



Nº 197 mayo de 2024

avances

Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma ISSN 0123-8353



CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO

Análisis del comportamiento de la intensidad de la lluvia en subzonas palmeras de Colombia durante el periodo 2018-2022

Greydy Selene Ladino, Auxiliar de investigación Zona Norte;
Nolver Atanacio Arias Arias, Coordinador del programa de Agronomía.

Introducción

Notas del Director

El agua es fundamental en el desarrollo del cultivo de palma de aceite puesto que interviene en los procesos fisiológicos, la nutrición de la planta, en el comportamiento de las plagas y enfermedades, así como de los polinizadores e insectos benéficos, la formación de aceite en los frutos, y en últimas, la productividad.

Los procesos de cambio y variabilidad climática actuales ponen en riesgo la disponibilidad del agua para el cultivo, y es importante resaltar que la palma de aceite no es ajena a este impacto. En consecuencia, escenarios como el incremento de la temperatura, variaciones en los patrones de lluvia, especialmente la intensidad, y aumentos en el nivel del mar pueden llegar a afectar significativamente el potencial productivo y el estado fitosanitario de las zonas palmeras. Esto repercute en los costos de producción, ya que el cultivo puede presentar mayor estrés, tanto por déficit como por excesos de humedad, mayor susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, y baja polinización.

Aunque son variados los factores a estudiar, la intensidad de la lluvia genera una gran preocupación en el sector debido a que su incremento puede llegar a ocasionar erosión, pérdida de nutrientes, reducción de la precipitación efectiva y con ello la disminución del agua aprovechable para el cultivo. En ese orden de ideas, en este documento se presenta una descripción detallada del comportamiento de esta variable en diferentes subzonas palmeras durante los últimos 5 años, y refleja la necesidad de continuar con su seguimiento a través del tiempo.

Alexandre Patrick Cooman, PhD.
Director General Cenipalma

La precipitación es una de las variables meteorológicas de mayor interés en áreas tropicales como Colombia, debido a que puede ser considerada como la mayor fuente del agua utilizada en el sector agrícola para el desarrollo de los cultivos (Canchala *et al.*, 2022). Parámetros como la distribución, duración, frecuencia, intensidad, contribución de las lluvias torrenciales, etc., son cada vez más estudiados en torno al análisis del cambio climático principalmente con el fin de evaluar su efecto sobre la disponibilidad de agua y los eventos extremos (Acevedo & Poveda, 2011); sin embargo, estos parámetros también pueden y deben ser analizados en la agricultura para determinar su impacto sobre la humedad del suelo (Hernández-Guzmán *et al.*, 2021), la escorrentía, la erosión y, por tanto, la productividad de los cultivos.

Como lo indica el IDEAM, en Colombia, la distribución de la precipitación responde a dos tipos de régimen: monomodal y bimodal. El primero se caracteriza por presentar una temporada seca y una lluviosa durante todo el año, mientras que, en el régimen bimodal se registran dos temporadas secas alternadas con dos lluviosas (Guzman *et al.*, 2014).

Actualmente, en Colombia se tienen cuatro zonas palmeras que reúnen la mayor proporción de palmicultores y en donde se encuentra la mayor cantidad de área sembrada de este cultivo: Norte, Central, Oriental y Suroccidental. Cada zona está dividida en subzonas palmeras para un total de 25 a nivel nacional, de las cuales para el presente trabajo fueron estudiadas siete: Zona Bananera y Aracataca en la Zona Norte; Barranca-Yarima y Sur del Cesar en la Zona Central; Paratebueno-Cabuyaro y Acacías-San Carlos de Guaroa en la Zona Oriental

y la subzona de Tumaco en la Zona Suroccidental. De acuerdo con lo anterior se concluye que:

- La Norte se caracteriza por un régimen bimodal en los departamentos de Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, La Guajira, y monomodal hacia el departamento de Córdoba, norte de Bolívar y la subregión de Urabá (Guzman *et al.*, 2014), presentando los picos más lluviosos del año en los meses de mayo-junio y septiembre-octubre, y dos temporadas secas que se extienden desde diciembre-abril y julio-septiembre, para un total de hasta ocho meses deficitarios si se consideran los requerimientos hídricos del cultivo (Figura 1).
- La Central se caracteriza por un régimen bimodal en los departamentos de Santander, Norte de Santander, Sur del Cesar y sur de Bolívar (Guzman *et al.*, 2014). Por lo anterior, como se observa en la Figura 1, para las subzonas 3 y 4 las dos temporadas lluviosas se presentan entre marzo-junio y septiembre-noviembre y las dos temporadas de menores precipitaciones entre diciembre-febrero y julio-agosto.
- La Oriental se caracteriza por un régimen monomodal en los departamentos de Meta, Cundinamarca, Casanare y Caquetá (Guzman *et al.*, 2014). Las mayores precipitaciones se presentan entre abril-noviembre y la temporada más seca empieza en diciembre hasta marzo (subzonas 5 y 6).

