

# TÓPICOS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS

Ministerio de Ambiente y Energía - Instituto Meteorológico Nacional

Número **1**  
ISSN 2953-738X



Instituto Meteorológico Nacional  
Fundado en 1888

ISSN 2953-738X

Volumen 22

Diciembre 2023



San José, Costa Rica



# TÓPICOS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS

ISSN 2953-738X

Volumen 22

Diciembre 2023



Ministerio de Ambiente y Energía  
Instituto Meteorológico Nacional

*Coordinación general:*  
Mag. Eladio Solano León

*Edición:*  
M.Phil. María Esther Suárez Baltodano

*Comité editorial:*  
M.Sc. Daniel Poleo Brito  
M.Sc. Gabriela Chinchilla Ramírez  
M.Sc. Karina Hernández Espinoza

*Diseño y diagramación:*  
Rodrigo Granados Jiménez

*Imágenes de portada:*  
Nury Sanabria Valverde

*La revista "Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos"  
es publicada por el Instituto Meteorológico Nacional,  
Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica. Tiene como  
finalidad dar a conocer los resultados de investigaciones y  
estudios en Ciencias de la Atmósfera y Oceanografía Física.*

Los artículos publicados en Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos expresan la opinión del autor y no necesariamente del Instituto Meteorológico Nacional

## CONTENIDO

Pág. Artículo

- 5 El extremo lluvioso de 1944 en Costa Rica: relación entre datos pluviométricos e información documental en el análisis histórico-meteorológico

RODRIGO GRANADOS JIMÉNEZ

- 37 Estudio del inicio y término de la estación lluviosa en el Pacífico Norte de Costa Rica en el periodo 1981-2020. Parte 1, caracterización climática.

KENDALL UGALDE CASTRO, ERIC J. ALFARO MARTÍNEZ,  
HUGO G. HIDALGO LEÓN Y TITO MALDONADO MORA

- 58 Estudio del inicio y término de la estación lluviosa en el Pacífico Norte de Costa Rica en el periodo 1981-2020. Parte 2, variabilidad climática.

KENDALL UGALDE CASTRO, ERIC J. ALFARO,  
HUGO G. HIDALGO Y TITO MALDONADO



# El extremo lluvioso de 1944 en Costa Rica: relación entre datos pluviométricos e información documental en el análisis histórico-meteorológico

RODRIGO GRANADOS JIMÉNEZ<sup>1</sup>

## Resumen

Los datos meteorológicos de precipitación nos indican qué tanto llovió en un determinado lugar, un valor objetivamente métrico que, asociado al ser humano, su entorno y actividades, proporciona información valiosa de la relación lluvia-impacto sobre su quehacer. Por tal razón, este estudio histórico-meteorológico analiza la relación de las mediciones pluviométricas del año de 1944 con la evidencia documental del impacto causado por los excesos de lluvia en la sociedad costarricense durante ese año.

## Abstract

Meteorological precipitation data indicates how much rain fell in a given place, an objectively metric value associated with human beings, their environment, and activities that provides valuable information on the rain-impact relationship in their daily chores. For this reason, this historical-meteorological study analyzes the relationship between the pluviometric measurements of 1944 and the documented evidence of the impact caused by excessive rainfall on Costa Rican society during that year.

## 1. INTRODUCCIÓN

Contrastar los datos pluviométricos de estaciones meteorológicas con la información documental de incidentes causados por los extremos lluviosos en las regiones donde estas se ubican, aporta a la Meteorología la evidencia próxima relativa a su ocurrencia y permite establecer relaciones entre los datos y la afectación causada por los valores extremos de precipitación al ser humano. Para la Historia, proporciona el respaldo y solidez a la cuantificación del análisis de información cualitativa obtenida de los documentos que soportan la investigación histórica.

Como 1944 fue el año más lluvioso en San José durante el siglo XX de acuerdo con el Instituto Meteorológico Nacional (IMN)<sup>2</sup>, éste es un buen ejemplo para analizar la correlación de

información entre ambas disciplinas y determinar, a partir de datos de precipitación de estaciones meteorológicas y la evidencia documental de afectación por eventos lluviosos extremos en regiones cercanas a dichas estaciones, si se presentó el extremo lluvioso en otras regiones del país durante 1944 y qué efectos causó en la sociedad costarricense durante ese año. En otras palabras, se hará una autopsia a la estación lluviosa de 1944 relacionando dos tipos de fuentes.

## 2. METODOLOGÍA

Primero se construyó una base de datos con evidencia documental de afectación a causa de extremos lluviosos referidas en fuentes periodísticas y comunicaciones entre funcionarios de instancias gubernamentales; se cuantificaron

1 Estudiante de la carrera de Historia en la Universidad de Costa Rica. Departamento de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional. Correo electrónico: granghi@gmail.com.

2 IMN. 2023. Base de datos de precipitaciones: registros históricos de San José. También véase Granados Jiménez, Rodrigo. 2020. "El extremo lluvioso de 1886 en Costa Rica...", figura 1, p. 11.



Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas de 1944. Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

y analizaron. Con los resultados obtenidos, se compararon las regiones de impacto identificadas por cantón y distrito<sup>3</sup>, con los datos de precipitación de estaciones meteorológicas activas en 1944 ubicadas en los lugares afectados o geográficamente lo más cercano a ellos.

3 Para una mejor comprensión y ubicación de las localidades afectadas en 1944, se ha utilizado la división territorial administrativa vigente a 2017. Consúltese: Piedra Quesada, Vinicio (compilador). 2017. *División territorial administrativa de la República de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Editorial Digital Imprenta Nacional.

La base de datos documental reunió 131 registros: 111 de afectación, 11 referentes a las acciones tomadas por las autoridades competentes para atención de la emergencia ocurrida y 9 de carácter informativo. Para los datos de precipitación se revisaron 70 estaciones meteorológicas activas en 1944, conforme a los registros del IMN<sup>4</sup>.

4 IMN. 1988. *Catastro de las series de precipitaciones medidas en Costa Rica*. San José, Costa Rica: IMN y MIRENEM e IMN. 2023. Base de datos de estaciones meteorológicas.

Se consultaron 65 estaciones meteorológicas que tienen registros de precipitación para el año de 1944. De estas, se emplearon 40 estaciones para el análisis y correlación de contenido documental con los datos de precipitación (véase figura 1), empero, de solo 33 de ellas se elaboraron

escenarios y anomalías de precipitación (véase cuadro 1), la mayoría con registro de lluvia diaria y ubicadas en los cantones afectados según el registro de impactos. Las restantes 25 estaciones (véase cuadro 2) se emplearon en los mapas de lluvia acumulada.

Cuadro 1.  
Estaciones utilizadas en el análisis de contenido.

