que la mayor concentración de precipitación se generó en la partes medias-altas de las cuencas de la provincia de Chiriquí y en menor medida en la parte más alta de la cuenca donde se localiza la subcuenca de este estudio.

En el gráfico 6 de acumulados de lluvia de la estación automática Cerro Punta para el periodo del 12 al 18 de noviembre, correspondiente al huracán Iota, se observan bajos acumulados de lluvia en 6 horas y de 22 mm en 12 horas que comprenden a la tarde y primeras

horas de la noche del día 15 de noviembre. Posteriormente, se reportó otro episodio de lluvias desde la tarde del día 16 hasta la madrugada del día 18, que generó un acumulado de 33,5 mm en 42 horas.

Interpolación de la lluvia diaria en milímetros (mm) de las estaciones meteorológicas del IMHPA en la región Occidental del país, utilizando IDW con restricción de distancia para los días el evento Iota.

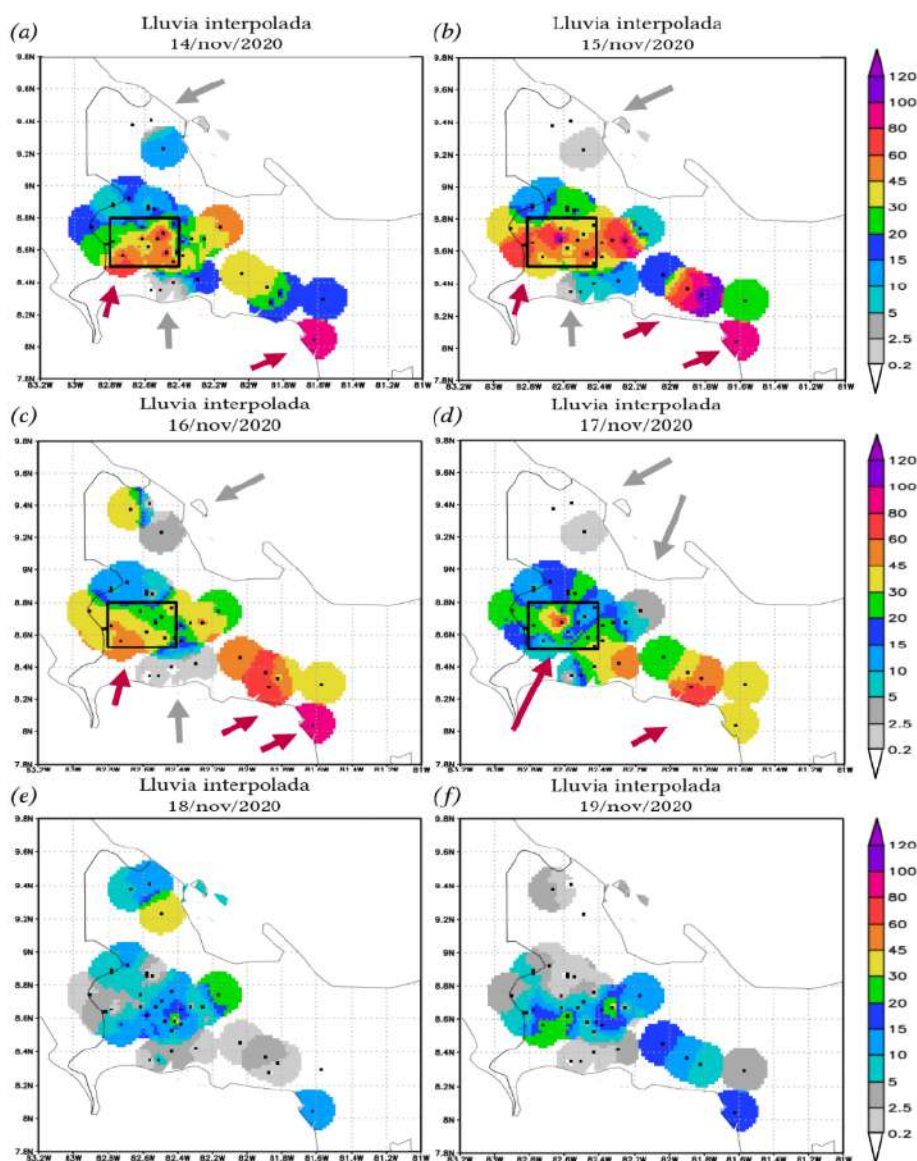


Figura 43. Precipitación diaria interpolada en milímetros [mm] de la red de estaciones.
Fuente: (Batista, 2023).

Durante el evento Iota se observan los mayores acumulados en la parte media de la cuenca 102 y sobre la subcuenca del río Chiriquí Viejo en tierras altas de Chiriquí donde los montos estuvieron cerca de los 30 mm como valor máximo, de acuerdo con la interpolación con el método IDW de los datos de las estaciones del IMHPA visualizados en la figura 43. (Batista, 2023)

Salidas de los productos del CAFFGS durante el huracán Iota y sus evaluaciones

Producto de amenaza de inundaciones repentinas pronosticada (FFFT)

Para el evento del huracán Iota, el periodo que se está analizando es del 13 al 18 de noviembre de 2020 (figuras 45-49). Dentro de este periodo los productos de pronóstico de amenazas de crecidas repentinas (FFFT) solamente mostró valores altos en la subcuenca de interés (dentro de la cuenca de Chiriquí Viejo) a la 01:00 p.m. del día 15 de noviembre de 2020 (figura 46c).

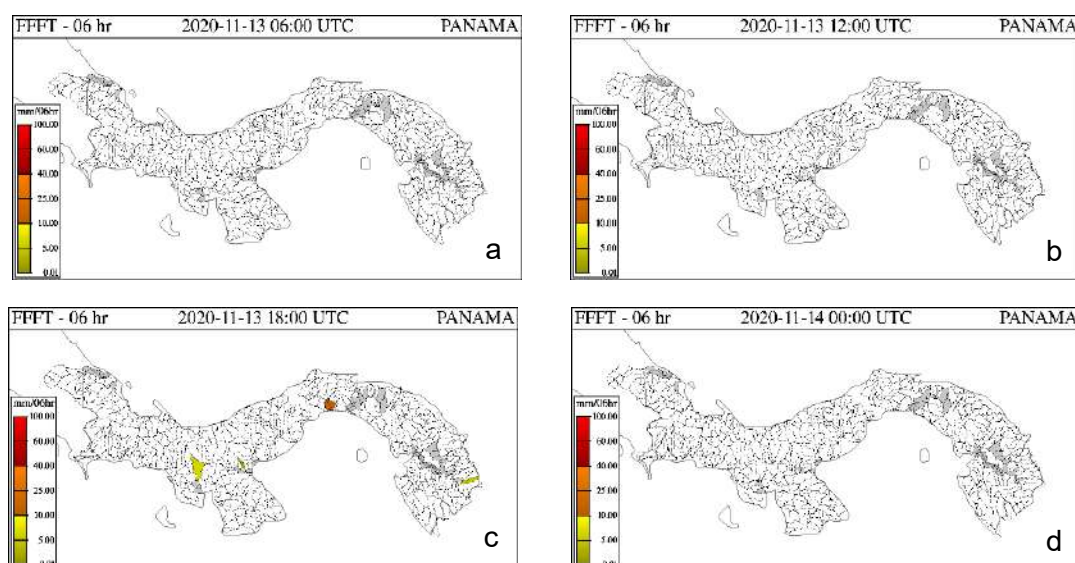


Figura 44. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 13 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.

Fuente: CAFFGS

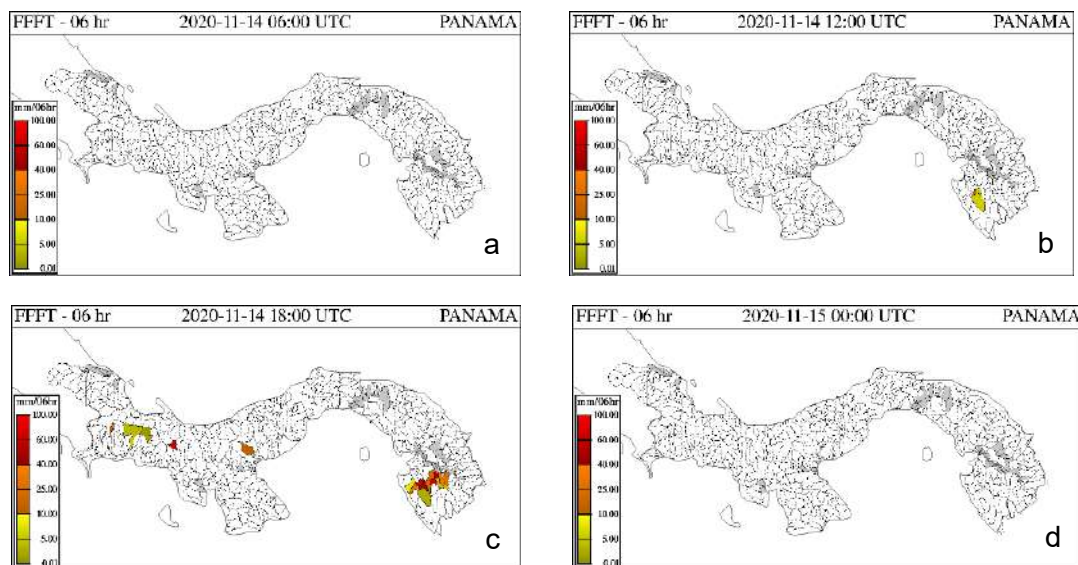


Figura 45. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 14 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

