

Atlas de Precipitación Mensual Acumulada durante 2020 y los efectos de la temporada huracanada activa en El Salvador

Ana María Sagastume Amaya¹, Luis Alberto García Guirola²

Resumen

Los productos de precipitaciones estimados por satélite y estaciones pluviométricas (CHIRPS), del Climate Hazards Group, elaborados en colaboración con USGS, NASA, NOAA y FEWS NET, son útiles para monitorear la acumulación de las precipitaciones y brindar una mejor gestión de riesgos en áreas susceptibles a deslizamientos de tierra, inundaciones y sequías. En este estudio, considerando la influencia de la temporada de huracanes del Atlántico y del Pacífico, se analizaron los datos estimados de precipitaciones a partir de imágenes satelitales para generar doce mapas de precipitaciones mensuales acumuladas para el año 2020 en El Salvador, usando el software estadístico R. En general, el mes de precipitación máxima acumulada fue junio, impactado por las Tormentas Tropicales Amanda y Cristóbal, alcanzando 900 mm de precipitación; seguido por octubre (800 mm), influenciado tanto por el huracán Gamma como por Delta; y septiembre (475 mm), relacionado con el huracán Nana. El mes de precipitación mínima acumulada fue enero (0-1 mm), seguido de febrero, marzo y diciembre. La región que recibió la mayor precipitación acumulada mensual fue Chalatenango, mientras que la menor fue Usulután.

Palabras clave:

Teledetección, CHIRPS, precipitación satelital, lluvia acumulada mensual, El Salvador, aplicaciones de R.

Abstract

ThisThe Climate Hazards Group's Estimated Precipitation Products from Satellite and Rainfall Stations (CHIRPS), developed in collaboration with USGS, NASA, NOAA and FEWS NET, are useful for monitoring precipitation accumulation and providing better risk management in areas susceptible to landslides, floods and droughts. In this study, considering the influence of the Atlantic and Pacific hurricane season, the estimated precipitation data from satellite images were analyzed to generate twelve accumulated monthly precipitation maps for the year 2020 in El Salvador using the statistical software R. In general, the month of maximum accumulated precipitation was June, impacted by Tropical Storms Amanda and Cristobal, reaching 900 mm of precipitation; followed by October (800 mm), influenced by both Hurricane Gamma and Delta; and September (475 mm), related to Hurricane Nana. The month of minimum accumulated precipitation was January (0-1 mm), followed by February, March and December. The region that received the highest monthly accumulated precipitation was Chalatenango, while the least was Usulután.

Keywords:

Remote sensing, CHIRPS, satellite precipitation, monthly accumulated rainfall, El Salvador, R applications.

¹ Estudiante 3er. Año Ingeniería en Gestión MAbiental.e-mail: : 201900460@ujmd.edu.sv

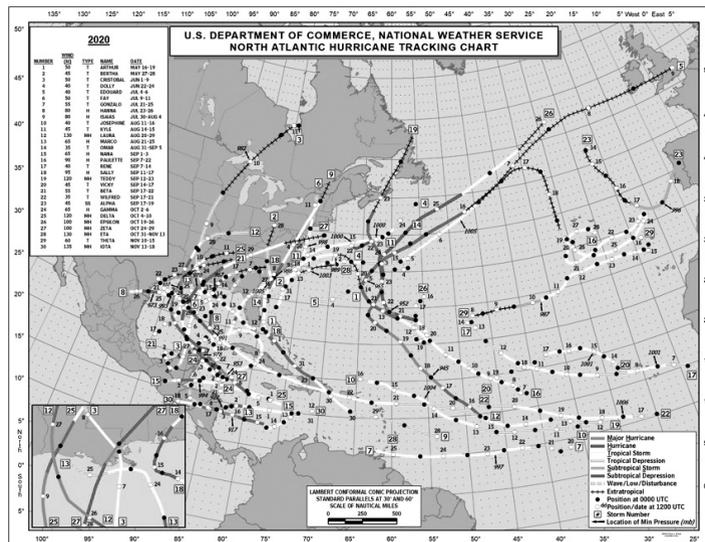
² Asesor Especialista. e-mail: lagarciag@ujmd.edu.sv