ESTACION	UBICACIÓN	PERIODO DE DATOS	AÑOS CON DATOS	REGION CLIMÁTICA
69511	San Carlos, Buenavista (Los Ensayos)	1942-1988	46	Zona Norte
69510	San Carlos, Quesada (Ciudad)	1941-1946, 1949-1993	51	Zona Norte
69530	San Carlos, La Palmera, La Marina	1940-1945, 1948-1981, 1984-1993	50	Zona Norte
73009	Siquirres, El Cairo	1938-1940, 1942-1968	30	Caribe Norte
75009	Siquirres (Northern)	1923-1928, 1941-1956	22	Caribe Norte
75013	Siquirres, Pacuarito, Freeman	1905-1961, 1963-1978, 1992-1993	75	Caribe Norte
79006	Matina (Good Hope)	1944-1947, 1951-1960	14	Caribe Norte
79001	Siquirres, Carrandí, Zent	1941-1960	20	Caribe Norte
79002	Matina, Bristol	1944-1960	17	Caribe Norte
81003	Limón	1941-1999	59	Caribe Sur
85005	Limón, Valle la Estrella (San Clemente)	1944-1955	12	Caribe Sur
73010	Turrialba (Catie)	1942-1999	58	Caribe Sur
73006	Turrialba (Hacienda Dominica)	1923-1947	25	Caribe Sur
73019	Juan Viñas (Rosemont)	1926-1986	61	Caribe Sur
73011	Oreamuno (Sanatorio Durán)	1935-1936, 1943-1999	59	Región Central
73003	Cartago (Comandancia)	1941-1986	46	Región Central
84005	La Unión, Tres Ríos (Avance)	1939-1948, 1951-1999	59	Región Central
84007	Coronado	1943-1945, 1949-1973	29	Región Central
84001	San José	1900-1999	100	Región Central
84011	Santa Ana (Hacienda Lornessa)	1941-1988	48	Región Central
84003	Grecia (La Argentina)	1937-1999	63	Región Central
84016	Naranjo (Beneficio Pilas)	1940-1946, 1948-1999	59	Región Central
84004	Atenas, Sabana Larga	1940-1949, 1951-1999	59	Región Central
84027	San Ramón	1940-1973, 1978-1979, 1981, 1983-1986	41	Región Central
100034	Golfito (El Naranjal)	1941-1984	44	Pacífico Sur
100032	Golfito, Puerto Jiménez, Playa Blanca	1944-1963	20	Pacífico Sur
100039	Osa (Rincón de Osa)	1942-1956, 1961-1973	26	Pacífico Sur
98002	Osa, Palmar Sur	1941-1994	54	Pacífico Sur
98005	Osa, Palmar	1941-1953, 1998-1999	15	Pacífico Sur
92001	Quepos (Bartolo)	1941-1986	46	Pacífico Central
90005	Quepos (Finca Cerritos)	1941-1953, 1971-1999	42	Pacífico Central
90003	Quepos	1941-1999	59	Pacífico Central
90004	Quepos, Quebrada Bonita	1941-1973	33	Pacífico Central
90001	Parrita, Pocaes	1942-1999	58	Pacífico Central
88008	Parrita (Finca Nicoya)	1941-1945, 1952, 1979, 1981-1999	27	Pacífico Central
88011	Parrita	1941-1955, 1986-1994	24	Pacífico Central
88013	Parrita (Finca Palma)	1941-1949, 1972-1995	33	Pacífico Central
80002	Puntarenas, Barranca, San Miguel	1937-1999	63	Pacífico Norte
76005	Cañas, San Luis	1921-1958, 1960-1978, 1991-1995	62	Pacífico Norte
74020	Liberia (Llano Grande)	1937-1999	63	Pacífico Norte

Cuadro 2.  
Estaciones complementarias para el mapa de precipitación acumulada en 1944.

ESTACION	UBICACIÓN	PERIODO DE DATOS	AÑOS CON DATOS	REGION CLIMÁTICA
73033	Paraiso, Orosi, Villa Mills	1942-1947, 1951-1988	44	Caribe Sur
84015	Flores, San Joaquín	1943-1980	38	Región Central
84012	Alajuela, Turrúcures	1940-1947, 1949-1988	48	Región Central
84008	Grecia	1943-1945, 1950-1955, 1957-1966	18	Región Central
84014	Palmares	1944-1952, 1954-1991	48	Región Central
100030	Corredores, Corredor	1942-1964	23	Pacífico Sur
100035	Corredores, Corredor, Coto 47	1940-1980	41	Pacífico Sur
100087	Golfito, Puerto Jiménez	1941-1945	5	Pacífico Sur
100026	Osa, Piedras Blancas (Finca Limón)	1944-1965	22	Pacífico Sur
100027	Osa, Piedras Blancas (Finca Alajuela)	1944-1966	23	Pacífico Sur
100025	Osa, Piedras Blancas (Finca Heredia)	1944-1964	21	Pacífico Sur
100096	Osa, Sierpe	1941-1947	7	Pacífico Sur
100008	Osa, Palmar (Finca 8)	1942-1984	43	Pacífico Sur
98073	Osa, Palmar (Finca 6)	1941-1957, 1967-1984	35	Pacífico Sur
98070	Osa, Palmar (Finca 3)	1941-1984	44	Pacífico Sur
98076	Osa, Palmar (Finca 9)	1942-1958	17	Pacífico Sur
98003	Osa, Palmar, Pozo Norte	1941-1960	20	Pacífico Sur
98077	Osa, Palmar (Finca 10)	1941-1961, 1968-1984	38	Pacífico Sur
98083	Osa, Puerto Cortés (Finca 16)	1940-1948, 1951-1956	15	Pacífico Sur
92002	Quepos, Llorona	1941-1996	56	Pacífico Central
90006	Quepos, Junta Naranjo	1941-1945	5	Pacífico Central
88004	Parrita (Finca Palo Seco)	1941-1999	59	Pacífico Central
88002	Parrita (Finca Tigre)	1941-1953, 1972-1995	37	Pacífico Central
88003	Parrita (Finca Ángeles)	1940-1995	56	Pacífico Central
88007	Parrita (Finca Leona)	1941-1950	10	Pacífico Central

La Organización Meteorológica Mundial establece periodos de 30 años para la definición de climatologías según sus directrices sobre el cálculo de las normales climáticas<sup>5</sup>; sin embargo, dado que para la primera mitad del siglo XX en Costa Rica no existía una red meteorológica sistematizada y centralizada, lo que dificulta y hace imposible definir un mismo periodo climatológico que sea homogéneo y comparable para todas las estaciones existentes en el año de 1944, y como el objetivo del estudio es analizar el comportamiento de las lluvias de ese año para comprender el impacto ocasionado en la sociedad costarricense, y determinar si también fue el año con mayor precipitación acumulada en otras regiones del país, aparte de San José, se utilizó la serie de datos

histórica disponible de cada estación existente en el siglo XX para la construcción de la climatología, de los escenarios lluviosos y de las anomalías de precipitación. Únicamente San José posee la serie de datos de lluvia completa, de 100 años del siglo XX. El 31% de las estaciones cuenta con series de datos de 50 a 75 años, el 31% con series de 30 a 49 años, el 20% con series de datos de 20 a 29 años, y el resto con series inferiores a los 20 años (ver cuadros 1 y 2). Así mismo, al menos la mitad de las estaciones empezaron a registrar datos a partir de 1940-1941.

Los escenarios lluviosos se elaboraron a partir del cálculo de percentiles de la precipitación mensual para definir los extremos: **seco extremo**

5 Organización Meteorológica Mundial (OMM-N°1203). 2017. *Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas*, p. 3.

(acumulado de precipitación) inferior al percentil 10 y **lluvioso extremo** del percentil 90 hasta el valor extremo de los datos<sup>6</sup>. Los escenarios intermedios se establecieron de la siguiente manera: **seco**, acumulados entre el percentil 10 y el percentil 33; normal, acumulados entre el percentil 33 y el percentil 66; y lluvioso, acumulados entre el percentil 66 y el percentil 90<sup>7</sup>.

Las figuras resultantes con el escenario lluvioso, y complementadas con el promedio de precipitación (climatología) de cada estación y con la precipitación de 1944, se utilizaron para correlacionar el panorama lluvioso de 1944 con la evidencia cualitativa de afectación, y se irán mostrando en la exposición de resultados. Además, se asociaron los datos de precipitación diaria con los días identificados con incidentes ocasionados por lluvias.