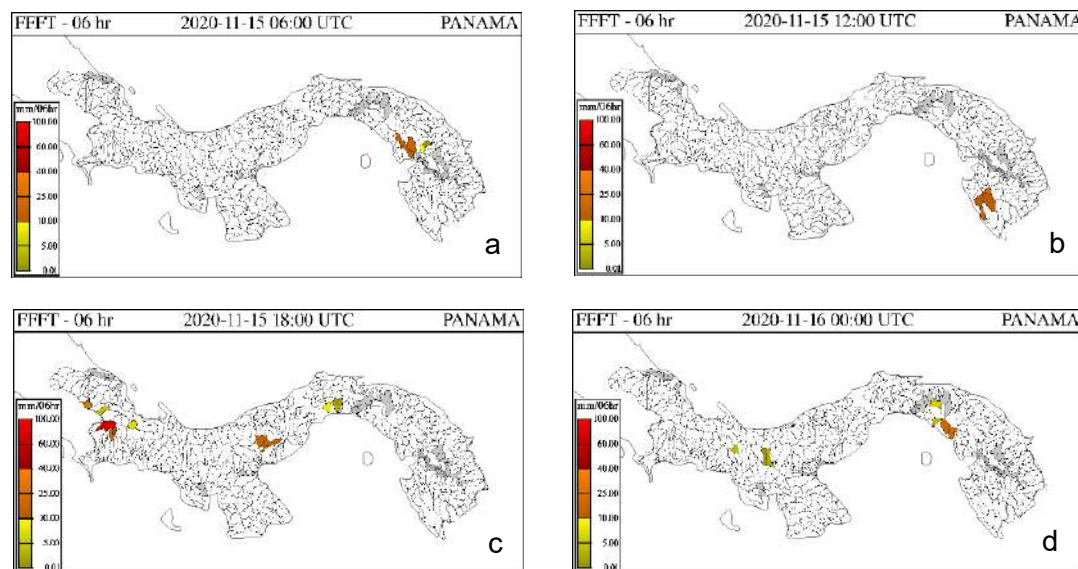


Figura 46. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 15 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

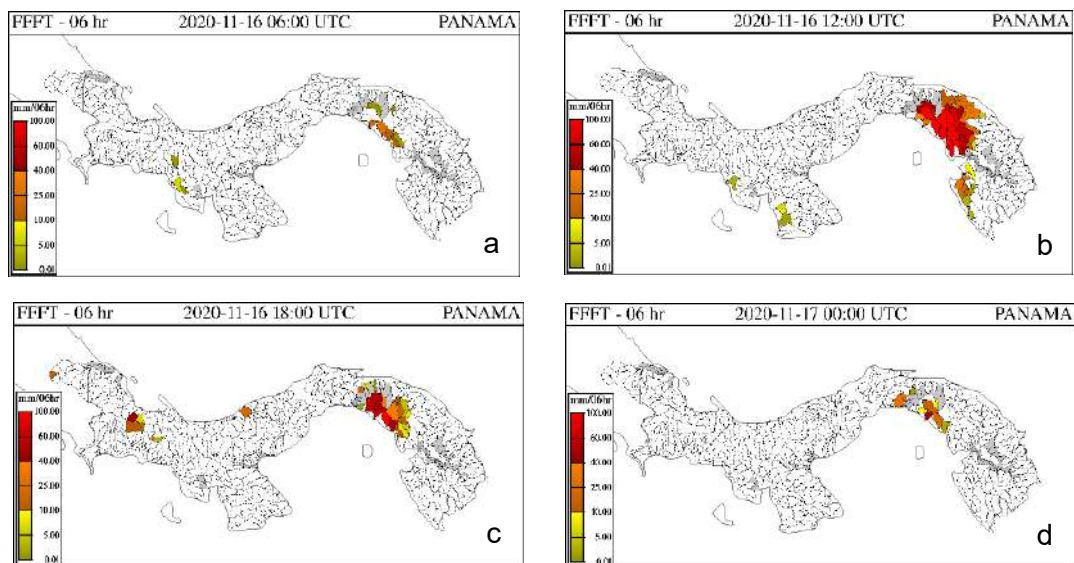


Figura 47. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 16 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

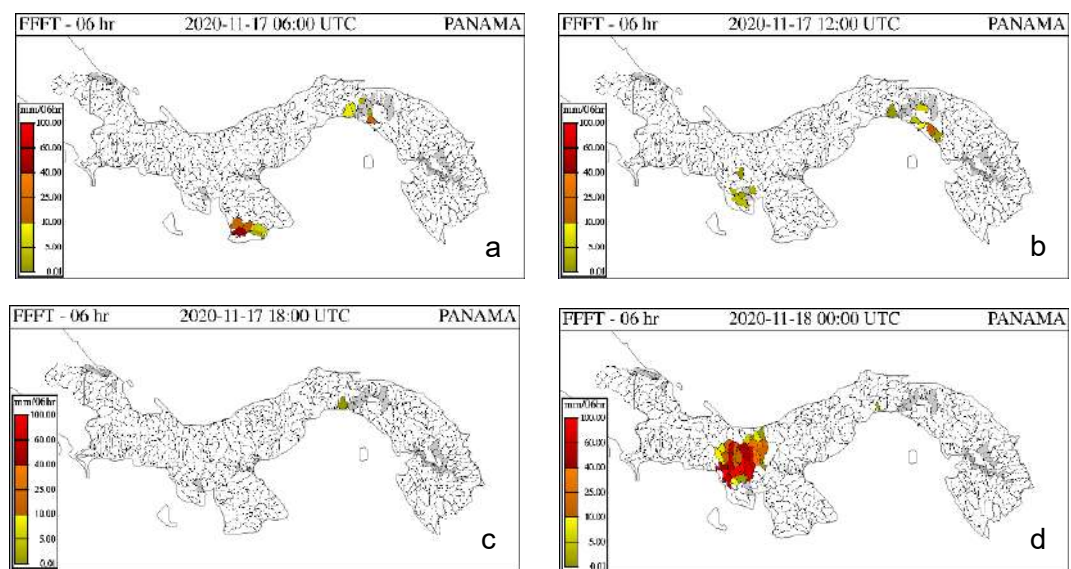


Figura 48. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 17 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

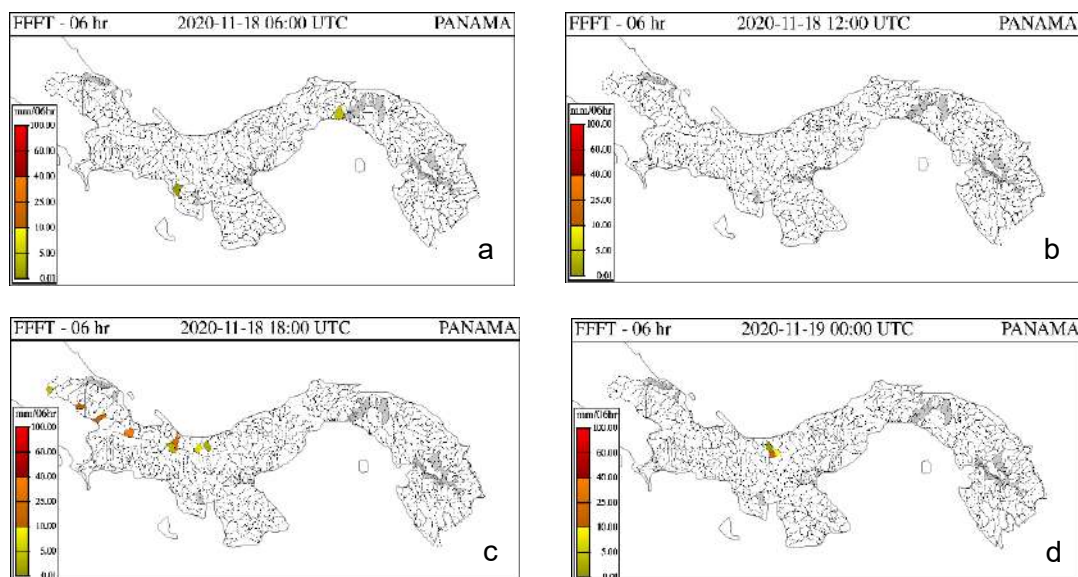


Figura 49. Salidas del CAFFGS del producto de FFFT para el día 18 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

Productos de amenaza de inundaciones repentinas inminente (IFFT)

En el periodo de evaluación del evento, el producto de amenazas de crecidas repentinas inminentes no muestra amenazas (figuras 50-55).