- Por último, la Suroccidental (subzona 7 Tumaco) se caracteriza por un régimen monomodal en el departamento de Nariño presentando las mayores lluvias entre diciembre-mayo y la temporada más seca, de junio a noviembre.

En cuanto a la intensidad de las precipitaciones, de acuerdo con Blenkinsop *et al.* (2021), el cambio climático seguirá provocando un aumento en este parámetro derivando, en muchos casos, en graves inundaciones. El incremento de la intensidad traerá como consecuencia la disminución del agua aprovechable por los cultivos debido al incremento de la escorrentía y la erosión. Además, se prevén impactos negativos asociados con la pérdida de nutrientes y la disminución de la eficiencia de la fertilización. Por lo anterior, en este documento se presentan los resultados de un estudio que tuvo como objetivo describir los eventos de precipitación para los años 2018 a 2022, mediante el análisis de la intensidad y frecuencia de la lluvia para las cuatro zonas palmeras de Colombia.

Metodología

Para este estudio fueron ejecutadas tres fases: en la primera se realizó captura de los registros de las estaciones meteorológicas, en la segunda se procesaron los datos y en la última, se analizó la información en función de la intensidad y frecuencia de las lluvias.

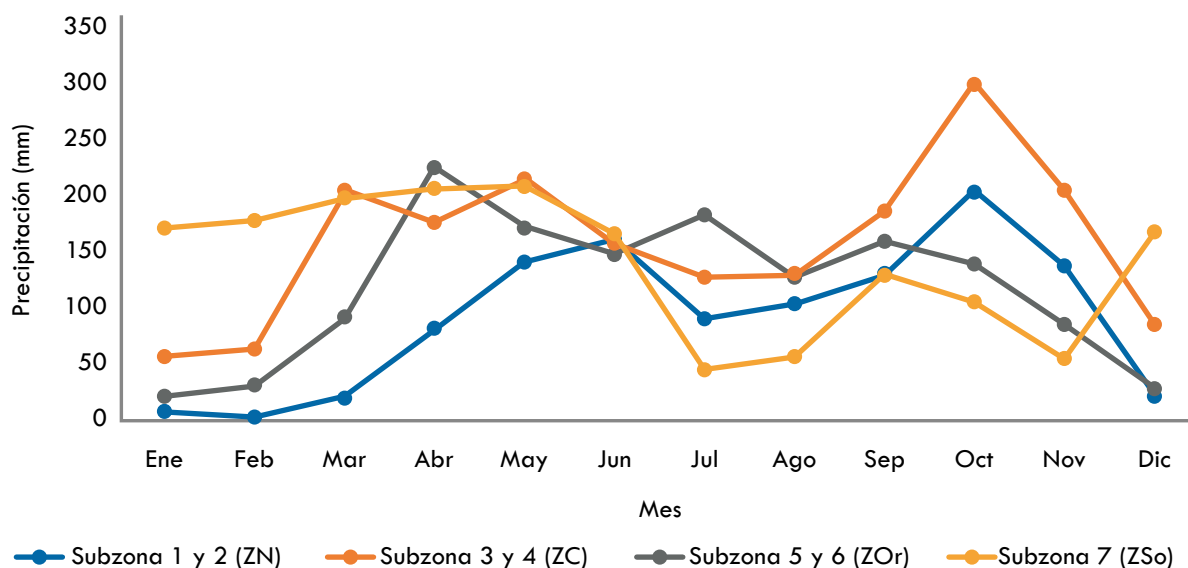


Figura 1. Precipitación mensual promedio para las diferentes subzonas palmeras en los últimos 5 años. Subzonas: 1) Zona Bananera, 2) Aracataca, 3) Barranca-Yarima, 4) Sur del Cesar, 5) Paratebueno-Cabuyaro, 6) San Carlos de Guaroa y 7) Tumaco.

Fase 1: Captura de los datos

Para el estudio, se consultaron y descargaron los datos de las estaciones meteorológicas de la Plataforma Web Agroclimática de Cenipalma (base de datos XMAC), ubicando aquellas que estuvieran activas en un radio máximo de 100 km de los campos experimentales de Cenipalma, con el fin de trabajar condiciones climáticas similares y procurando evitar diferencias de altitud superior a los 150 m s. n. m. (Figura 2).

Una vez ubicados los puntos de interés, fueron identificadas 40 estaciones meteorológicas, seleccionando 12 que contenían el mayor número de datos presentes y confiables durante el quinquenio de interés (2018 al 2022), es decir, descartando aquellas que no estuvieran activas, tuvieran más del 40 % de datos faltantes o presentaran operación intermitente.