Por último, yendo de lo específico a lo general, con la evidencia documental de impactos y los escenarios de precipitación de las estaciones seleccionadas, los eventos derivados de los extremos lluviosos se organizaron y describieron en nueve sucesos relacionados a temporales<sup>8</sup>, o bien, a lluvias intensas. Estos nueve sucesos se agruparon por evento, región, concentración de impactos o espacio temporal, realizando luego una síntesis de lo ocurrido durante el año de 1944. Los primeros cinco sucesos que se describen en los resultados tienen poco análisis, esto en la relación de datos meteorológicos con documentos de referencia de impacto, debido a que corresponden a meses donde las lluvias no generaron afectación importante o no se reportó.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Breve descripción del año

En 1944, las poblaciones de la vertiente Caribe costarricense se vieron fuertemente afectadas por los embates de una estación lluviosa intensa. De manera que, el 65% de los incidentes ocurridos ese año se registraron en la Zona Norte, Caribe Norte y Caribe Sur (véase figura 2), y se concentraron mayormente en el cantón de Siquirres. Así mismo, el análisis de los datos de las estaciones con registros pluviométricos de 1944, comprobaron que los reportes documentados de afectación a lo largo del año coinciden con los voluminosos acumulados de precipitación. Efectivamente, la vertiente Caribe costarricense estuvo bajo un extremo lluvioso durante 1944 (véase figura 3), que incluso influyó el sector este de la Región Central del país.

Como se muestra en la figura 3, de anomalía de lluvia anual de 1944, ese año en la Zona Norte los acumulados anuales fueron superiores al 29%

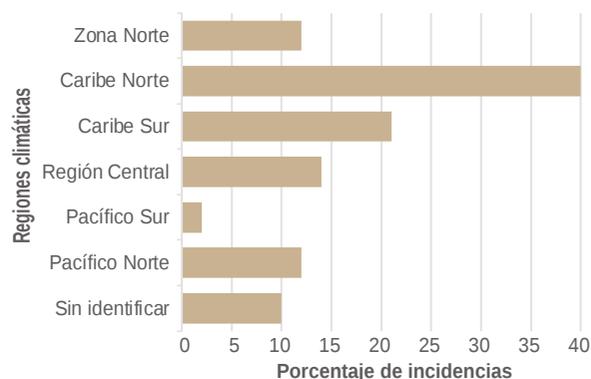


Figura 2. Impactos ocasionados por los temporales y lluvias extremas en 1944, por región climática.

Fuente: Elaboración propia.

6 Ver normativa y definiciones de extremos climáticos en: Retana, J.; Araya, C.; et al. 2011. *Análisis del riesgo actual del sector hídrico de Costa Rica ante el cambio climático para contribuir a mejorar el desarrollo humano*, p. 23 e Intergovernmental Panel on Climate Change. 2018. *Global Warming of 1.5°C*, p. 549.

7 Respecto a la aplicación de esta metodología ver: Retana, J. y Villalobos, R. 2000. "Caracterización pluviométrica de la fase cálida de ENOS"; Villalobos, R. y Retana, J. 2000. Sistema de pronóstico de lluvias en Costa Rica y Granados Jiménez, Rodrigo. 2020. "El extremo lluvioso de 1886 en Costa Rica...", p. 12.

8 De acuerdo con el *Glosario meteorológico* del IMN, 2020, un temporal es una "condición del tiempo en la cual se presentan lluvias persistentes y de variable intensidad que duran más de 24 horas, inclusive varios días consecutivos".

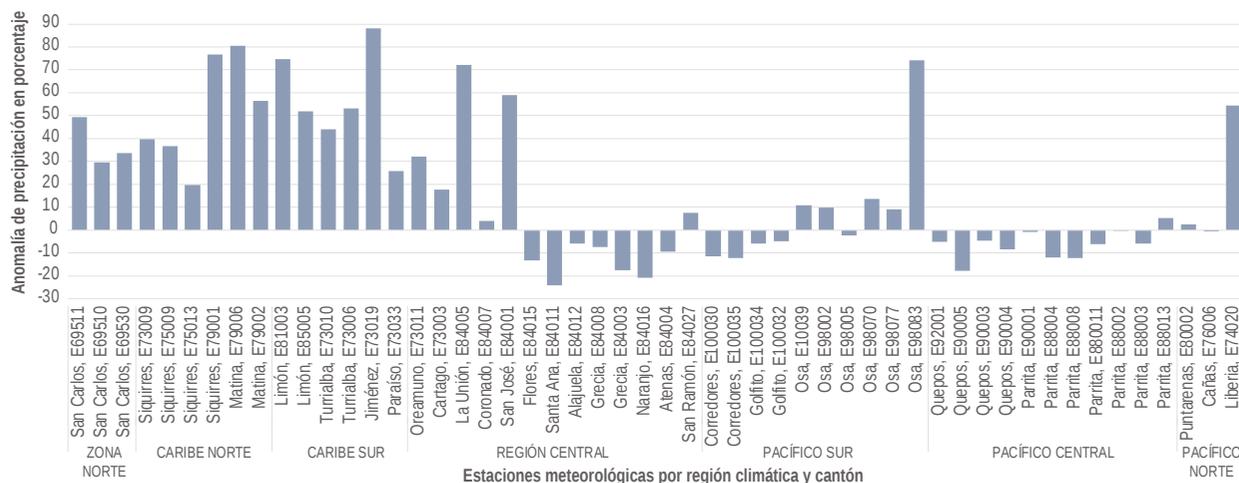


Figura 3. Anomalia de precipitación anual para 1944 de las estaciones activas. Se indica el cantón y número de estación (número E). Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

del promedio; por ejemplo, en Ciudad Quesada (estación 69511) se registró 49,6% más de lluvia. Las lluvias en el Caribe fueron aún más extremas y se encontraron anomalías mayores que la Zona Norte. Las localidades de Zent (en Siquirres) y de Matina, ubicadas en el Caribe Norte, fueron de las más afectadas. La estación meteorológica en Zent (79001) registró una precipitación de 77% superior respecto a su promedio; más, en Matina y Limón, también se registraron montos mayores al 70% de precipitación con respecto a su climatología. En Turrialba y Jiménez (del Caribe Sur) se registró una anomalía anual superior al 43%. En esa misma región, sobresale la estación Juan Viñas (Jiménez, E73019, véase figura 3) que registró el valor más extremo para 1944, con un 88% más de lluvia con respecto a su promedio.

Los altos acumulados de lluvia también se manifestaron en el sector este de la Región Central (desde la ciudad de San José hasta Paraíso de Cartago), donde se registraron lluvias anuales con anomalías superiores al 59% con respecto a su climatología en estaciones ubicadas en San José y Tres Ríos (La Unión).

Mientras el Caribe fue extremo lluvioso en la valoración anual, la vertiente del Pacífico mostró

un comportamiento opuesto: con déficit de precipitación o con excesos relativamente bajos, a excepción de la estación ubicada en Liberia (estación 74020, Pacífico Norte) y la del cantón de Osa (estación 98083, Pacífico Sur), que registraron superávits de más del 50% (figura 3).

### 3.2. Suceso 1: De enero a mayo

En los primeros cinco meses del año solo se identificó un registro documental de impactos a causa de las lluvias en el país; sin embargo, en la vertiente del Caribe los escenarios de precipitación para las estaciones ubicadas en los cantones de San Carlos, Siquirres, Limón y Turrialba (véase figura 4), enero y abril fueron lluviosos, febrero y marzo mantuvieron un comportamiento normal, y mayo estuvo con tendencia a lo seco excepto en la región de Turrialba y La Marina.