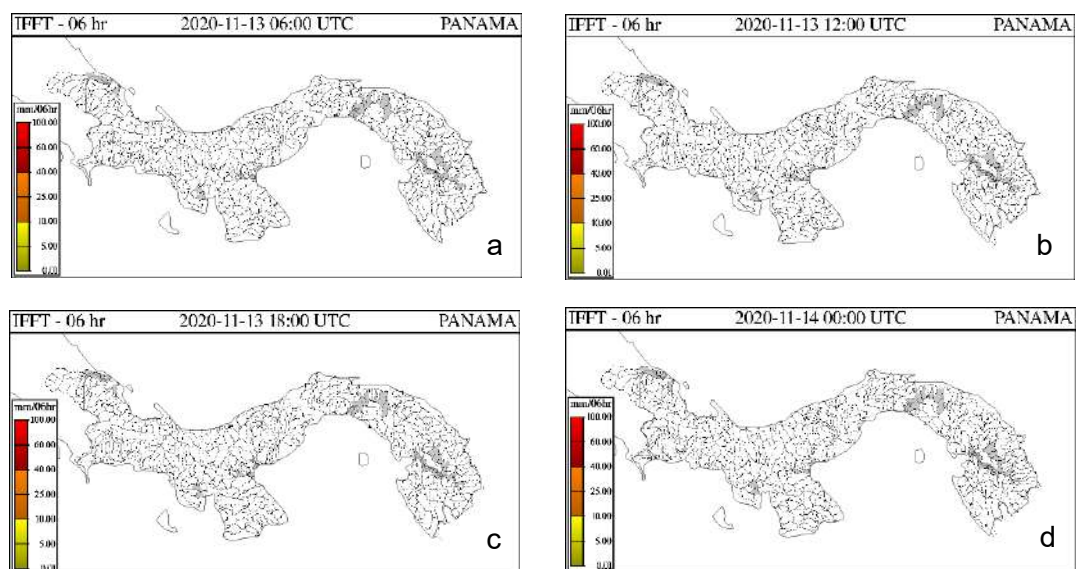


Figura 50. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 13 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

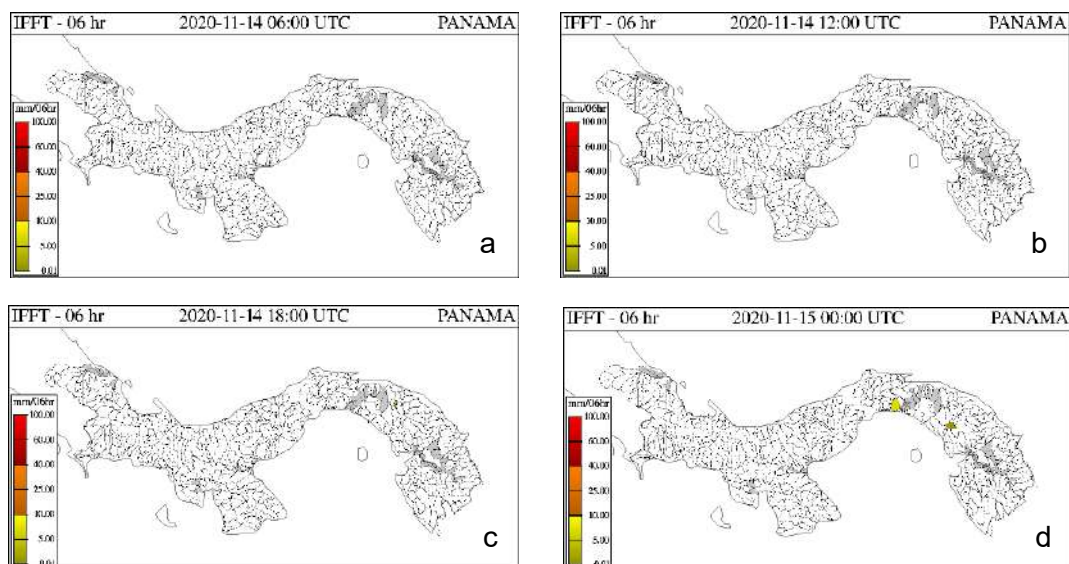


Figura 51. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 14 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

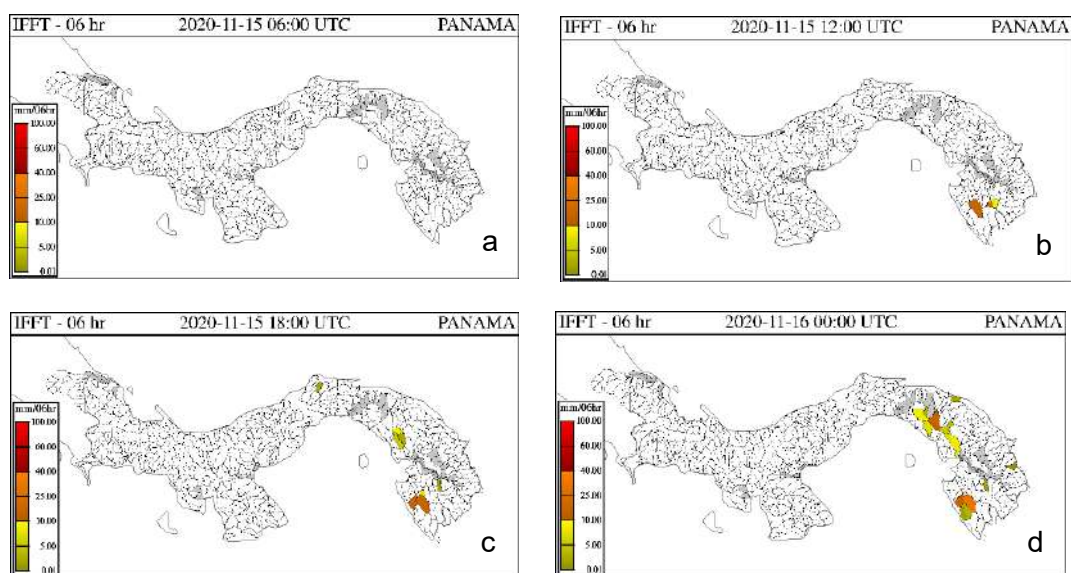


Figura 52. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 15 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

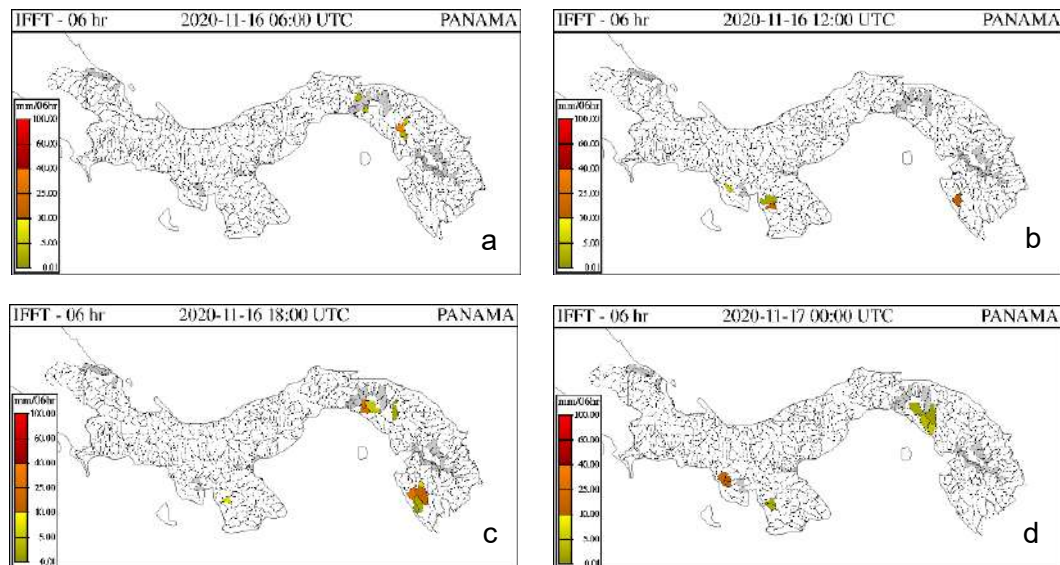


Figura 53. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 16 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

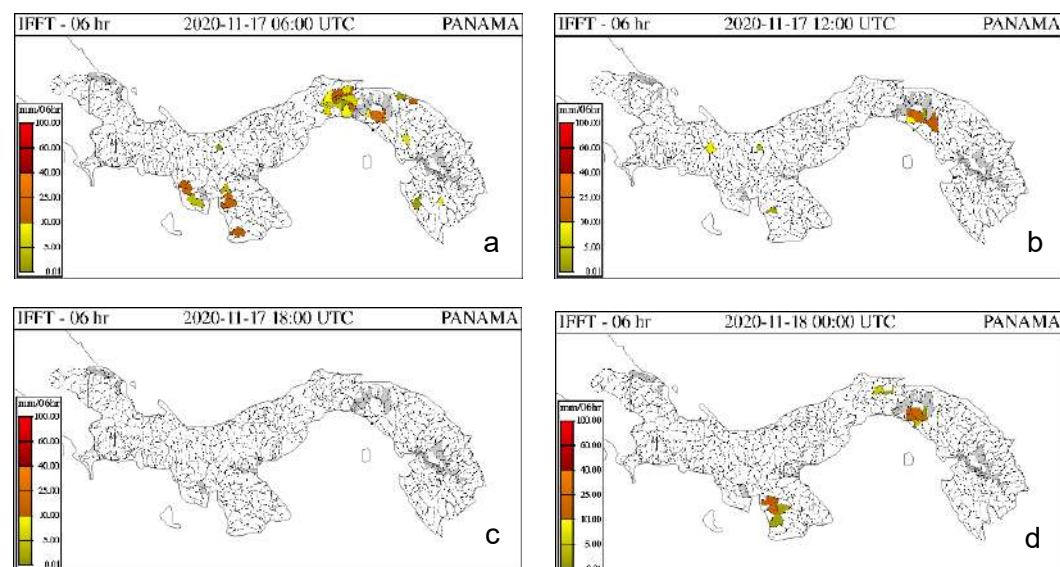


Figura 54. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 17 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