Introducción

La climatología de El Salvador cuenta con dos estaciones: lluviosa y seca, así como transición seca-lluviosa y lluviosa-seca. La temporada de lluvias en El Salvador usualmente inicia el 21 de mayo, finalizando el 16 de octubre, mientras que la temporada seca inicia el 14 de noviembre y finaliza el 19 de abril (Centro de Meteorología e Hidrología, 1993). Sin embargo, con más de 30 ciclones tropicales (Fig. 1), la temporada de huracanes del Atlántico influyó en el comportamiento climatológico de El Salvador, incrementando la lluvia acumulada mensual y demostrando las susceptibilidades a inundaciones y deslizamientos en el territorio. Según establece el MARN, (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2017), la susceptibilidad más alta a inundaciones y deslizamientos ocurre en la zona costera y cadena volcánica-mon-

tañosa del país. Por tanto, para prevenir los daños causados por eventos meteorológicos extremos, instituciones nacionales e internacionales, como la Red de Sistemas de Alerta Temprana Contra la Hambruna FEWS NET (Famine Early Warning Systems Network), proveen información, datos, mapas e informes analíticos. Al implementar la teledetección satelital, se mapearon y analizaron gráficamente datos de precipitaciones acumuladas mensuales del año 2020 en El Salvador, procesándolos con una base de datos en grilla de lluvia estimada por el satélite TRMM 3B42 de JAXA y NASA, compilada por CHIRPS FEWS NET, para transformar los datos en mapas de atlas climático mensual. El estudio verificó que la mayor precipitación acumulada registrada del año 2020 en El Salvador ocurrió en el mes de junio y las regiones más susceptibles a ella fueron las zonas central y oriental del país.

Fig. 1. Tabla de seguimiento de huracanes del Atlántico Norte



Materiales y Métodos

Debido a que se evalúan variables cuantitativas de precipitación en una región espacial durante un periodo de tiempo determinado, se optó por un enfoque cuantitativo. La muestra fue determinada por datos de precipitación utilizando el producto CHIRPS de FEWS NET. Se escogieron conjuntos de datos de precipitación en lluvia utilizando CHIRPS debido a que compila imágenes satelitales con alta resolución espacial ($0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$), así como cobertura temporal de largo plazo (desde 1981 a la actualidad) y por adecuarse a la ubicación del estudio. Además, en el presente estudio se utilizará el idioma de programación R para generar doce mapas de precipitación acumulada mensual. Esto es debido a que, a través de la redacción y manipulación de un código, la generación de mapas es sencilla, más rápida que en un software SIG y la visualización para análisis es más amena para el investigador. Se seleccionó el dominio espacial de la República de El Salvador, en UTM $13^{\circ}N$ - $15^{\circ}N$, $88^{\circ}O$ - $90^{\circ}O$, con una resolución de 0.05° por 0.05° , desde enero hasta diciembre de 2020, generando mapas de 720×350 píxeles. Primeramente, se cargaron todas las librerías utilizando un código en el Software Estadístico R. Se asignaron como variables el año y mes de interés. Se descargaron los datos mensuales CHIRPS en formato .tif para descomprimirlos posteriormente en la región de trabajo, el cual es un archivo .shp de los límites departamentales de El Salvador. Se recortó la ráster máscara CHIRPS en base al área de interés (shapefile de El Salvador). Finalmente, se guardó el archivo como imagen .jpeg, añá-

diendo detalles de altura, longitud, colores de la paleta, definición del sistema coordenado, fuente de datos y autor del mapa. Los mapas generados muestran isoyetas (líneas de igual precipitación) de lluvia, junto con una paleta de colores des verde a negro o escala de lluvia, indicando valores inferiores a superiores, respectivamente.

Resultados

Los meses que presentaron máximos acumulados de precipitaciones fueron junio con 900 mm de lluvia, seguido por octubre (800 mm) y septiembre (475 mm) (Fig. 2).

Fig. 2. Precipitación máxima acumulada mensual en El Salvador durante el año 2020 (en milímetros)

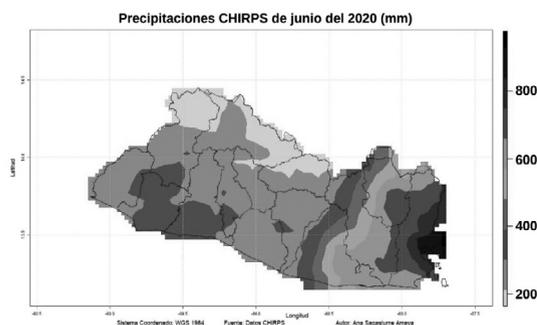


Fuente: Datos CHIRPS, elaboración propia.