En San Carlos, el día 30 de mayo una persona pereció ahogada al ser arrastrada por una cabeza de agua en el río del mismo nombre. La lluvia mensual en San Carlos para mayo estuvo dentro de los rangos normales (véase figura 4a); no obstante, los datos diarios de precipitación de esa estación registraron entre los días 29 y 31 del mes, un acumulado de

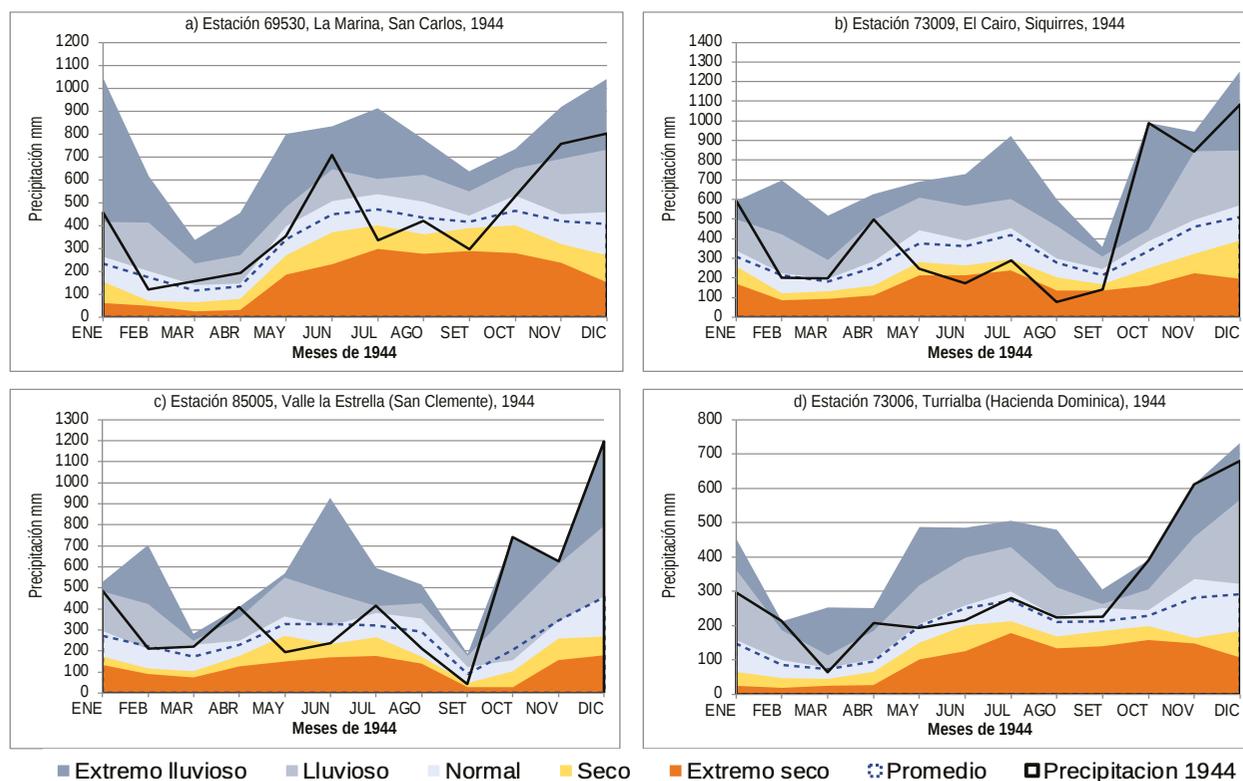


Figura 4. Escenarios de precipitación para 1944 de estaciones ubicadas en San Carlos, Siquirres, Limón y Turrialba (Región Norte, Caribe Norte y Caribe Sur). Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

98,7 mm. La cabeza de agua reportada debió originarse por lluvias en la zona montañosa.

Las lluvias en San Carlos no fueron aisladas. Al oeste de la Región Central también se registraron lluvias importantes para finales de mayo: el día 30 en Atenas una precipitación de 135 mm, y para el día siguiente de 121 mm; Naranjo registró 100,8 mm para el 30 de mayo; Grecia 50 mm para el 31 de mayo, mientras que en San José se registró, del 26 al 31 de mayo, lluvia de consideración con un acumulado de 218,9 mm en esos seis días, con picos de poco más de 70 mm para los días 26 y 28 del mes. En el Caribe también hubo lluvias a finales de mayo, como se verá en el suceso tres.

### 3.3. Suceso 2: Abril y mayo en el Pacífico

Para las regiones Pacífico Central y Pacífico Sur las lluvias mensuales que superaron el promedio

iniciaron en abril, sin hallarse registros de impactos para este mes; aun así, los datos meteorológicos indican que las lluvias de abril en el Pacífico Central y Pacífico Sur (véanse figuras 5 y 6) tuvieron un escenario lluvioso, superando sus climatologías para el mes al igual que en las regiones del Caribe. No obstante, los primeros tres meses del año en el Pacífico Central y Pacífico Sur, tuvieron una precipitación con escenarios entre normal y seco.

Mayo fue aún más lluvioso. A mediados de mes la compañía Ralph Mills, encargada de la construcción de la carretera interamericana, se vio obligada a reducir las labores en varios tramos del Pacífico Sur del país, debido a que los suelos se habían puesto blandos y lodosos a causa de las lluvias, lo que impedía la ejecución de algunos procesos.

La resolución de la compañía constructora tenía su fundamento; en las estaciones del Pacífico Central los acumulados de precipitación de estos

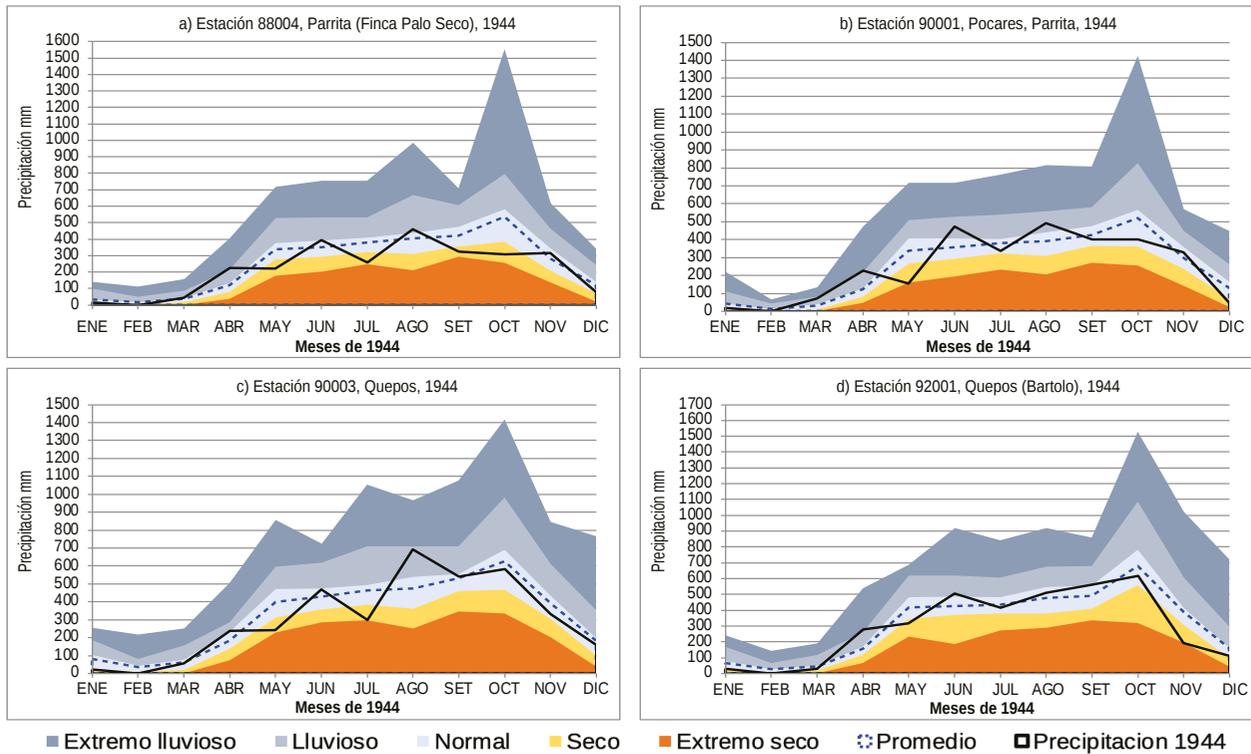


Figura 5. Escenarios de precipitación para 1944 de estaciones ubicadas en Parrita y Quepos (Pacífico Central). Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