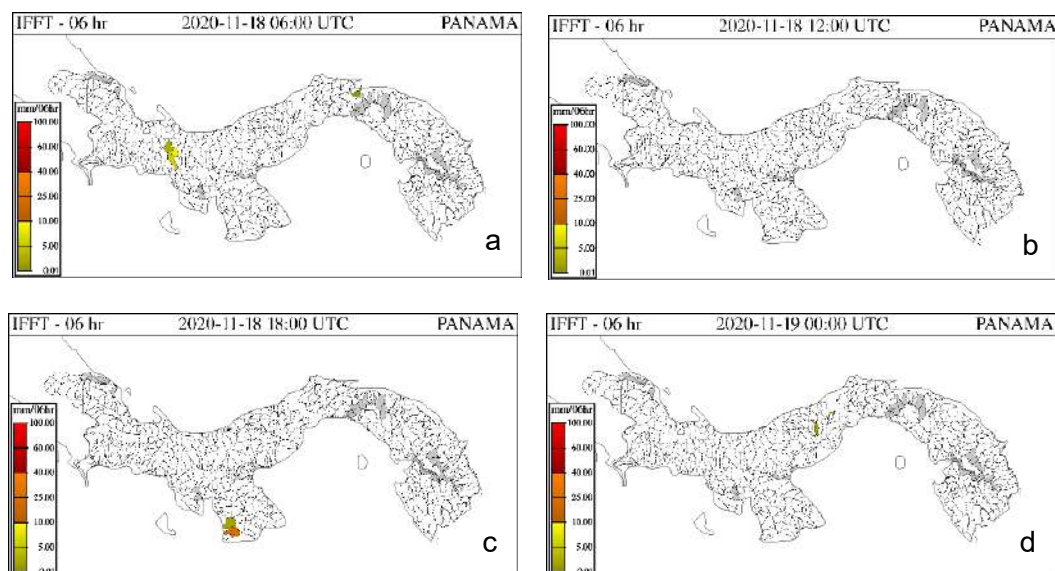


Figura 55. Salidas del CAFFGS del producto de IFFT para el día 18 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

Producto de amenaza de inundaciones repentinas persistente (PFFT)

En el periodo de análisis del evento, el producto de amenazas de crecidas repentinas persistentes no muestra amenazas (figuras 56-61).

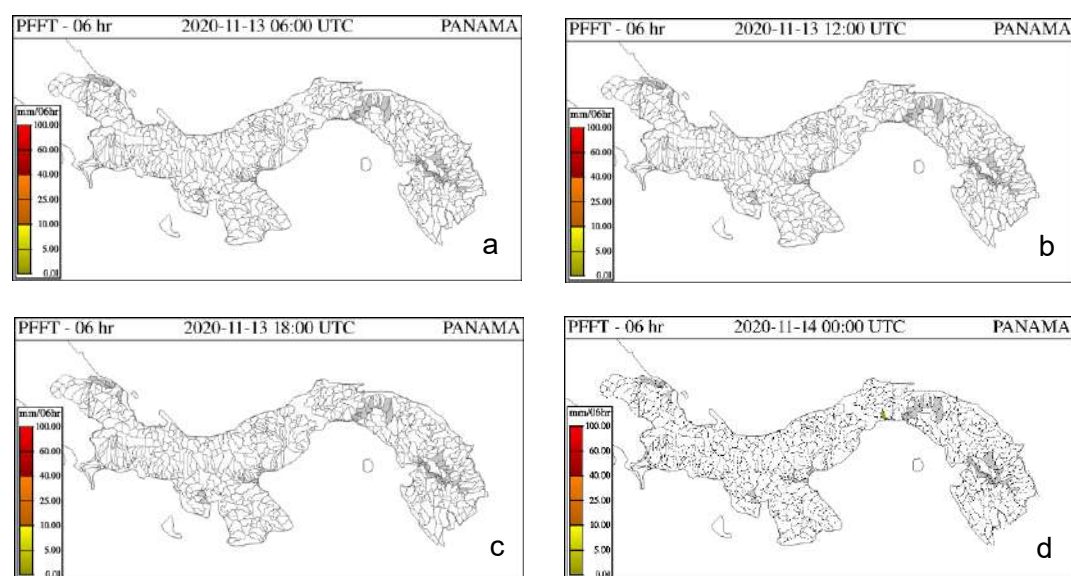


Figura 56. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 13 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

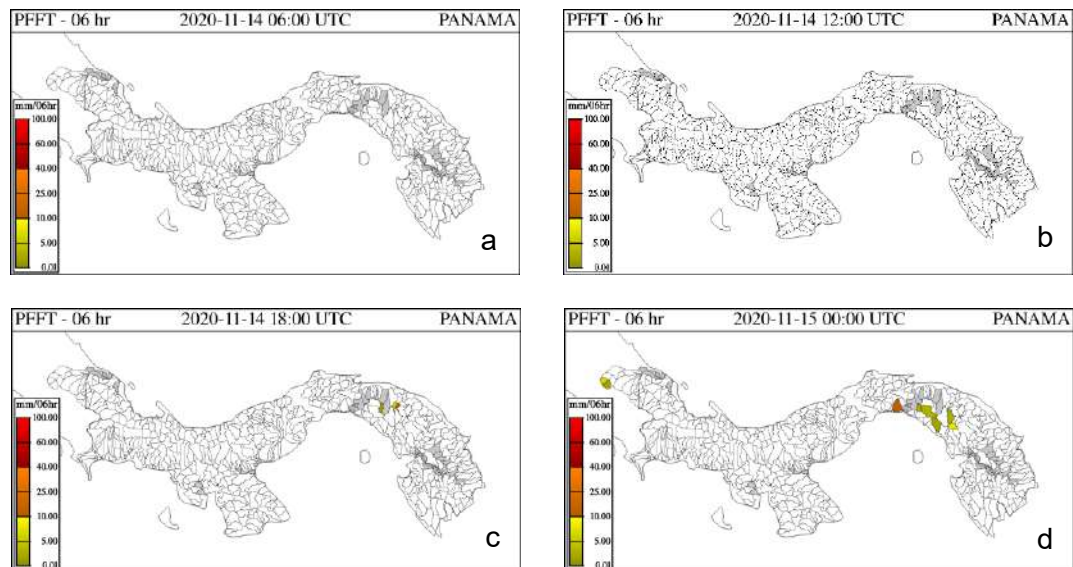


Figura 57. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 14 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

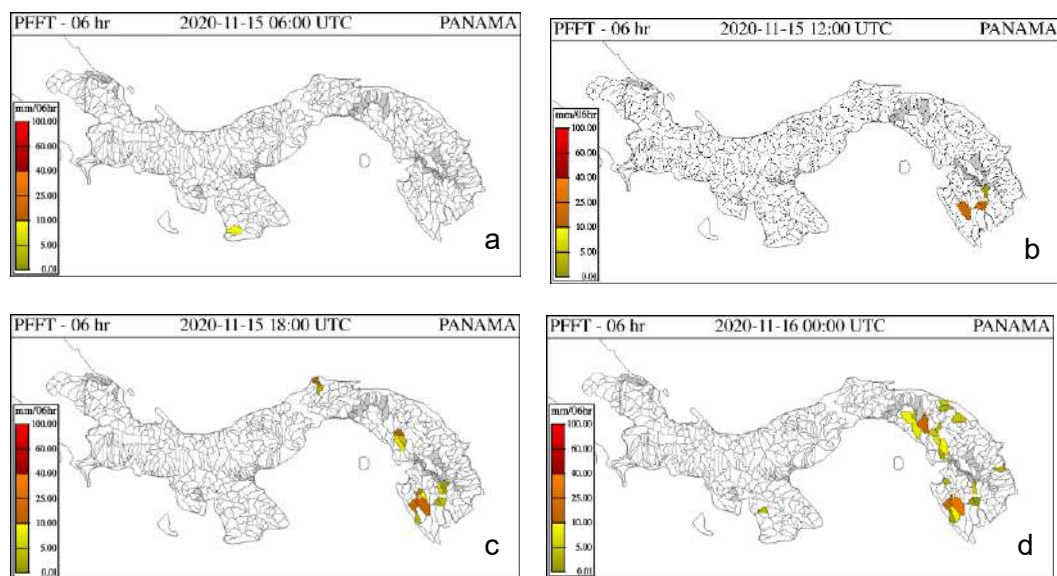


Figura 58. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 15 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