Desde enero hasta marzo, se registraron los meses con lluvias mínimas por debajo de 2 mm. Los meses notables de la época lluviosa fueron junio, septiembre y octubre. Durante junio del 2020 (Fig. 3), el segundo mes de la estación lluviosa en El Salvador, usualmente se registran precipitaciones mensuales medias acumuladas de 240 mm de lluvia (MARN, 2012). Para el año 2020, se registraron lluvias máximas acumuladas en la frontera este con Honduras, de aprox.

900 mm en La Unión, específicamente en zonas aledañas a Pasaquina. Además, se registraron lluvias acumuladas superiores a los 600 mm en múltiples departamentos de la zona oriental del país, incluyendo Usulután, San Miguel, Morazán y La Unión. Los valores máximos de lluvia superaron el promedio climatológico debido a la presencia del temporal causado por la Tormenta Tropical Cristóbal, la cual se originó de los remanentes de Amanda en el Golfo de México. Por otra parte, se registraron lluvias mínimas acumuladas de la cadena montañosa norte, de aproximadamente 200 mm.

Fig. 2. Precipitación acumulada (en milímetros) durante junio 2020 en El Salvador

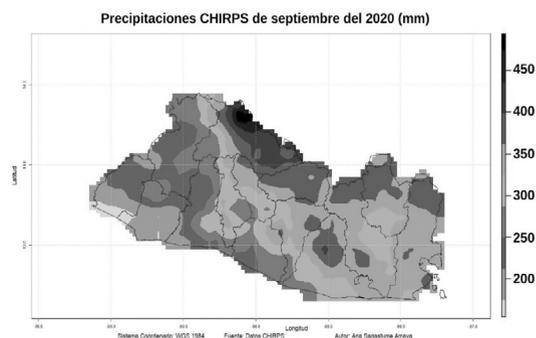


Fuente: Elaboración propia.

Durante septiembre del 2020 (Fig. 4), el quinto mes de la estación lluviosa en El Salvador, usualmente se registran precipitaciones mensuales medias acumuladas de 210 a 240 mm de lluvia debido a que se activa la Zona de Convergencia Intertropical y a la influencia de ondas tropicales (MARN, 2012). Para el año 2020, se registraron lluvias máximas acumuladas en la cadena montañosa norte, de aprox. 475 mm en Chalatenango, específicamente en zonas aledañas a

San Fernando y La Palma. Los valores máximos de lluvia durante este mes están asociados a la Tormenta Tropical Nana. Por otra parte, se registraron lluvias mínimas acumuladas en la zona costera de Ahuachapán y Sonsonate, específicamente en San Francisco Menéndez, Jujutla, Acajutla y Sonsonate, de aproximadamente 150 mm.

Fig. 4. Precipitación acumulada (en milímetros) durante septiembre 2020 en El Salvador

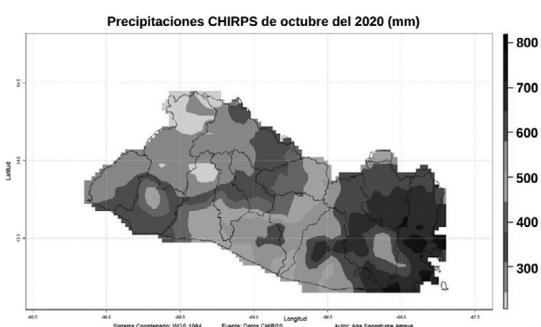


Fuente: Elaboración propia.

Durante octubre del 2020 (Fig. 5), el sexto y último mes de la estación lluviosa en El Salvador, usualmente se registran precipitaciones mensuales medias acumuladas de 120 a 180 mm, presentando una disminución promedio de aproximadamente 2 mm/día, (MARN, 2012). Para el año 2020, se registraron lluvias máximas acumuladas únicamente en La Unión, de aprox. 800 mm, específicamente en zonas aledañas a Pasaquina. Además, se registraron lluvias acumuladas superiores a los 750 mm en otros municipios de La Unión, incluyendo Intipuca, San Alejo, Conchagua y Santa Rosa de Lima, así como en Jocoro, Morazán. Los valores máximos de lluvia durante este mes están asociados al Huracán

Gamma, Delta y Zeta. Por otra parte, se registraron lluvias mínimas acumuladas en los departamentos de Santa Ana y La Libertad, específicamente en Coatepeque, San Juan Opico, La Libertad y San Pablo Tacachico, de aproximadamente 250 mm.