Fase 2: Procesamiento de la información

Para los datos de las estaciones meteorológicas se organizaron los consolidados históricos, a fin de determinar la cantidad de precipitación ocurrida en las 43.824 horas del quinquenio. En la Tabla 1 se presenta la proporción de datos existentes al inicio para cada estación seleccionada y la proporción final obtenida (consolidado) posterior al llenado de datos faltantes, logrando un valor superior al 90 % para cada zona palmera.

Para lograr la información consolidada de la zona se realizó un llenado de los datos a partir de las estaciones vecinas seleccionadas, partiendo inicialmente de la estación meteorológica más completa e identificando los periodos faltantes (horas) para, posteriormente, rellenar la serie de datos con valores promedios de las estaciones cercanas ya mencionadas.

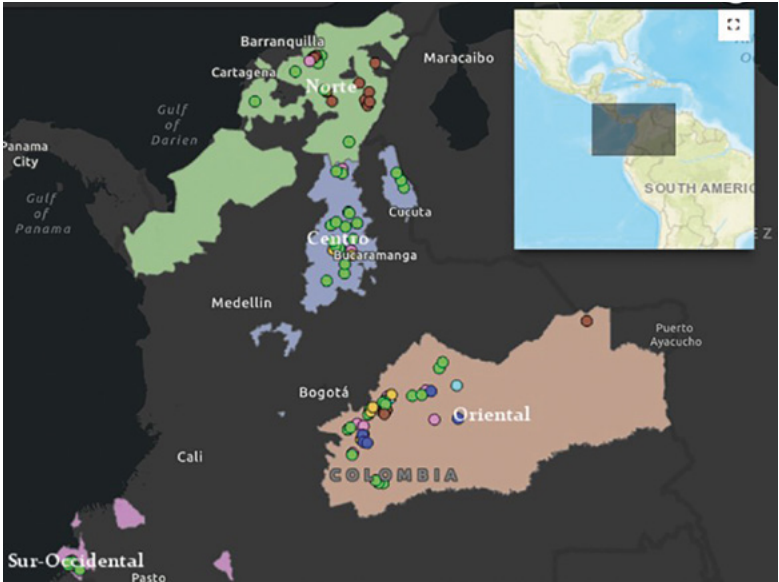


Figura 2. Estaciones meteorológicas de las zonas palmeras. Fuente: XMAC

Tabla 1. Porcentaje de datos obtenidos a partir del análisis y procesamiento de la información para las 12 estaciones meteorológicas seleccionadas.

	Zona Norte	Zona Central	Zona Oriental	Zona Suroccidental
EM 1	90 %	51 %	66 %	77 %
EM 2	91 %	83 %	82 %	55 %
EM 3		74 %	89 %	64 %
EM 4		85 %		
Consolidado	96 %	98 %	99 %	91 %
Número de datos totales	42.071	42.948	43.386	39.880

Fase 3: Análisis de la información

Una vez completados y consolidados los datos, se categorizaron las intensidades de lluvia bajo la clasificación de la Agencia Estatal de Meteorología de España (Aemet), como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de la lluvia según la intensidad media en una hora. Agencia Estatal de Meteorología. Fuente: (Aemet, 2023).

Intensidad	Acumulación en 1 hora
Débil	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

Posteriormente, se realizaron las gráficas de frecuencia-intensidad de lluvia para cada zona palmera entre los años 2018 y 2022.

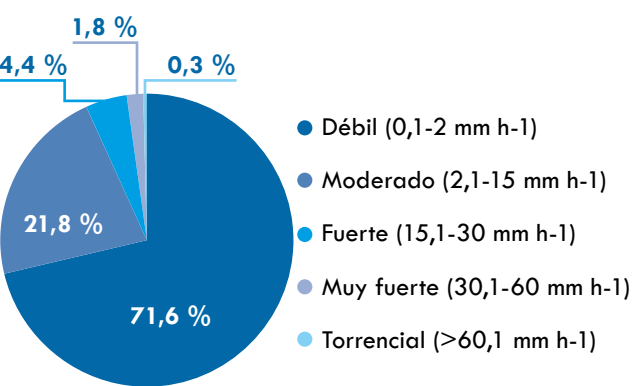
Resultados

Es importante resaltar que el análisis de la información de la Zona Norte comprende las subzonas 1 y 2; la Zona Central, las subzonas 3 y 4; la Zona Oriental, las subzonas 5 y 6; y la Zona Suroccidental, la subzona 7.