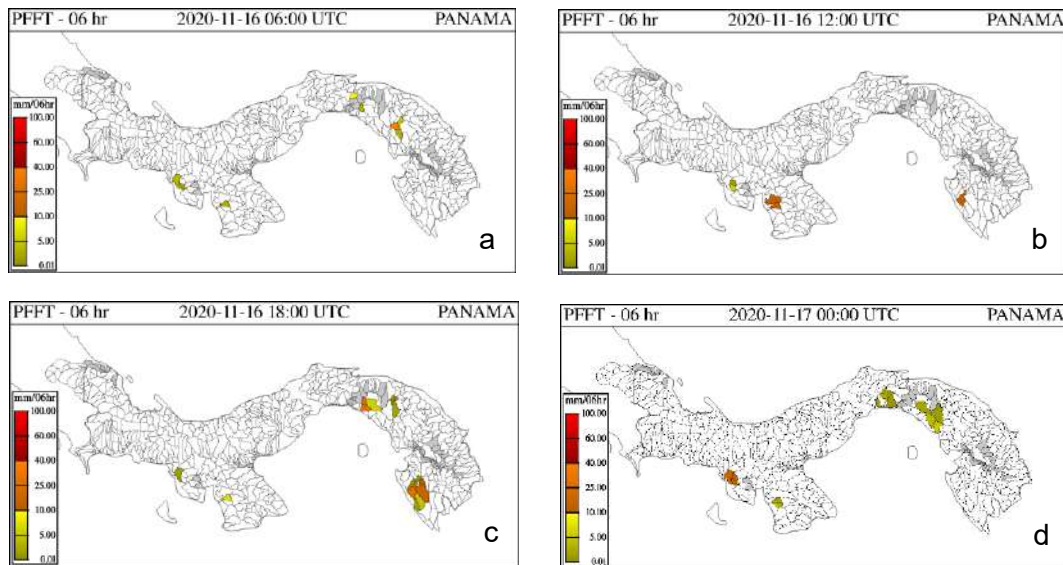


Figura 59. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 16 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

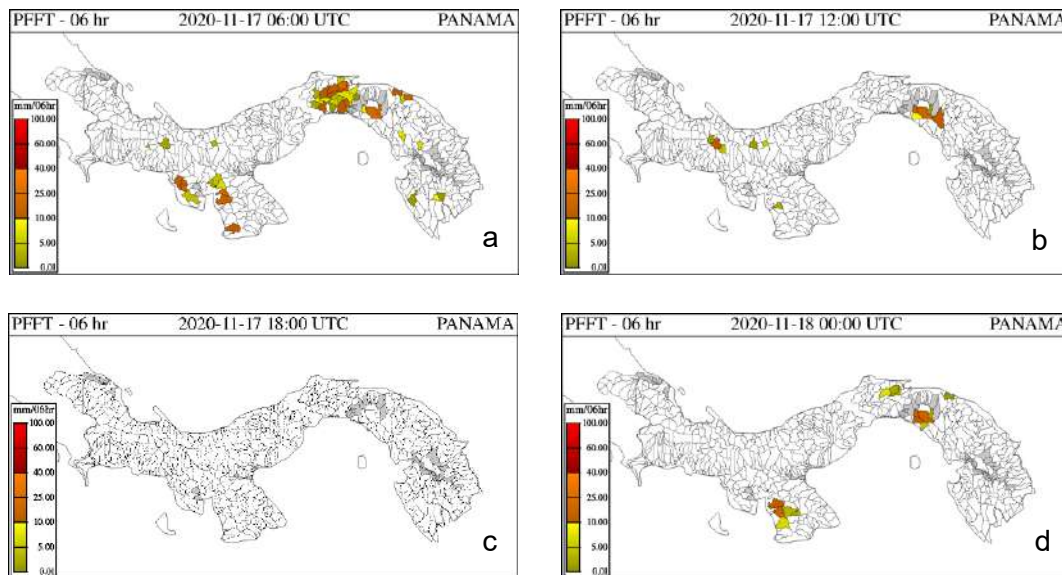


Figura 60. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 17 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

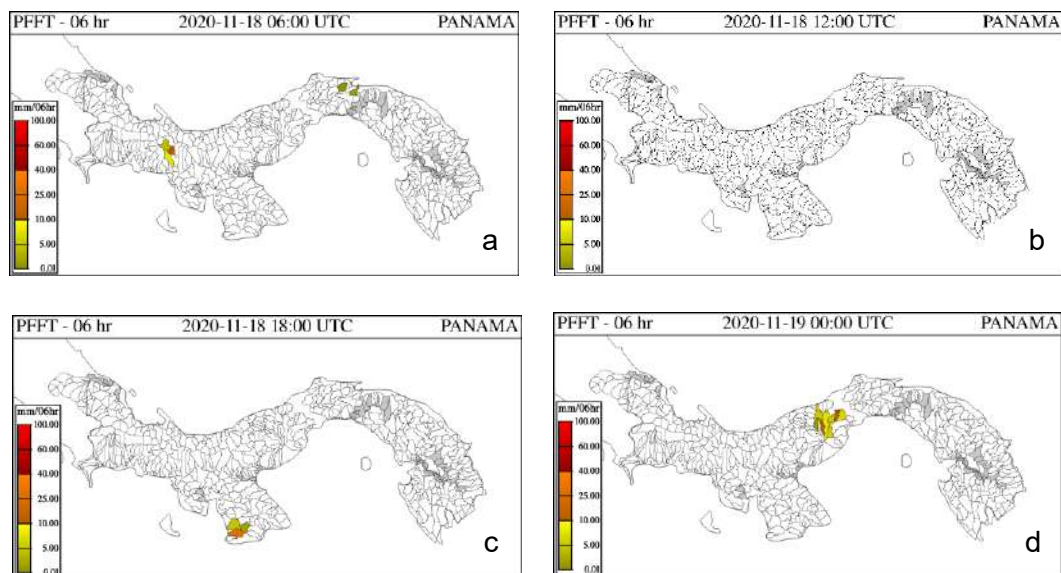


Figura 61. Salidas del CAFFGS del producto de PFFT para el día 18 de noviembre de 2020 durante el huracán Iota.
Fuente: CAFFGS

Resultados

Con el huracán Eta, el producto de amenazas de crecidas repentinas pronosticadas (FFFT) daba probabilidades de amenazas de crecidas repentinas los días 2, 3 y 4 de noviembre en la subcuenca de estudio, con mayores indicios los días 3 y 4 de noviembre.

El producto de amenazas de crecidas repentinas inminente (IFFT) mostró probabilidades de amenazas para horas de la tarde y noche del 4 de noviembre.

Y el producto de amenazas de crecidas repentinas persistentes (PFFT) mostraba probabilidad de ocurrencia para la noche del 4 de noviembre.

Por los reportes obtenidos por SINAPROC el día 2 de noviembre las afectaciones se dieron en la parte baja de la cuenca, hacia los sectores de Barú y Alanje, que pueden ser un reflejo de las lluvias ocurridas el día 1 de noviembre; y los poblados dentro de la subcuenca de estudio y cerca de esta, los reportes se dieron a partir del 4 hasta el 7 de noviembre, siendo un reflejo de las lluvias ocurridas el 3 y principalmente el 4 de noviembre.

Con el huracán Iota, el producto de amenaza de crecidas repentinas pronosticada (FFFT) marco probabilidades de ocurrencia de crecidas repentinas el 15 de noviembre para la tarde. Y los otros dos productos de amenazas, inminente y persistentes (IFFT y PFFT) no mostraron probabilidades de ocurrencia. Lo cual concuerda con los reportes de SINAPROC, de ríos que se mantenían acrecentados, pero dentro de sus causas; además de los montos de precipitaciones reportadas por las estaciones.

Discusión

Luego de realizar una amplia descripción de la evolución y desplazamiento sobre el Mar Caribe de los huracanes Eta e Iota en noviembre de 2020 y sus respectivas influencias indirectas que afectaron varias regiones del país con eventos de lluvias de episodios constantes y con

acumulados extremos, siendo una de las regiones más afectadas, tierras altas de Chiriquí, zona donde se localiza la subcuenca 2008300454 perteneciente a la Cuenca 102 del río Chiriquí Viejo; se evaluaron los productos de predicción de amenazas de crecidas repentinas del CAFFGS con el fin de atender a las preguntas de investigación sobre la confiabilidad de los productos de predicción ante este tipo de eventos extremos y sus posibles sesgos espaciales y temporales.

En base a lo anterior se puede concluir lo siguiente:

El producto de **Pronóstico de Amenaza de Crecida Repentina (FFFT)** demostró ser la herramienta más eficaz y confiable para la anticipación de eventos extremos, dado que durante el huracán Eta, este producto emitió señales de amenaza desde el 2 de noviembre, incrementando su nivel a "alto" los días **3 y 4 de noviembre**, coincidiendo con los máximos acumulados de lluvia y constancia de las mismas, constatado también por el incremento del nivel de río ubicado dentro de la subcuenca, esto permite una ventana de anticipación mayor para eventos de crecidas de esta índole.

Mientras que, para el evento del huracán Iota del 12 al 18 de noviembre, solo el **FFFT** marcó probabilidades de ocurrencia (15 de noviembre), lo cual fue consistente con los hechos reportados por el SINAPROC, notificando ríos acrecentados, pero que se mantuvieron dentro de sus cauces, lo cual se puede considerar una capacidad del producto FFFT para no generar falsas alarmas de desbordamiento en escenarios de menor intensidad.

Los productos de Amenaza inminente de crecida repentina (IFFT) y Amenaza persistente de crecida repentina (PFFT) solo indicaron amenazas inminentes o persistentes hacia la tarde y noche del **4 de noviembre**, cuando el evento ya estaba en su fase más crítica y también, debido a la persistencia de las lluvias, por lo que se puede utilizar para emitir avisos, pero teniendo en cuenta estas evidencias sobre el menor plazo en el que pueden mostrar probabilidad de amenazas comparado con el producto FFFT.

Sesgo temporal: existe una concordancia entre las lluvias máximas registradas (especialmente el 4 de noviembre para Eta) y el pico de las alertas del sistema CAFFGS. La desaparición de la estación hidrológica Volcán por la crecida el 4 de noviembre coincide también con el periodo donde el **IFFT** y **PFFT** detectaron probabilidad de amenaza.