Fig. 5. Precipitación acumulada (en milímetros) durante octubre 2020 en El Salvador

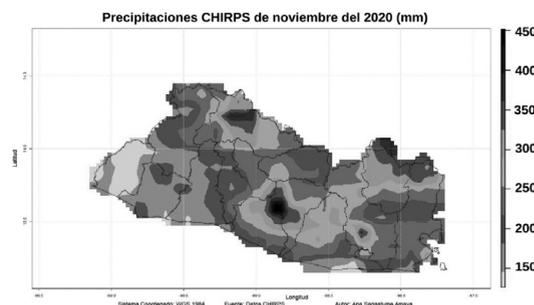


Fuente: Elaboración propia.

Durante noviembre del 2020 (Fig. 6), el primer mes de la estación seca en El Salvador y el único mes de transición lluviosa a seca, usualmente, durante los primeros quince días, las lluvias son débiles a moderadas y predominan en la zona oriental del país, con mensuales medias acumuladas de 60 a 120 mm (MARN, 2012). Para el año 2020, se registraron lluvias máximas acumuladas en la cordillera volcánica central, de aproximadamente 450 mm entre La Paz y San Vicente, específicamente en zonas aledañas a Zacatecoluca y Tecoluca, respectivamente. Además, se registraron lluvias acumuladas superiores a los 350 mm en múltiples departamentos, incluyendo Chalatenango, La Paz, San Vicente, San Miguel, Morazán y La Unión. Los valores máximos de lluvia durante este mes son asociados a los Hura-

canes ETA y IOTA que se movieron sobre Honduras, al norte de El Salvador. Por otra parte, se registraron lluvias mínimas acumuladas en puntos de la zona costera del país, principalmente en Ahuachapán, como San Francisco Menéndez, Concepción de Ataco, Guaymango, Tacuba y Ahuachapán; así como también en Usulután, Teotepeque y Chiltiupan en La Libertad, de aproximadamente 150 mm.

Fig. 6. Precipitación acumulada (en milímetros) durante noviembre 2020 en El Salvador



Fuente: Elaboración propia.

Discusión

La temporada de huracanes del Atlántico y del Pacífico del año 2020 ocasionó estragos, tanto económicos, como sociales y ambientales en la región centroamericana. Los eventos que impactaron más intensamente a El Salvador fueron la Tormenta tropical Amanda, Tormenta tropical Cristóbal, Tormenta tropical ETA y Huracán IOTA. Respecto a la tormenta tropical Amanda, que ocurrió el 30 y 31 de mayo del 2020, debido a sus fechas, su influencia aún se vio reflejada en el mes de junio, el mes con mayores precipitaciones acumuladas (900 mm) de dicho año. Esta situación fue po-

tenciada por la Tormenta tropical Cristóbal, que ocurrió del 1 al 9 de junio de 2020. Los departamentos mayormente afectados fueron San Salvador, San Miguel y La Libertad, ya que más de 73,400 personas fueron perjudicadas (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2020) por deslaves e inundaciones. Es importante recordar que precisamente, (MARN, 2017) señaló que la región volcánica central del país, que incluye San Salvador, San Miguel y La Libertad, es susceptible a deslizamientos debido a la acumulación de humedad en el suelo.

A finales del año 2020, la tormenta tropical ETA afectó grandemente a Nicaragua, Honduras y El Salvador. Ocurrió desde el 31 de octubre hasta el 13 de noviembre, influenciando así las precipitaciones acumuladas de dichos meses (800 mm y 450 mm, respectivamente). Los departamentos mayormente afectados fueron San Salvador, La Libertad y La Unión, ya que más de 1060 personas fueron damnificadas (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2020) por deslaves e inundaciones. Esta situación también fue potenciada por el Huracán IOTA, que ocurrió desde el 13 al 18 de noviembre, donde más de 300 personas de San Salvador, La Libertad, Santa Ana, San Vicente, Morazán y La Unión fueron albergadas (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2020). (MARN, 2017) señaló que principalmente La Libertad, San Vicente y La Unión son muy susceptibles a inundaciones.