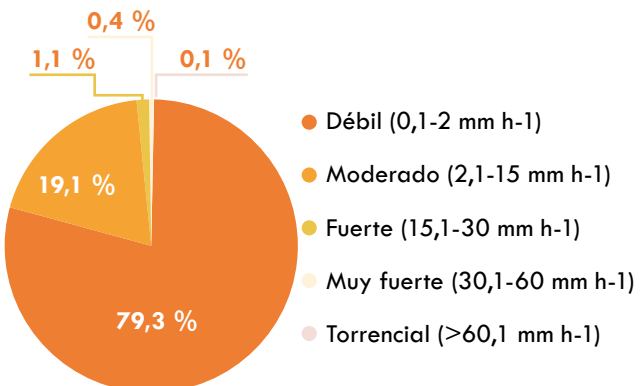
De acuerdo con lo anterior, durante los últimos 5 años (2018 al 2022) la intensidad de la precipitación en las cuatro zonas palmeras ha presentado un comportamiento diferenciado. De manera general, se observa que la zona con mayor cantidad de lluvias durante el año es la Suroccidental, seguida de la Central, Oriental y por último, la Norte con una reducción para esta última de hasta 49 %, 39 % y 36 % para cada zona respectivamente (Figura 2).

Individualmente, el mayor porcentaje de lluvias débiles por año ocurre en la Zona Central alcanzando hasta un 79 %, en cuanto a aquellas con una intensidad modera-

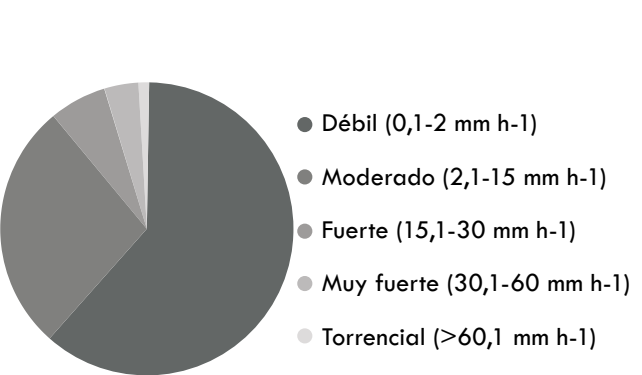
Zona Norte, eventos anuales: 456



Zona Central, eventos anuales: 747



Zona Oriental, eventos anuales: 718



Zona Suroccidental, eventos anuales: 930

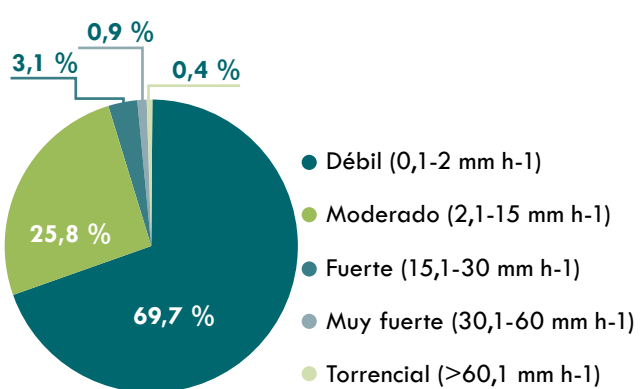


Figura 3. Distribución anual de la intensidad de precipitación para las 4 zonas palmeras entre 2018 y 2022.

da para todas las zonas fluctúan entre 19 y 22 % de los eventos anuales, las precipitaciones fuertes y muy fuertes (entre 15,1 y 60 mm/h) ocurren en la Zona Oriental alcanzando un 5 % y 3 % respectivamente; finalmente, las lluvias torrenciales o superiores a 60 mm/h no superan el 1 % en ninguna de las zonas.

En contraste, como se observa en la Figura 4, el número de horas anuales en las que ha ocurrido un evento de precipitación durante los últimos 5 años para la Zona Norte se encuentra entre 330 y 570, seguido de la Central que varía entre 670 y 830 horas anuales, la Oriental que ha variado entre 533 y 858 horas anuales y por último, la Suroccidental con valores entre 761 y 1.168 horas anuales. En todas las zonas y de manera general, para el quinquenio se puede resaltar el año 2022 como el más lluvioso superando el número de eventos promedio, situación que concuerda con el Fenómeno de la Niña ocurrido a nivel país.

Por otra parte, dichos eventos han ocurrido en promedio durante el 39 % de los días del año en la Zona Nor-

te, de manera similar el 55 % de los días en la Central y Oriental y finalmente, el 61 % en la Suroccidental, como se observa en la Figura 5. Se destaca que esta última zona, a pesar de presentar una mayor cantidad de eventos anuales, difiere solo un 6 % con respecto a la Central y la Oriental en número de días con lluvia lo cual permite inferir que, a pesar de ser conocida como una zona más lluviosa, las precipitaciones no se extienden por más días, sino que presentan una mayor duración dentro del día.