Sesgo espacial: los productos lograron indicar áreas de amenaza que coincidieron con los reportes de **SINAPROC** y análisis de **CATHALAC** en poblados como Cerro Punta, Bambito y áreas próximas a la salida de la subcuenca.

Valores de probabilidad para crecidas: De acuerdo con lo visualizado en las salidas del CAFFGS, la ocurrencia de impactos significativos (inundaciones de gran magnitud) se manifestó de forma crítica cuando los productos alcanzaron las categorías de **amenaza moderada (naranja)** y **alta (rojo)**. Siendo así para el evento Eta, los niveles **altos** en el FFFT, fueron los mejores indicadores de crecidas en la subcuenca de estudio, mismos que para este evento en particular, se tradujeron en desastres por los desbordamientos y afectaciones de gran impacto reportados; no obstante, hay que recordar que los productos muestran probabilidad de ocurrencia, mas no la magnitud de las posibles crecidas.

Los valores **bajos o nulos** en los productos IFFT y PFFT durante Iota denotan que, aunque se reportaron lluvias los ríos se mantenían dentro de sus cauces, esto puede indicar que la cantidad y/o persistencia de las lluvias no eran suficientes para rebasar la capacidad máxima de la subcuenca.

Debido a lo anterior, se puede determinar que el **FFFT** es una muy buena referencia como insumo principal para los Sistemas de Alerta Temprana en Panamá ante eventos extremos similares, debido a su capacidad de pronóstico anticipado frente a los otros productos del CAFFGS evaluados en este trabajo, destinados a la predicción de amenazas de crecidas repentinas y frente a otras herramientas convencionales de monitoreo en tiempo real.

No obstante, también se debe considerar que debido a que los reportes de inundaciones del SINAPROC no contaban para ese entonces con la hora exacta o aproximada en que se registraron, se dificultó el análisis de este trabajo, llevándolo así a un formato descriptivo entre las salidas de los productos del CAFFGS y el comportamiento de las lluvias y el nivel de los ríos durante estos eventos extremos, pero con este último se tiene que tener presente que, aunque los ríos manifiesten un aumento brusco del nivel (crecidas), este no es indicativo de que el río salga de su cauce, dicho de otra manera, de que genere inundaciones.

Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El objetivo de este trabajo fue verificar la capacidad de la herramienta CAFFGS para anticipar crecidas repentinas e inundaciones en el país, dada la importancia de la previsión en la gestión de riesgos para la población. Los resultados demuestran que el sistema, específicamente a través del producto FFFT, presenta una alta eficiencia al prever estas amenazas bajo condiciones extremas. Esto lo posiciona como un recurso vital para salvaguardar vidas en eventos futuros.

No obstante, debido a la naturaleza crítica del sistema, es necesario reconocer sus posibles limitaciones y debilidades. Por ello, se recomienda continuar evaluando otros eventos hidrometeorológicos para fortalecer la confianza y precisión del CAFFGS como insumo en la toma de decisiones.

Recomendaciones

Se recomienda expandir el estudio no solo a otros eventos de carácter extremo, sino a otros tipos de eventos, pudiendo ser así, lluvias convectivas cuya temporalidad y espacialidad

son de menor escala, a fin de verificar y comprobar si los productos para la predicción de amenazas de crecidas repentinas del sistema CAFFGS tienen la misma capacidad de mostrar la probabilidad de estas amenazas.

Bibliografía

- Arenas, E. (29 de agosto de 2011). *Conociendo algo más sobre los huracanes*. Obtenido de Culturamas: <https://www.meteovalderas.es/varios/saffir-simpson.jpg>
- Badilla, E. (2025). Evaluación del Sistema Guía para Inundaciones Producidas por Crecidas Repentinas en América Central (CAFFG), para eventos extremos en Costa Rica, en el período de septiembre a noviembre del 2005 y casos con las mejoras en el 2006-2007. [Tesis de licenciatura no publicada, Universidad de Costa Rica]
- Batista, J. (2023). Pronóstico de tiempo atmosférico utilizando el WRFg con una resolución de 2 km sobre las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro. 117,133. [Tesis de maestría no publicada Panamá]
- CATHALAC. (s.f.). *Geografía de Panamá (NCGE 0003)*. Obtenido de studocu: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-panama/geografia-de-panama/impactos-del-huracan-eta-e-iota-en-panama-noviembre-del-2020-servir/69812548>
- Climate Hazards Center UC Santa Barbara. (s.f.). *Climate Hazards Center UC Santa Barbara*. Obtenido de CHIRPS: Estimaciones de lluvia a partir de pluviómetros y observaciones satelitales: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>
- Diccionario del Español de México. (s.f.). Obtenido de Diccionario del Español de México: <https://dem.colmex.mx/ver/evaluar>
- ETESA-IMHPA. (noviembre de 2020). *Informe Profesional*. Obtenido de <https://www.imhpa.gob.pa/es/>: https://www.imhpa.gob.pa/uploads/documentos/HURACAN_ETA_NOVIEMBRE_2020_e_IOTA1.pdf

Georgakakos, K., Modrick, T., Shamir, E., Campbell, R., Cheng, Z., Jubach, R., . . . Banks, R. (2022). The Flash Flood Guidance System Implementation Worldwide: A Successful Multidecadal Research-to-Operations Effort. *AMS Publications*, 1.

Georgakakos, K., Modrick, T., Shamir, E., Campbell, R., Cheng, Z., Jubach, R., . . . Banks, R. (2022). The Flash Flood Guidance System Implementation Worldwide: A Successful Multidecadal Research-to-Operations Effort. *AMS Journals*, 1,5,6.

Gobierno Nacional de la República de Panamá. (3,5,8,9,12,19.20 de noviembre de 2020). *Revista 12 Gobierno Nacional*. Obtenido de Ministerio de Economía y Finanzas: <https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2020/11/REVISTA-12-GOBIERNO-NACIONAL.pdf>

Hydrologic Research Center. (2017). CAFFG Component Validation. *First Steering Committee Meeting of the Central America Flash Flood Guidance System(CAFFGS)*, (pág. 3). San José, Costa Rica.

Hydrologic Research Center. (2017). Central America Flash Flood Guidance System: CAFFGS Forecaster Interfase. *First Steering Committee Meeting of the Central America Flash Flood Guidance System(CAFFGS)*, (pág. 10). San José, Costa Rica.

IBM. (29 de junio de 2023). *IBM*. Obtenido de <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/weather-models>

IMHPA. (Agosto de 2020). *imhpa.gob.pa*. Obtenido de https://www.imhpa.gob.pa/uploads/documentos/mapa_temporada_lluviosa.pdf

Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá, IMHPA. (s.f.). *Red de estaciones*. Obtenido de Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá: <https://www.imhpa.gob.pa/es/red-estaciones>

Instituto de Tecnología del Agua. (Agosto de 2019). *Gobierno de México*. Obtenido de <https://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-una-cuenca->

211369#:~:text=Se%20considera%20que%20una%20cuenca,%3A%20alta%2C%20media%20y%20baja.

Landsea, C. (03 de junio de 2011). Obtenido de Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico de NOAA: http://aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/TCFAQ_A_esp.txt

Ministerio de Gobierno. (07 de noviembre de 2020). *Apoyo a productores y atención de salud a damnificados entre acciones inmediatas del gobierno*. Obtenido de www.sinaproc.gob.pa: <https://www.sinaproc.gob.pa/apoyo-a-productores-y-atencion-de-salud-a-damnificados-entre-acciones-inmediatas-del-gobierno/>

Ministerio de Gobierno. (2020 de noviembre de 2020). *Equipo interinstitucional del Gobierno moviliza ayuda y acciones para damnificados de inundaciones*. Obtenido de www.sinaproc.gob.pa: <https://www.sinaproc.gob.pa/equipo-interinstitucional-del-gobierno-moviliza-ayuda-y-acciones-para-damnificados-de-inundaciones/>

Ministerio de Gobierno. (04 de noviembre de 2020). *Las recientes lluvias dejan anegaciones, caída de árboles y deslizamiento de tierras*. Obtenido de <https://www.sinaproc.gob.pa/>: <https://www.sinaproc.gob.pa/las-recientes-lluvias-dejan-anegaciones-caida-de-arboles-y-deslizamiento-de-tierras/>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Miteco.gob.es*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/cuencas-y-subcuencas.html#:~:text=Cada%20cuenca%20a%20su%20vez,o%20una%20confluencia%20de%20r%C3%ADos\).](https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/cuencas-y-subcuencas.html#:~:text=Cada%20cuenca%20a%20su%20vez,o%20una%20confluencia%20de%20r%C3%ADos).)

MMM-UCAR. (2025). *The Mesoscale and Microscale Meteorology Laboratory (MMM)*. Obtenido de <https://www.mmm.ucar.edu/models/wrf>

Monjo, R. (Enero de 2010). Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/268417628_EL_INDICE_n_DE_LA_PRECIPITACION_INTENSA

National Weather Service, NOAA. (s.f.). https://www.weather.gov/mob/tropical_definitions.

Obtenido de National Weather Service: https://www.weather.gov/mob/tropical_definitions

NOAA, N. S. (28 de Feb de 2025). *Center for Satellite Applications and Research*. Obtenido de

NESDIS STAR: <https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/ff/SCaMPR.php>

NOAA/AOML - Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico. (01 de junio de 2023).