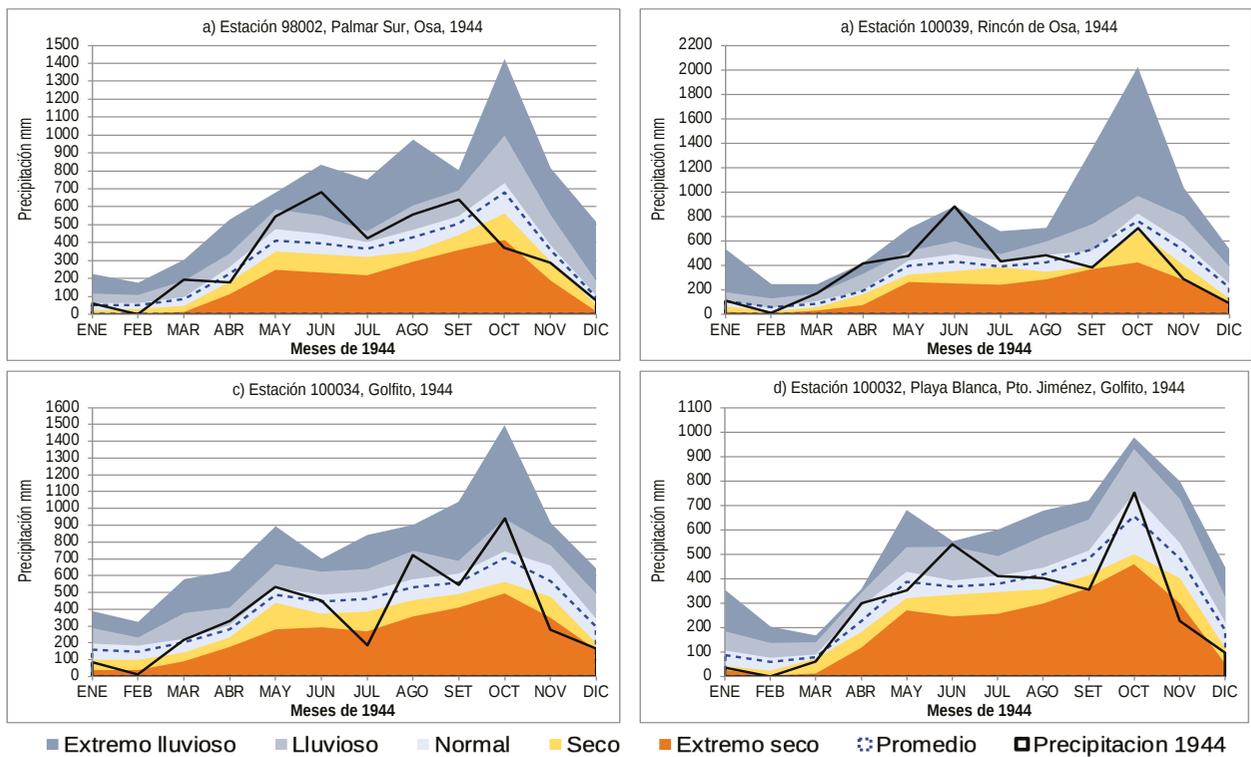


Figura 6. Escenarios de precipitación para 1944 de estaciones ubicadas en Osa y Golfito (Pacífico Sur). Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

dos meses oscilaron entre 380 mm y 598 mm, y en las del Pacífico Sur entre 651 mm y 894 mm. Las lluvias continuaron y en mayo superaron los promedios en Osa, San José y Atenas.

Como medida provisional, mientras pasaba la estación lluviosa, la Ralph Mills mermó las actividades en las zonas con suelos inestables a causa de las lluvias hasta 1945, y trasladó sus labores a sectores de superficie más estables. A pesar de la prudente medida tomada, el 28 de mayo un deslizamiento enlutó a la compañía y a las familias de sus obreros: los fuertes aguaceros y la saturación de los suelos ocasionaron en San Isidro de El General un derrumbe sobre uno de los tramos de construcción que provocó la muerte de dos trabajadores. Las lluvias en estas regiones se mantuvieron con acumulados de importancia hasta el mes de junio.

### 3.4. Suceso 3: Junio de temporal y superávits de precipitación

Para junio se presentaron dos temporales. Del 1 al 3 de junio ocurrió el primero y afectó el Caribe. En los cantones de Siquirres y Limón se reportaron inundaciones, ríos crecidos y exceso de lluvia. Los daños más notorios fueron la obstrucción de la

línea férrea y la interrupción del servicio ferroviario con Limón, y alarma generalizada en la población por la crecida de los ríos. El desbordamiento del río Siquirres, ocurrido en la madrugada del 1 de junio, inundó esa localidad y dejó varias afectaciones (véase figura 7): destruyó dos casas, provocó daños materiales en otras viviendas y obligó a la evacuación de muchas personas. Al día siguiente, los habitantes se dedicaron al aseo de sus casas y de la población que había quedado completamente sucia por el lodazal<sup>9</sup>.

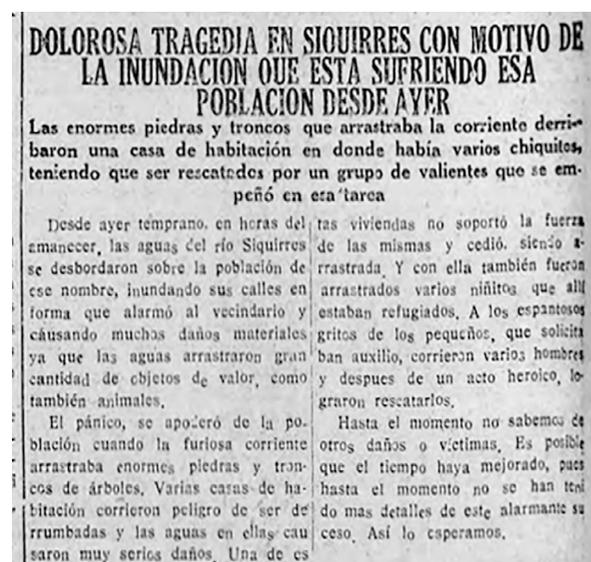


Figura 7. Noticia sobre la inundación de Siquirres. Fuente: *La Prensa Libre*, 2 de junio de 1944.