En el sector agrícola, al realizar el análisis del comportamiento de la precipitación es importante establecer la relación existente entre esta variable y las propiedades del suelo para determinar si dichos eventos repercuten positiva o negativamente sobre el cultivo de la palma de aceite. Asociado a esto, las propiedades físicas que más influyen sobre la dinámica o el movimiento del agua en el suelo cuando ocurre un evento de lluvia son la textura, densidad aparente, porosidad, humedad del suelo, retención e infiltración. Estas características varían espacialmente en todas las zonas palmeras.

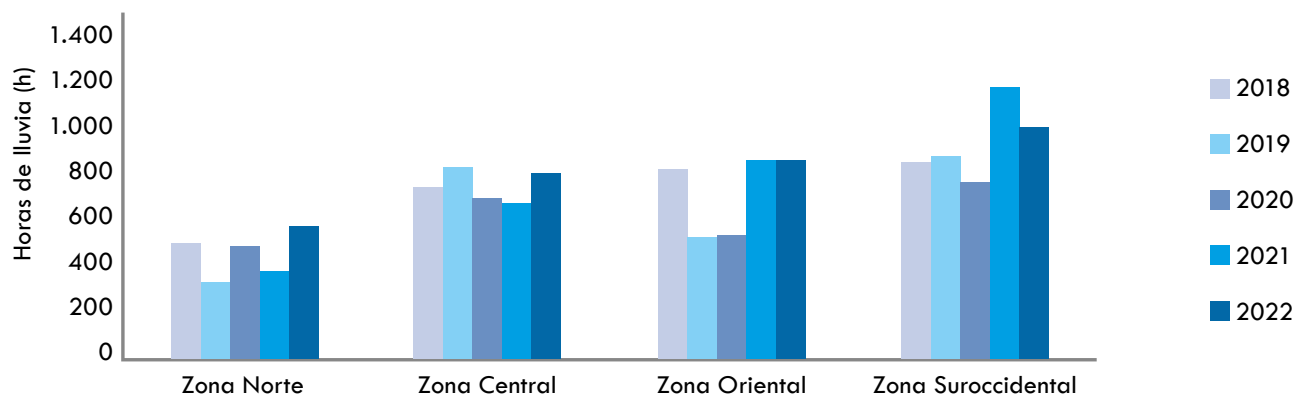


Figura 4. Número de eventos de lluvia anuales para cada zona palmera entre el 2018 y 2022.

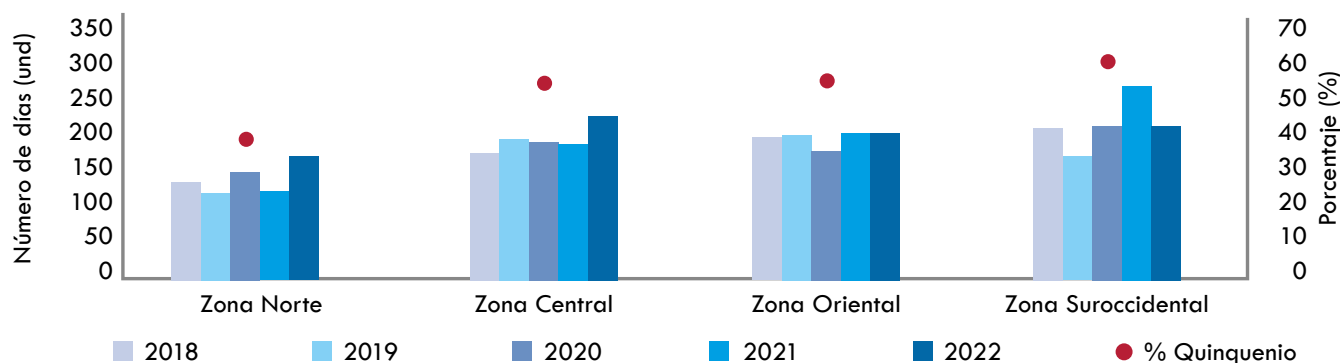


Figura 5. Número y porcentaje de días con lluvia para cada zona palmera entre 2018 y 2022.

La problemática asociada con el incremento del número de eventos de lluvias con intensidades fuertes a torrenciales radica en que, durante una hora se produce una lámina superior a los 15 mm/h equivalente a un volumen de 150 m³/ha, valor que sostenido durante más tiempo puede ocasionar inundaciones, desbordamiento de ríos y exceso de humedad debido a que se supera la tasa de infiltración del suelo dando lugar a fenómenos de escorrentía superficial (Shaxson & Barber, 2005), que derivan en problemas de anegamiento dentro de los cultivos o desperdicios de agua (reduciendo la precipitación efectiva). En contraste, dichas condiciones en el suelo favorecen la incidencia de patógenos como, por ejemplo, *Phytophthora* spp y *Fusarium* spp en cultivos como aguacate, papaya, piña, uchuva y banano (Ronquillo-Narváez et al., 2013), que en el cultivo de palma de aceite han sido también relacionados con la pudrición del cogollo (PC) (Martínez et al., 2010).