Preguntas frecuentes sobre huracanes - NOAA/AOML. Obtenido de Laboratorio

Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico de NOAA:

<https://www.aoml.noaa.gov/es/hrd-faq/#what-is-a-hurricane>

OMM. (24 de ago de 2015). *Flash Flood Guidance System Simulator*. Obtenido de Hopa Flash

Flood Event - Turkey: <https://etrp.wmo.int/course/view.php?id=196§ion=4>

OMM. (Nov de 2016). *Flash Flood Guidance System Simulator*. Obtenido de Flash Flood Case

Study - Ayvalik Turquía: <https://etrp.wmo.int/course/view.php?id=196§ion=4>

OMM. (17 de Enero de 2016). *Flash Flood Guidance System Simulator*. Obtenido de Analysis of

flash flood in using FFGS in Cesmeg - Turquía:

<https://etrp.wmo.int/course/view.php?id=196§ion=4>

Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2011). *Manual sobre predicción y avisos de crecidas* (Vol. OMM N°1072). Ginebra, Suiza.

Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (Jun de 2023). *Organización Meteorológica Mundial*

[OMM]. Obtenido de Second FFGS Global Workshop:

<https://etrp.wmo.int/course/view.php?id=198>

Organización Meteorológica Mundial [OMM], Organización de las Naciones Unidas para la

Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2012). *Glosario Hidrológico Internacional*

(Vol. N°385). Ginebra, Suiza.

Publicación de Sinaproc Panamá Howard. (17 de noviembre de 2020). *Sinaproc Panamá*

Howard. Obtenido de <https://www.facebook.com/>:

<https://www.facebook.com/sinaproccpanama.howard/posts/pfbid028Kbd9n3HTtYnUF7zcRcECB5aCUwTati6QatJLY3Fvo4x2u8kzGY67KWusTHftX2kl>

RAE: REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (04 de 2025). 23.8 en línea. Obtenido de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/meteorolog%C3%ADa>

Rhoton, S. (10 de octubre de 2025). *Inundaciones*. Obtenido de Enciclopedia Significados:
<https://www.significados.com/inundaciones/>

Rivera, Quiróz. (20 de 06 de 2023). *Poster FFGS_Panamá*. Obtenido de www.imhpa.gob.pa:
https://www.imhpa.gob.pa/uploads/documentos/Poster_FFGS_Panama.pdf

Servicio de Meteorología Aeronáutica, Perú. (2020). Obtenido de <https://meteorologia.corpac.gob.pe/app/Meteorologia/modelos/gfs.php>

Sinaproc Panamá Howard. (04 de noviembre de 2020). *Publicación de Sinaproc Panamá Howard*. Obtenido de <https://www.facebook.com/sinaprocpanama.howard/posts/pfbid0KZ35cgHznFdNHkghzfVLhAZJeoM2Kqu2iJHKOJBNCZZCJSj8mkGXvNUmTuKXoyl>

Sinaproc Panamá Howard. (06 de noviembre de 2020). *Publicación de Sinaproc Panamá Howard*. Obtenido de [https://www.facebook.com: https://www.facebook.com/sinaprocpanama.howard/posts/pfbid01DSTv8a1EEfKXQWPwXkAUcKK7ikoA4nPhhwJCGLcsfqGcNpvio9bbk9NhTVPFGw5l](https://www.facebook.com/sinaprocpanama.howard/posts/pfbid01DSTv8a1EEfKXQWPwXkAUcKK7ikoA4nPhhwJCGLcsfqGcNpvio9bbk9NhTVPFGw5l)

Sinaproc Panamá Howard. (06 de noviembr de 2020). *Publicación de Sinaproc Panamá Howard*.
Obtenido de [https://www.facebook.com:
https://www.facebook.com/sinaprocpanama.howard/posts/pfbid0ME8AvrFe6rUDYqhDR
BxKZBUoWNcm6aUkLgEPH5s87qPqV4ef83yqzprZfsdsAUDeI](https://www.facebook.com/sinaprocpanama.howard/posts/pfbid0ME8AvrFe6rUDYqhDRBxKZBUoWNcm6aUkLgEPH5s87qPqV4ef83yqzprZfsdsAUDeI)

Sinaproc Panamá Howard. (09 de noviembre de 2020). *Publicación de Sinaproc Panamá Howard*. Obtenido de <https://www.facebook.com:>

<https://www.facebook.com/sinaproccpanama.howard/posts/pfbid0VhF2qUwEpUgG5NtyoF4b179WT1gzFCzG2VNpWRe1A5Pibv6g6MXJ7n28FgCpBozkl>

Sinaproc Panamá Howard. (09 de noviembre de 2020). *Publicación de Sinaproc Panamá Howard*. Obtenido de <https://www.facebook.com:https://www.facebook.com/sinaproccpanama.howard/posts/pfbid032R1CPYu1u2wZ2Pid7ae6B3ad6pvpVbDRNVSVcFpw9YxuE4gWPAAVfjuizVA6nUiCl>

Sinaproc Panamá Howard. (18 de noviembre de 2020). *Publicación de Sinaproc Panamá Howard*. Obtenido de <https://www.facebook.com:https://www.facebook.com/sinaproccpanama.howard/posts/pfbid037FnR1qxgaNnvtoWF5dfLecGBEMoGGdVV31gAdMfTMnnjZGK65TAJD3E3GYGHY2d6l>

Sinaproc Panamá Howard. (05 de noviembre de 2020). *Sinaproc Panamá Howard*. Obtenido de <https://www.facebook.com:https://www.facebook.com/sinaproccpanama.howard/posts/pfbid02HjRtQiCsTLPf6YJvXDTu9V2Y2Dmifc4hwERZANvwCHSAovge9RX8puDUMKG66r8wl>

Sinaproc Panamá Howard. (05 de noviembre de 2020). *Sinaproc Panamá Howard*. Obtenido de <https://www.facebook.com:https://www.facebook.com/sinaproccpanama.howard/posts/pfbid02ywPmSH4Uw1Ns7dUfyRTcF8KuJwq1SDUsvtQFh47zejvh67fLUS14wFuHjLP3yc8ql>

Stojov, Balabanoski. (3-9 de mayo de 2016). *FLASH FLOOD IN MACEDONIA A Case Study of 3rd August 2015*. Obtenido de <wmoomm.sharepoint.com/:b:/s/wmocpdb/Ebf4cp21JjNCIlgVZGhDUoZYBNHVT4eFQpvCfHv8K2oVfLg>

Torres, V. (Enero de 2019). *Weather, climate and the atmospheric phenomena: From whirlwinds to climate change*. Obtenido de Revista Digital Universitaria:

https://www.researchgate.net/publication/330487400_Weather_climate_and_the_atmospheric_phenomena_From_whirlwinds_to_climate_change

UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). *Lluvias e inundaciones*. Obtenido de www.unam.mx: <https://www.unam.mx/medidas-de-emergencia/lluvias-e-inundaciones>

Viñas, J. (11 de 2025). *Escalas en meteorología y su acoplamiento espacio-temporal: la duración de un fenómeno está ligado a su tamaño*. Obtenido de Meteored: <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/escalas-en-meteorologia-y-su-acoplamiento-espacio-temporal.html>

Wikipedia. (12 de sept de 2024). *Afluente*. Obtenido de Wikipedia La enclopedia libre: <https://es.wikipedia.org/wiki/Afluente>

Wikipedia. (19 de Noviembre de 2024). *Cuencas Hidrográficas*. Obtenido de Wikipedia, Enciclopedia Libre: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cuenca_hidrogr%C3%A1fica&oldid=16367183
3.

Wikipedia. (31 de Octubre de 2024). *Lluvia*. (L. E. Wikipedia, Editor) Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Lluvia&oldid=163329975>

Wikipedia. (8 de junio de 2024). *Lluvia Orográfica*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia_orogr%C3%A1fica

WMO, ETRP Moodle Site. (s.f.). *Section: Topic 2 | Training | ETRP Moodle Site*. Obtenido de FFGS Portal: <https://etrp.wmo.int/course/view.php?id=196§ion=2>

Anexos

En los distritos de Alanje y Barú de la provincia de Chiriquí, las lluvias dejan un aproximado de 134 viviendas con afectaciones, entre los sectores de: Boquete, Valle Escondido (4 viviendas); Boquete, escuela Josefa Montero (2 viviendas); Baco, Majagual (15 viviendas), Baco, La Colcha de la Esperanza (25 viviendas); Corotú Cínososvil (46 viviendas); Baco (30 viviendas) y Nuevo México, Chiriquí Viejo (12 viviendas). (Ministerio de Gobierno, 2020)


 REPÚBLICA DE PANAMÁ
 GOBIERNO NACIONAL

cuerpos de 3 niños y dos adultos fueron encontrados este jueves 5 de noviembre, confirmó el director de Sinaproc.

Los estamentos de seguridad trabajan conjuntamente con el Sistema Nacional de Protección Civil, la Cruz Roja, el Cuerpo de Bomberos y las autoridades locales en los diferentes sectores afectados por las lluvias, inundaciones y deslizamientos de tierra, en las provincias de Chiriquí, Veraguas y Coclé.

La Fuerza de Tarea Conjunta está brindando asistencia a familias damnificadas por las inundaciones en el distrito de Barú, y en comunidades como Bajo Chiriquí, Caizán, Corotú Civil, afectadas por el aumento del caudal del río Chiriquí Viejo.

Ministerio de Vivienda

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (Miviot), las inundaciones productos del mal tiempo, ha dejado afectaciones de viviendas en más de 360 familias.