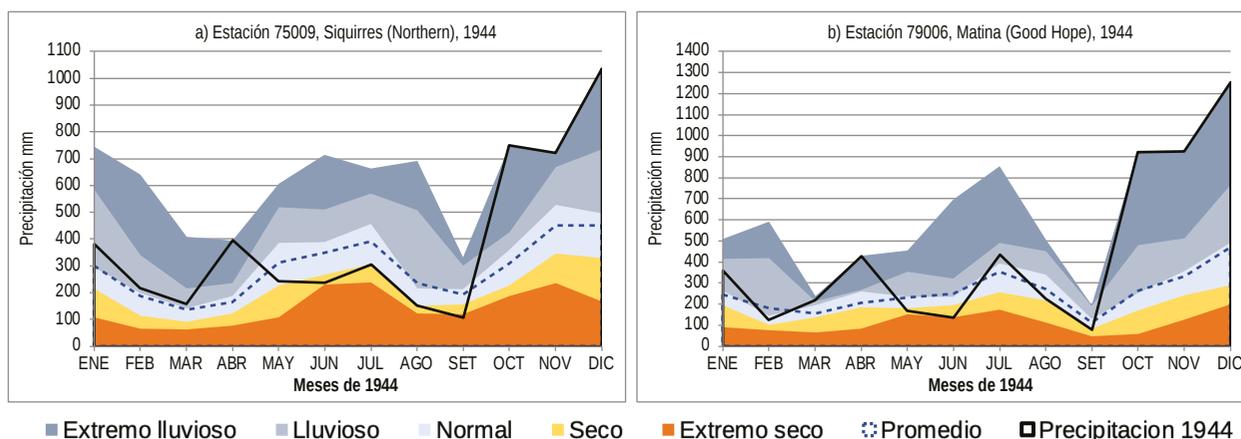


Figura 8. Escenarios de precipitación de 1944 para estaciones en Siquirres y Matina. Fuente: *Elaborada a partir de datos IMN*.

9 Barrantes M., Tobías. 1944. [Telegrama a ministro de Gobernación], 2 de junio. ANCR, Gobernación, No. 11160, legajo 22.

A pesar de la inundación, según los escenarios de precipitación mensual no hay evidencia de un extremo lluvioso en junio para la región Caribe. Al contrario, en Siquirres y Matina hubo un déficit de precipitación en junio de 1944 (véase figura 8) al igual que en El Cairo (figura 4b). Sin embargo, al revisar los datos diarios de precipitación, la inundación de Siquirres tendría como origen un evento hidrometeorológico aún no identificado, ocurrido entre finales de mayo y el primero de junio que no solo justificaría esas lluvias, sino que también las precipitaciones ya indicadas para esos días en San Carlos y la Región Central.

Además de las lluvias ocurridas en la región, donde la estación de la Northern en Siquirres registró para el día 30 de mayo 75 mm de lluvia y para el 1 de junio 61,2 mm, y la estación en Matina para los mismos días 45,7 mm y 44,2 mm, la crecida y desbordamiento del río Siquirres podría estar apadrinada en lluvias presentadas en la Cordillera Volcánica Central en esos mismos días. En la Región Central, el día previo a la inundación las estaciones ubicadas en Coronado, La Unión y San José registraron entre 37 mm y 47 mm de lluvia, y para el primero de junio Coronado acumuló 44 mm mientras que en las

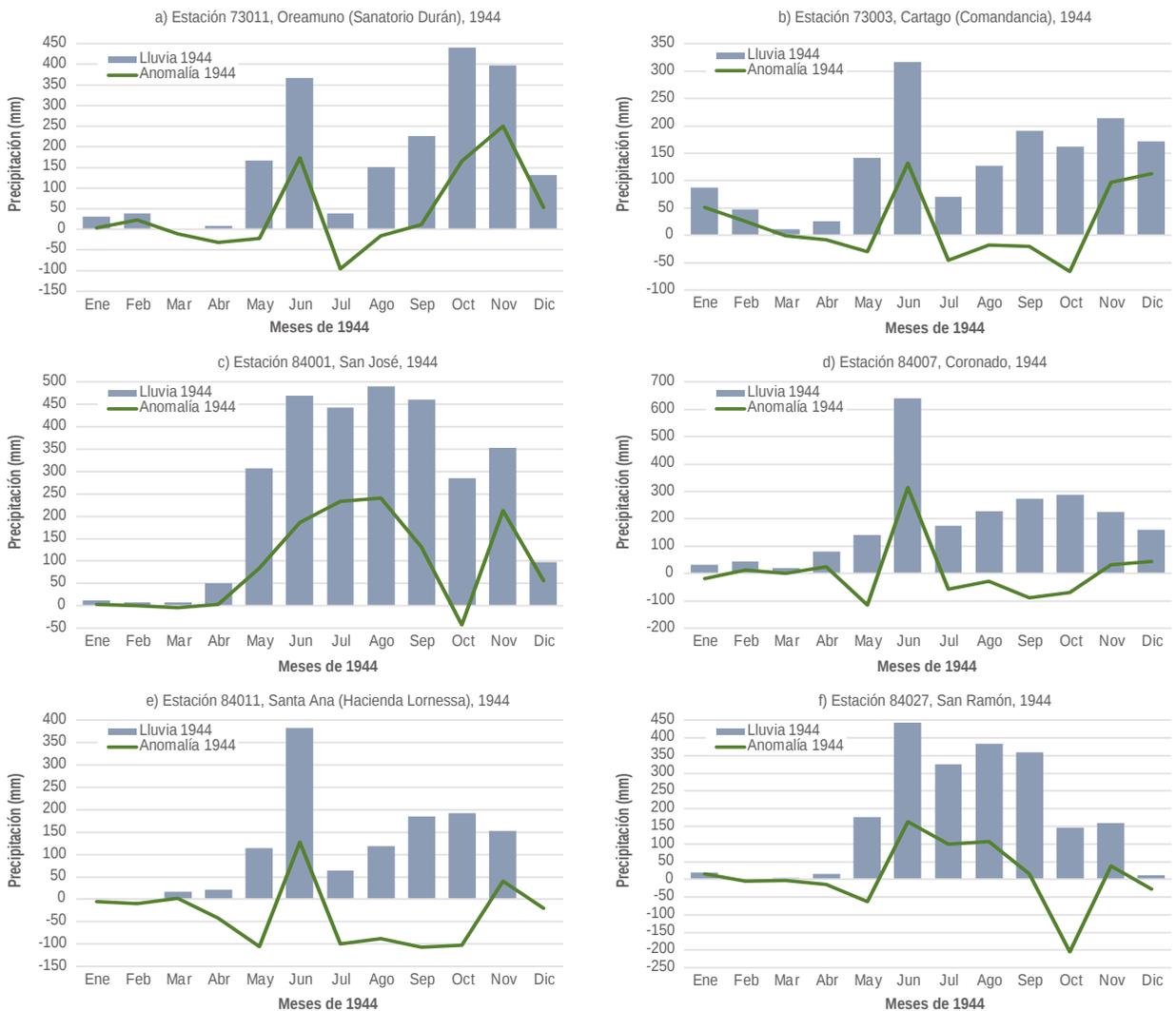


Figura 9. Anomalías (línea verde) y totales mensuales de precipitación (barras grises) en mm para 1944 de las estaciones ubicadas en Oreamuno, Cartago, San José, Coronado, Santa Ana y San Ramón. Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

otras dos estaciones los montos fueron 10 mm o menos.

La costa del Pacífico no escapó a este temporal. En las regiones Pacífico Norte y Pacífico Central se presentaron tempestades a inicios de junio que afectaron las actividades marítimas, ocasionando accidentes de botes y el naufragio de una lancha con 35 pasajeros en Quepos, los cuales salieron ilesos. En Parrita y Quepos se registraron acumulados entre 75 mm y 95 mm de lluvia para el 31 de mayo y 1 de junio, y en Osa entre 29 mm y 328 mm para esos mismos días.

El superávit de precipitación registrado para junio en Oreamuno, Cartago, San José, Coronado, Santa Ana y San Ramón fue de 160 mm; 131,5 mm; 179,4 mm; 314 mm; 124,8 mm y 162,2 mm respectivamente (véase figura 9), lo que evidencia la ocurrencia de lluvias de consideración en la Región Central durante ese mes, coincidentes con un temporal reportado como generalizado en el país. Este primer temporal afectó tanto el Caribe como el Pacífico.