De acuerdo con la USDA (2006), en suelos normales con texturas arenosas la infiltración básica puede ser superior a los 20,3 mm/h, en suelos limosos puede estar entre 10,2- 20,3 mm/h, en suelos francos entre 5,1-

10,2 mm/h, en suelos arcillosos entre 1,0-5,1 mm/h y finalmente, en suelos arcillosos sódicos < 0,10 mm/h. Por lo anterior, y teniendo en cuenta la clasificación de la intensidad de la lluvia, solo podrían asumirse como posibles de ser infiltradas en el suelo aquellas que no superan los 30 mm/h (lluvias fuertes).

En este orden de ideas, de acuerdo con los histogramas de frecuencias de eventos de lluvia, en todas las zonas, la intensidad presenta un sesgo positivo, es decir, la mayor cantidad de eventos son débiles a moderados. Individualmente, se observa que en los últimos 5 años:

Para la Zona Norte se presenta en promedio anual un total de 326 lluvias débiles, 100 moderadas, 20 fuertes, 8 muy fuertes y 1,4 torrenciales, es decir, el 98 % de las lluvias anuales tiene una intensidad inferior a los 30 mm/h (Figura 6).

Para la Zona Central se presenta en promedio anual un total de 462 lluvias débiles, 204 moderadas, 46 fuertes, 28 muy fuertes y 6,8 torrenciales, dando lugar a un 95 % de las lluvias anuales que presentan una intensidad inferior a los 30 mm/h (Figura 7).

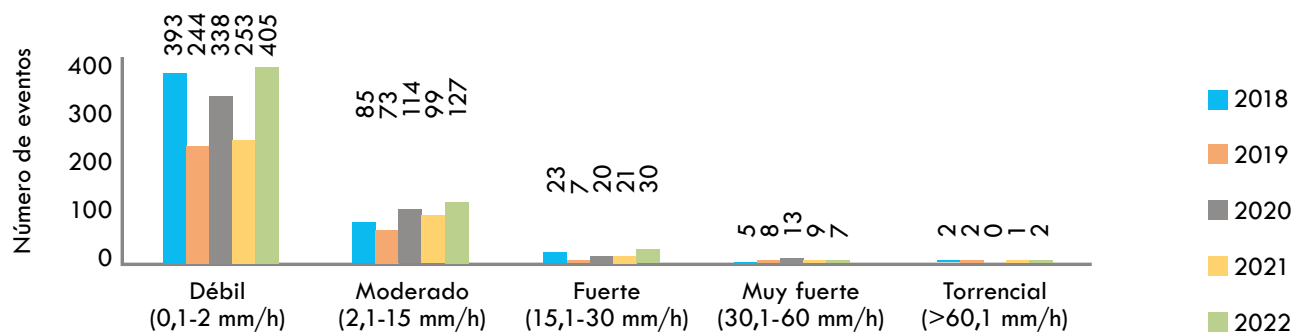


Figura 6. Frecuencia de eventos de lluvia entre los años 2018 y 2022 para la Zona Norte.

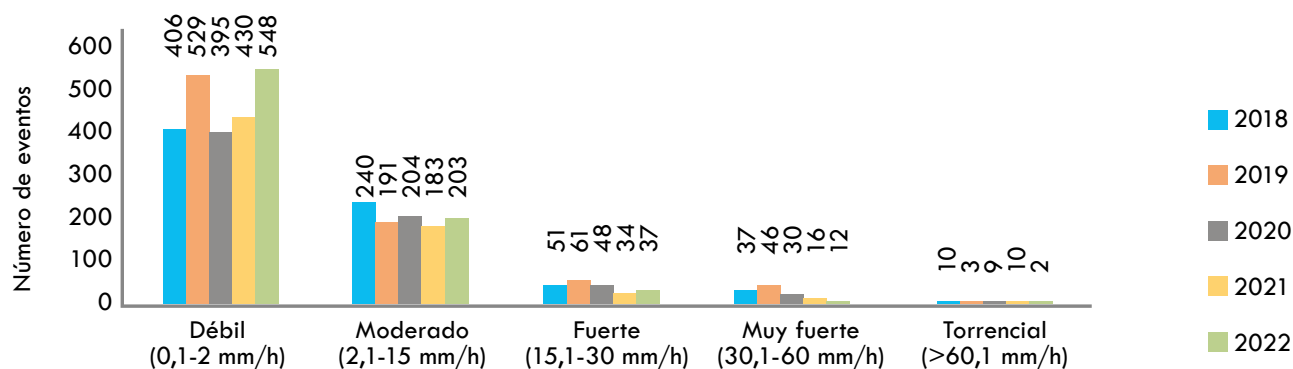


Figura 7. Frecuencia de eventos de lluvia entre los años 2018 y 2022 para la Zona Central.