Conclusiones

El año 2020 inició con condiciones neutrales, pero con temperaturas frías del agua del mar. Desde que inició el trimestre ju-

nio-agosto se sintió el impacto de fenómeno climático La Niña. Asimismo, en dicho año, se registró la mayor temporada de huracanes del Atlántico, con hasta 30 eventos meteorológicos, de los cuales 13 fueron extremos y 6 muy extremos, aun superando a la temporada de 2005. Es importante recordar que los eventos meteorológicos extremos, potenciados por el cambio climático global, causan estragos en el territorio salvadoreño. Así como con huracán Stan, huracán Ida, tormenta tropical Agatha y depresión tropical 12E, la temporada de huracanes del 2020, específicamente las tormentas tropicales Amanda, Cristóbal y ETA y el huracán IOTA, quedará registrada en la historia como la causante de pérdidas económicas millonarias e incontables vidas humanas, así como daños a propiedades e infraestructura en toda la región. Sin embargo, ante ello, una herramienta muy valiosa para el monitoreo y la toma de decisiones son los datos e imágenes satelitales que, tras su análisis, pueden brindar información valiosa, relevante y rápida a las instituciones. CHIRPS de FEWS NET compila datos satelitales de lluvia del satélite 3B42 de la Misión de Medición de Lluvias Tropicales (TRMM). Dicha herramienta fue utilizada en esta investigación tras un procesamiento en programación con el software estadístico R.

El suelo salvadoreño, al estar expuesto a eventos meteorológicos extremos e intensos, es vulnerable a acumular un alto nivel de humedad, ocasionando así deslaves e inundaciones en las zonas más susceptibles del país. El investigador concluye que, durante el año 2020, el mes que registró mayor precipitación acumulada fue junio, alcanzando 900 mm de lluvia y afectando prin-

principalmente a la zona central y oriental de El Salvador. Este incremento fue debido a la presencia del temporal causado por las tormentas tropicales Amanda y Cristóbal.

Debido a que se debe trabajar con la finalidad de contribuir al bienestar de la población, la investigadora recomienda formar alianzas con instituciones gubernamentales nacionales, internacionales y regionales, para desarrollar planes de alerta temprana a las comunidades más susceptibles a inundaciones y deslaves. Se indica que, para que la población tenga una mayor comprensión de los riesgos, se debe desarrollar una caracterización actualizada de la climatología de El Salvador, redactada con lenguaje sencillo, interactivo y disponible para quienes la soliciten. Asimismo, en cuanto al monitoreo de eventos meteorológicos extremos, la investigadora recomienda realizar estudios para la automatización de alertas en tiempo real. Se recomienda a las instituciones gubernamentales facilitar los procesos para el acceso a la información, indicando los medios oficiales de solicitud, con datos actualizados y pertinentes. Es importante actualizar informes del sitio web de la Dirección del Observatorio Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente. Además, la investigadora enfatiza que, para disminuir las pérdidas humanas, económicas y ambientales, el apoyo e involucramiento en la difusión es necesario para dar a conocer a la población sobre las zonas de mayor susceptibilidad. Para los habitantes de El Salvador y la región centroamericana, la investigadora insta a obedecer y atender el llamado que las instituciones gubernamentales realizan ante eventos meteorológicos extremos, principalmente cuando se encuentran en zonas susceptibles a deslizam-

ientos e inundaciones. De igual manera, familiares, amigos, iglesias y organizaciones civiles deben generar conciencia para desarrollar planes de emergencia en los hogares ante inundaciones y deslaves. Finalmente, se recomienda a la población informarse e informar a las autoridades pertinentes por medio de los canales oficiales sobre afectaciones en su comunidad ante eventos extremos.

Referencias

CENTRO DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. 1993. Almanaque Salvadoreño. San Salvador, Dirección General de Recursos Naturales del Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. 4 p.

MARN. 2017. Informe Nacional de Riesgos y Vulnerabilidades. San Salvador, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. 60-71 p.

MARN. 2012. Caracterización de condiciones meteorológicas. San Salvador, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <http://rcc.marn.gob.sv/handle/123456789/228>

NHC: 2020 ATLANTIC HURRICANE SEASON [INTERNET]. 2020. 2020 North Atlantic Hurricane Season Track Map. Disponible en: <https://www.nhc.noaa.gov/data/tracks/tracks-at-2020.png>

UN OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS. 2020. El Salvador - Panorama de Impacto: Tormenta tropical Amanda y tormenta tropical Cristóbal. San Salvador: OCHA.

UN OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS. 2020. El Salvador: Emergencia Huracán IOTA - Informe de Situación No. 01. San Salvador: OCHA.

UN OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS. 2020. El Salvador: Emergencia Tormenta Tropical ETA - Informe de situación No. 01. San Salvador: OCHA.