Para mediados del mes de junio ocurrió el segundo temporal. En la Región Central, el día

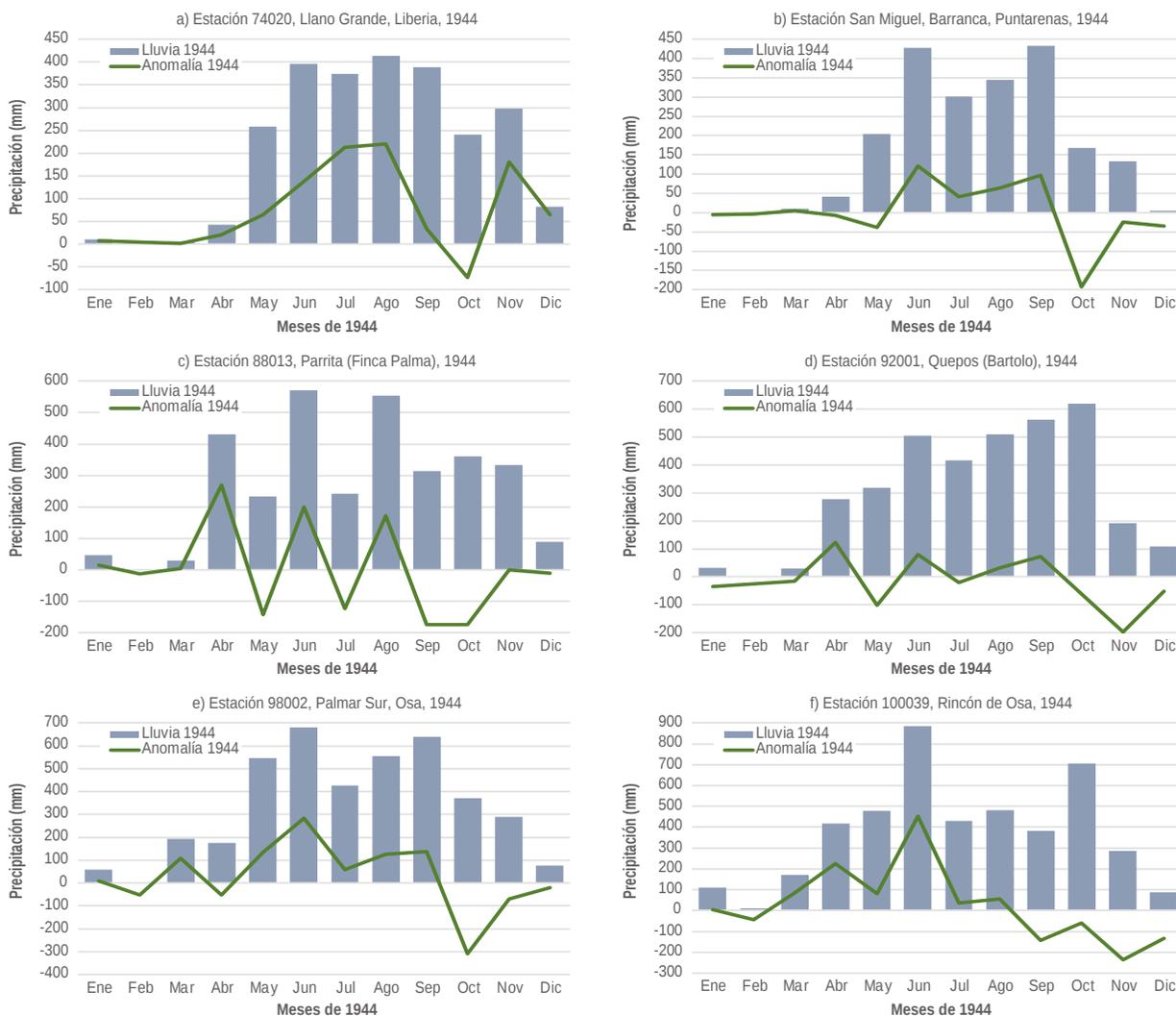


Figura 10. Anomalía de precipitación en mm para 1944 de las estaciones ubicadas en Liberia, Puntarenas (Barranca), Parrita, Quepos y Osa (Palmar Sur y Rincón). Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

14 de dicho mes, el río Tiribí estuvo sumamente crecido debido a las fuertes lluvias que se habían presentado días previos, y el hecho resultó noticioso porque un niño estuvo a punto de ahogarse en la fuerte correntada del río. La estación de San José registró para el 13 de junio una precipitación de 14,6 mm, la de Oreamuno 11,3 mm y la de La Unión 24,5 mm.

Por su parte, en la región del Pacífico fuertes vientos reportados como “huracán” dañaron algunos cultivos, volcaron árboles y destruyeron las líneas telegráficas entre Barranca y Puntarenas el 15 de junio. En general, las estaciones en el Pacífico registraron superávits en la precipitación durante junio (véase figura 10). De la estación de Barranca no se tiene datos diarios para compararlos con los días del reporte; de la que se tiene datos es de la

estación ubicada en Palmar Sur, la cual sí registró lluvias de consideración: 129,5 mm y 123,7 mm para los días 14 y 15 respectivamente.

### 3.5. Suceso 4: El Pacífico de julio a setiembre

En este periodo ocurrieron tres fenómenos ciclónicos en el Caribe que afectaron indirectamente a Costa Rica: una tormenta tropical del 24 al 28 de julio (TT2); un huracán del 16 al 23 de agosto (H4); y nuevamente un huracán del 19 al 22 de septiembre (H8)<sup>10</sup> (véase figura 11, números 2, 4 y 8).

Durante julio se presentaron lluvias intensas en el Pacífico Norte y Pacífico Sur. El día 26, cuando estuvo activa la tormenta tropical 2, un torrencial