Según reportes preliminares de la Dirección de Coordinación Nacional de Proyectos y Asuntos Comunitarios (Conapro) del Miviot se han reportado 324 casos de casas afectadas por inundaciones, 48 desprendimientos de techo, siete deslizamientos y una por daños eléctricos.

El Miviot evalúa los casos registrados en cada una de las provincias afectadas, mientras las familias han sido reubicadas con sus parientes, amigos, en la sede las juntas comunales, iglesias y escuelas.

*Figura 62. Reporte del Gobierno Nacional.
Fuente: (Ministerio de Gobierno, 2020)*



Entre las vías que serán reparadas de forma inmediata están las carreteras y puentes ubicados en áreas de alta producción agrícola de comunidades de los distritos Barú, Gualaca, Bugaba, Boquete, Boquerón, Renacimiento, Tierras Altas y la Comarca Gnäbe Buglé y los caminos y vías de Santa Clara, Cañas Gordas, Montelirio y Río Sereno del distrito de Renacimiento.

También están incluidos los trabajos de despeje de la carretera Transístmica que comunica la CPA en el corregimiento de Chiriquí, Gualaca hasta Punta Peña, en el distrito de Chiriquí Grande en Bocas del Toro.

Igualmente se procederá con el despeje de derrumbes en Sardina del corregimiento de Susama, distrito de Nole Duina, así como en el corregimiento de Soloy del distrito de Besikó y en Quebrada Hacha, en el corregimiento de Tolote, del distrito de Kankintú, en la Comarca Ngäbe Buglé.

El Mop hará la solicitud a las empresas responsables de estas obras de construcción.

Sistema Nacional de Protección Civil

Carlos A. Rumbo, director general del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), informó que los pronósticos del tiempo se mantendrán inestables en los próximos días. Además detalló que este jueves se rescató a un total de 53 personas, en los sectores de Río Jacu, Fonseca, Quebrada Bruja, Chiriquí Viejo y Risacua.

Rumbo manifestó que continúan las operaciones de búsqueda y rescate de ciudadanos afectados por las inundaciones y deslaves registrados en los últimos días en cinco provincias del país.

*Figura 63. Reporte del Gobierno Nacional.
Fuente: (Ministerio de Gobierno, 2020)*

turistas que estaba en esa provincia en el momento en que ocurrieron las inundaciones se encuentra bien.



Precisó que los estamentos de seguridad han rescatado a alrededor de 100 turistas entre nacionales y extranjeros, que estaban hospedados en hoteles de Chiriquí. Se espera mejora del clima para seguir los operativos en otros hoteles de la provincia.

De acuerdo a Eskildsen ha sido importante la presencia de los socorristas de SINAPROC en las zonas afectadas evacuando a la población local y a los turistas, vigilando los refugios y prestando atención de primeros auxilios cuando es necesario.

Ministerio de Vivienda

El Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MIVIOT) detalló que a un total de 608 aumentó el número de viviendas afectadas en el país, a causa de las inundaciones, deslizamientos de tierra y voladuras de techos que ha dejado la tormenta Eta en su paso por el país, según las últimas cifras de la Dirección de Coordinación Nacional de Proyectos y Asuntos Comunitarios (CONAPRO), de ese ministerio.

El informe preliminar de CONAPRO indica que han aumentado a 248 las casas afectadas en la provincia de Chiriquí, de las cuales 23 presentan daños en sus estructuras.

Son 150 viviendas en los corregimientos de Nuevo México, Guarumal y Querévalos, distrito de Alanje; 22 en el corregimiento de Baco en Barú; 2 en las comunidades Jaramillo Arriba, Palmira y Bajo Boquete en Boquete; 10 en las comunidades de Bambito, Cerro Punta, Nueva Suiza, Paso Ancho, Alto Pineda y

Figura 64. Reporte del Gobierno Nacional.
Fuente: (Ministerio de Gobierno, 2020)

Tizingal en Tierras Altas; 5 en Paso Ganado en San
 Lorenzo y 59 en Jacú en Bugaba.



Solo en Chiriquí suman unas mil 604 personas que han quedado sin hogar y han sido reubicadas en albergues temporales ubicados en escuelas, iglesias, colegios, gimnasios, estadio y las asociaciones de productores del área.

En Bocas de Toro, de acuerdo con el último informe la cifra no ha variado y se contabilizan unas 14 casas afectadas, al igual que Colón con 48 viviendas que sufrieron desprendimiento de techo pero que ya están siendo reparadas por las cuadrillas del MIVIOT.

Tampoco ha variado el número de afectaciones en la Comarca Ngäbe Buglé (250), Veraguas (27) y Herrera (11).

El MIVIOT en Bocas del Toro precisa que se han atendido a 127 familias de las cuales 10 residen en el corregimiento de El Empalme y 117 en la comunidad de Urracá en Theobroma, corregimiento de Las 30, en el distrito de Changuinola.

De las familias del Empalme, siete fueron ubicadas en Bambú y tres en El Tornillo en casas de familiares. Mientras que en la comunidad de Urracá, un asentamiento con menos de un año de haberse conformado, de las 117 familias atendidas unas 60 perdieron sus viviendas, ubicadas cerca del Río Yorkin.

En Coclé, se evaluó la condición social de tres familias que residen en casas de quincha en El Baco del corregimiento La Pintada, Puerto el Gago y en Pueblo Nuevo, todas en el distrito de Penonomé.

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

Figura 65. Reporte del Gobierno Nacional.
 Fuente: (Ministerio de Gobierno, 2020)

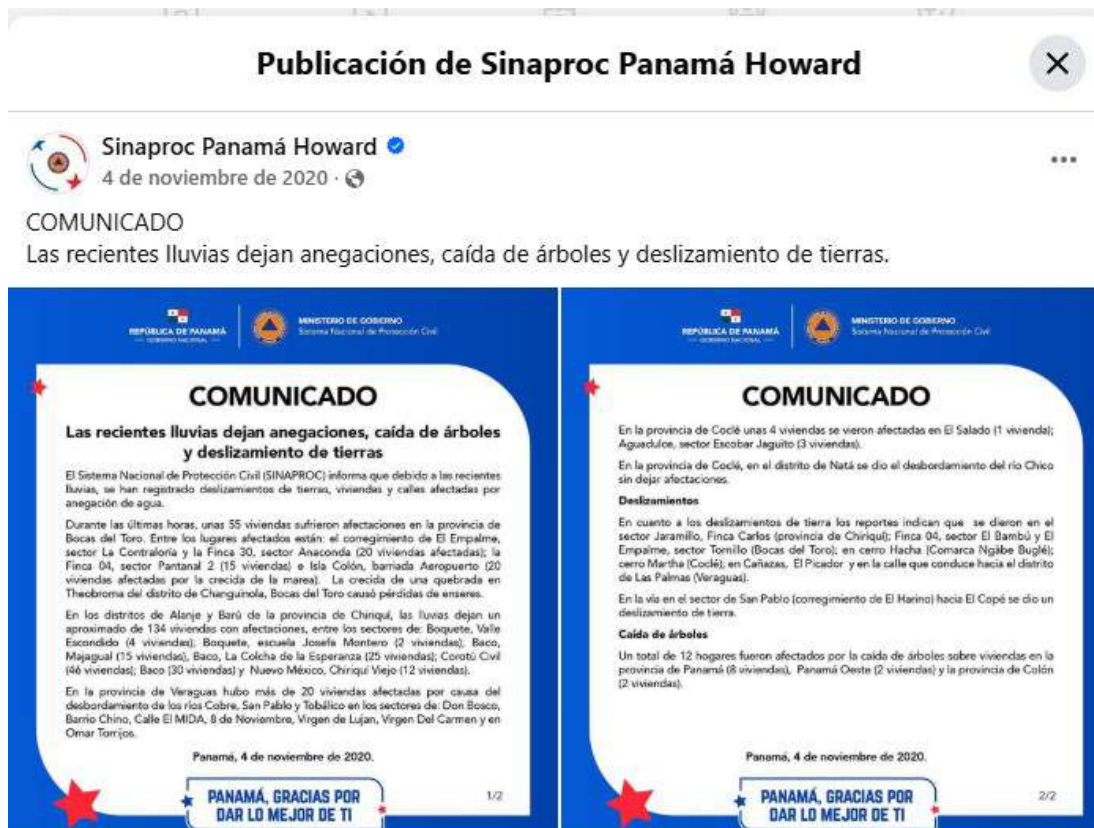


Figura 66. Comunicado SINAPROC.
Fuente: (Sinaproc Panamá Howard, 2020)



Figura 67. Reporte del SINAPROC.
Fuente: (Sinaproc Panamá Howard, 2020)



Figura 68. Reporte del SINAPROC.
Fuente: (Sinaproc Panamá Howard, 2020)



Figura 69. Reporte del SINAPROC.
Fuente: (Sinaproc Panamá Howard, 2020)



Figura 70. Reporte del SINAPROC.
Fuente: (Sinaproc Panamá Howard, 2020)



Figura 71. Reporte del SINAPROC.
Fuente: (Sinaproc Panamá Howard, 2020)



Figura 72. Reporte del SINAPROC.
Fuente: (Sinaproc Panamá Howard, 2020)



Figura 73. Reporte del SINAPROC.
Fuente: (Publicación de Sinaproc Panamá Howard, 2020)



Figura 74. Reporte del SINAPROC.
Fuente: (Sinaproc Panamá Howard, 2020)