Para la Zona Oriental, por su parte, se observa en promedio anual un total de 500 lluvias débiles, 185 moderadas, 23 fuertes, 7 muy fuertes y 2,8 torrenciales, es decir, el 99 % de las lluvias anuales presenta una intensidad inferior a los 30 mm/h (Figura 8).

Para la Zona Suroccidental se presentaron en promedio anual 738 lluvias débiles, 178 moderadas, 10 fuertes, 3 muy fuertes y 0,8 torrenciales, es decir, el 99,5 % de las lluvias anuales presentan una intensidad inferior a los 30 mm/h (Figura 9).

Conclusiones

La Zona Norte, además de tener la menor precipitación anual y una distribución dentro del año que da lugar a 8 meses de déficit para el cultivo, también presenta: menor cantidad de eventos que se reducen hasta en un 50 % comparada con las otras zonas; menor número de horas de lluvia que ocurren en el 39 % de días del año, pero solo 2 % de los eventos anuales supera los 30 mm/h.

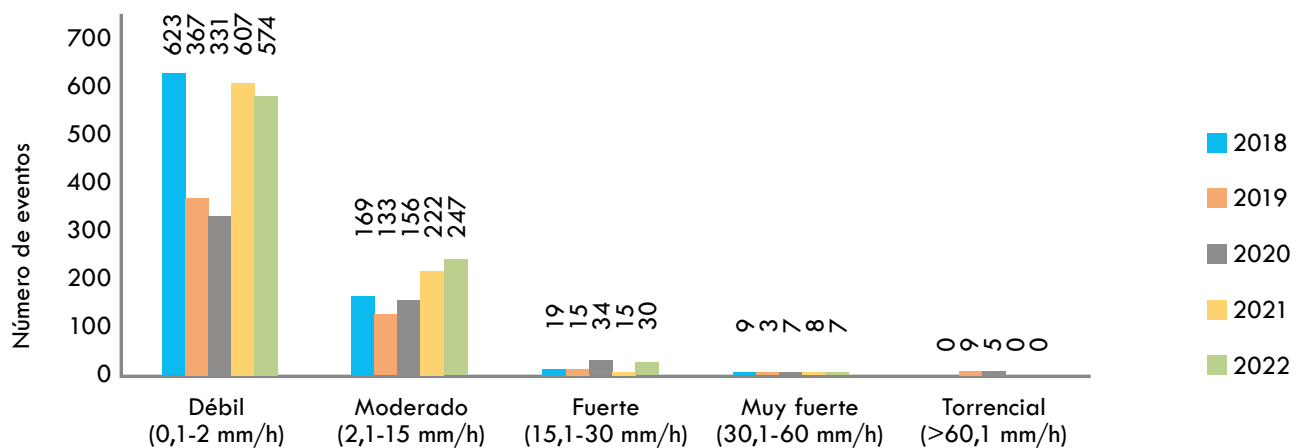


Figura 8. Frecuencia de eventos de lluvia entre los años 2018 y 2022 para la Zona Oriental.

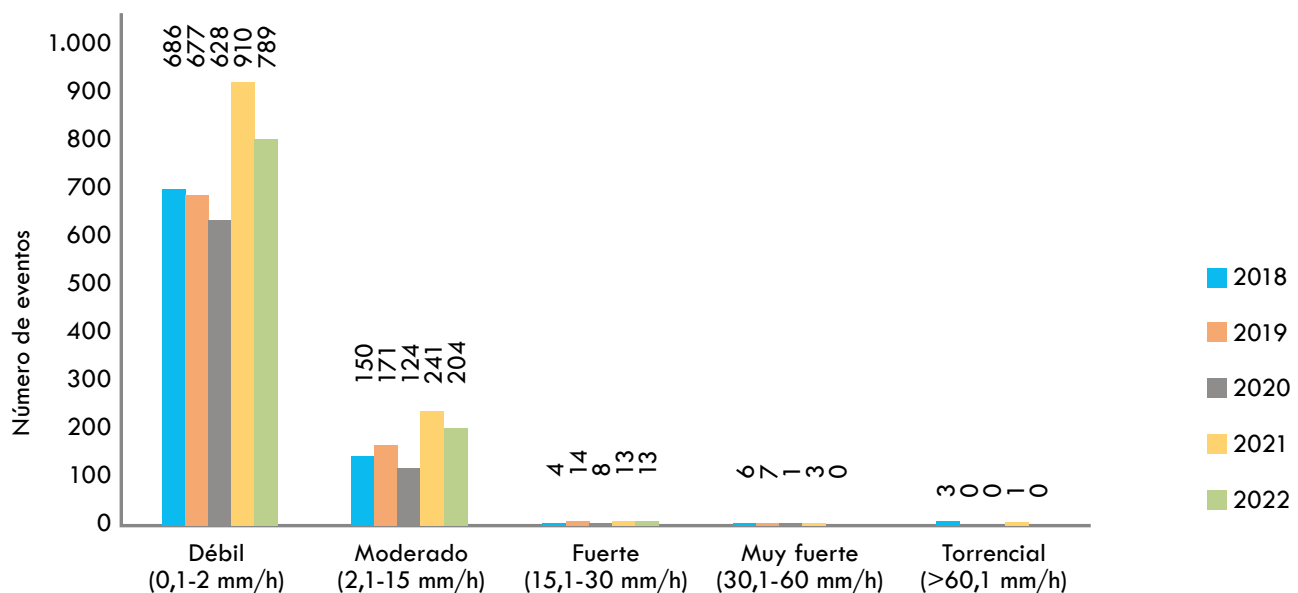


Figura 9. Frecuencia de eventos de lluvia entre los años 2018 y 2022 para la Zona Suroccidental.

En las zonas Central y Oriental, a pesar de presentarse precipitaciones anuales y distribución diferenciada, en promedio el número de eventos al año, y el número de horas y días de lluvia es similar. Por su parte, la Zona Central presenta el mayor porcentaje de eventos anuales (hasta 5 %) considerados muy fuertes a torrenciales.

La Zona Suroccidental, además de ser considerada una de las más lluviosas, presenta: mayor número de eventos anuales, mayor número de horas lluvia, pero solo un 6 % más de días de lluvia comparada con las zonas Central y Oriental, lo cual permite inferir que en esta zona las precipitaciones tienen una mayor duración dentro del día.

Para concluir, con base en la información utilizada, los resultados obtenidos con el análisis para los últimos 5 años permitieron observar un mayor incremento de los eventos de lluvia con intensidades débiles a moderadas; por el contrario, las fuertes a torrenciales en la mayoría de los casos no presentan una variación considerable, pero se sugiere, debido a la importancia para el correcto desarrollo del cultivo de palma de aceite, realizar un seguimiento de esta variable con el tiempo a fin de ejecutar las medidas preventivas y correctivas necesarias.

Agradecimientos

Al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por la financiación de esta investigación. Al área de Geomática de Cenipalma por la consolidación del banco de datos meteorológicos que hace posible la consulta y descarga de datos históricos. A las diferentes plantaciones adscritas a XMAC que hacen parte de la red de estaciones meteorológicas del sector palmero y posibilitan el seguimiento de las condiciones climáticas en las áreas de cultivo de palma de aceite.

Bibliografía

Acevedo, L., & Poveda, G. (2011). Construcción y análisis de curvas intensidad-frecuencia-duración (idf), bajo escenarios de cambio climático en Colombia. *Revista Colombia Amazónica*, 1(3), 11-30. <http://www.sinchi.org.co/index.php/revista-colombia-amazonica-servicios-1606>

Aemet. (2023). *Manual de uso de términos meteorológicos* (M. para la T. E. y el R. D. A. E. de Meteorología (ed.); 1st ed.). Aemet.

Blenkinsop, S., Muniz, L., & Smith, A. J. P. (2021). Climate change increases extreme rainfall and the chance of floods. *Science Brief Review*, 2021(June), 1–5.

Canchala, T., Ocampo-Marulanda, C., Alfonso-Morales, W., Carvajal-Escobar, Y., Cerón, W. L., & Caicedo-Bravo, E. (2022). Techniques for monthly rainfall regionalization in southwestern Colombia. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 94(4), e20201000. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220201000>

Guzman, D., Ruíz, J., & Cadena, M. (2014). Regionalización de Colombia según estacionalidad de la precipitación media mensual a través de análisis de componentes principales (ACP). *IDEAM*, 1, 1–55.

Hernández-Guzmán, F. J., Cleves-Leguizamo, J.-A., & Díaz-Almanza, E. D. (2021). Characterization of soil moisture dynamics in Colombian agricultural areas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 15(3), 0–1. <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i3.12840>

Martínez L., G., Sarria, G. A., & Varón, F. (2010). *Phytophthora palmivora* es el agente causal de la pudrición del cogollo de la palma de aceite. *Palmas*, 31(especial,), 334–344. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1538>

USDA. (2006). Surface Irrigation. In *Irrigation National Engineering Handbook* (1st ed., Issue April).

Esta publicación es propiedad del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar la presente publicación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

Director general: Alexandre Patrick Cooman, Ph.D.
Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma
Coordinación editorial: Yolanda Moreno Muñoz
Diagramación: Ximena Díaz Ortiz

Esta publicación contó con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.