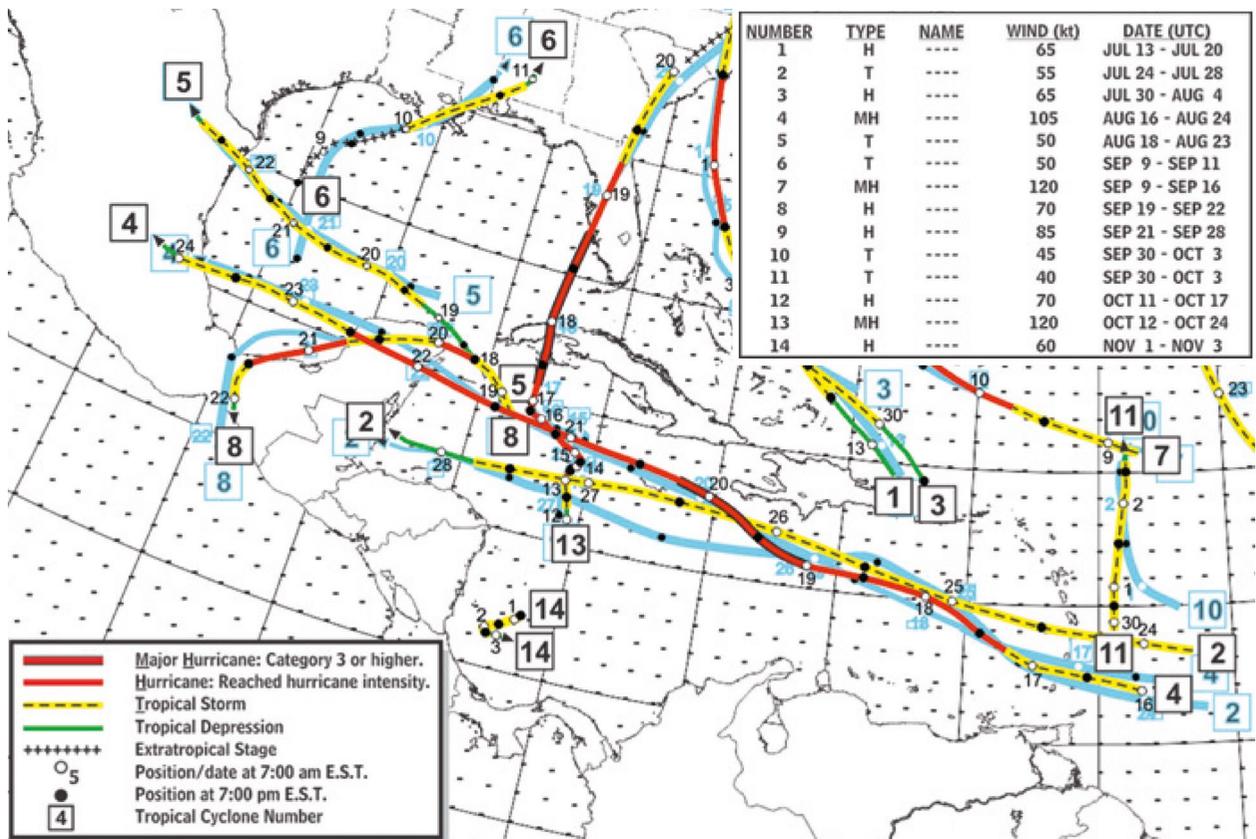


Figura 11. Reanálisis de la temporada de huracanes en el Atlántico del año 1944. Fuente: Hagen, 2010, p. 83.

<sup>10</sup> Alvarado y Alfaro. 2003. “Frecuencia de los ciclones tropicales que afectaron a Costa Rica durante el siglo XX”, p. 5 (tabla 4).

aguacero de aproximadamente dos horas iniciado a las 4 de la tarde, inundó el hospital y varias calles del centro de Puntarenas, afectando el transitar de los peatones; mientras en Golfito, a causa de las lluvias y de los suelos saturados, un hombre pereció al derrumbarse un peñón. Para ese día, algunas estaciones del Pacífico registraron entre 12 mm y 50 mm de lluvia.

Un suceso importante en el mes de agosto fue una marejada en el puerto de Caldera, ocurrida en la madrugada y mañana del día 9 a causa de los fuertes vientos en la costa; por su intensidad, fueron señalados como vientos huracanados. Como consecuencia, además de los apuros vividos por los lugareños, hubo daños materiales en las casas de algunos de los trabajadores de la compañía del ferrocarril al Pacífico, quienes eran los que componían la mayor parte de la población de Caldera de ese entonces. Algunos de ellos resultaron heridos al tratar de proteger sus viviendas<sup>11</sup>.

También para el 9 de agosto, las labores de construcción de la carretera interamericana en el Pacífico Central y Sur se habían paralizado ya que el exceso de lluvia impedía las actividades. Los trabajos se limitaban a la realización de estudios técnicos necesarios para continuar las obras cuando las condiciones del tiempo fueran favorables.

Particularmente, el mes de agosto estuvo en el escenario lluvioso para la mayoría de las localidades del Pacífico (véase figura 5 y 6). Las anomalías de precipitación de ese mes (véase figura 10) coinciden con el comportamiento de la precipitación en el país cuando un fenómeno ciclónico se forma en el mar Caribe, que por lo general afecta la vertiente del Pacífico<sup>12</sup>.

Del 16 al 24 de agosto, días en los que estuvo activo el cuarto huracán de la temporada (cuyo desplazamiento inició cerca de las Antillas Menores y continuó hacia el noroeste, pasando cerca de las islas mayores y por Jamaica (véase figura 11, número 4), se registraron lluvias en el Pacífico, en su mayoría entre los 5 mm y 15 mm, con algunos picos de importancia; por ejemplo: 38 mm, 31 mm y 26 mm en Rincón de Osa para los días 17, 20 y 23 de agosto; 45 mm en Osa el 18 de agosto; 53 mm en Finca Cerritos (Quepos); 31 mm en Pocaes (Parrita) para el 19 de agosto; y 61 mm el 20 de agosto en Palmar.

Para el noveno mes del año se identificó un solo reporte, el cual hacía referencia a que entre Caldera y Barranca se produjeron, el 10 de septiembre, derrumbes y lavados que obstaculizaron la vía férrea, por lo que el servicio de tren se suspendió por lo menos dos horas para limpiar y reparar la vía, generando trastornos e incomodidades al comercio y a los pasajeros<sup>13</sup>.

El octavo ciclón de la temporada de 1944 se presentó del 19 al 22 de septiembre (véase figura 11, número 8), y en esos días únicamente en el Pacífico Central se registró precipitación considerable para el día 22. Ese día, en las estaciones de Quepos Centro, Finca Cerritos y Quebrada Bonita, se registraron 68 mm, 64 mm y 73 mm de lluvia respectivamente, y en Parrita las estaciones Finca Nicoya y Finca Palma registraron ambas casi 32 mm.

### 3.6. Suceso 5: Fuertes lluvias y aguaceros en la Región Central

A mediados de agosto hubo fuertes lluvias en la Región Central, siendo evidencia de ello la crecida del río Tiribí<sup>14</sup>. La creciente bajó como cabeza

11 "El mar inundó ayer la población de Caldera". *Diario de Costa Rica*, 10 de agosto de 1944, p. 4. San José, Costa Rica.

12 IMN. Sf. *Los huracanes y sus efectos en Costa Rica*. [en línea] <https://www.imn.ac.cr/web/imn/huracanes>

13 "Grandes derrumbes y lavados en el kilómetro 94 de la línea al pacífico". *La Prensa Libre*, 11 de septiembre de 1944, p. 1 y 16. San José, Costa Rica.

14 "Destruyó el río Tiribí la presa de El Pizote". *La Prensa Libre*, 17 de agosto de 1944, p. 1 y 10. San José, Costa Rica.

de agua destruyendo la presa El Pizote el 16 de agosto, y rompió la cañería que abastecía a San José de agua potable, provocando la escasez del líquido en la capital por algunos días. Además, generó alarma en los vecinos de Tres Ríos por el temor de que este río se desbordara y ocurrieran inundaciones como en otras ocasiones. La estación meteorológica de San José registró para agosto un total mensual de precipitación de 490,2 mm (240,4 mm más que el promedio, véase figura 9c) y durante los días 14 al 24 de agosto (actividad del huracán 4), registró una precipitación acumulada de 168,4 mm. La estación ubicada en Tres Ríos, por su parte, para esas mismas fechas (del 14 al 24 de agosto) registró 161,3 mm y un total mensual de 440,2 mm.

Días anteriores al 20 de septiembre se dieron en Cartago torrenciales aguaceros, acompañados de intensas rayerías y granizadas. Afectaron el sector agropecuario, reportándose pérdidas en los maizales de las zonas de Coris (distrito de Quebradilla) y La Lima (distrito de San Nicolás), siendo estos los lugares más afectados. En la noticia del suceso se lee: “Nuestro corresponsal en Cartago nos informó esta mañana [20 de septiembre] que durante los últimos días se registraron en aquella provincia torrenciales aguaceros...”<sup>15</sup>. De la estación de Cartago no se tienen diarios de precipitación, pero otras estaciones cercanas a la zona afectada son las ubicadas en el Sanatorio Durán (Oreamuno) y en Tres Ríos (La Unión). La primera registró un acumulado de 63,3 mm entre el 16 y 19 de septiembre, siendo el día 16 el de mayor precipitación con 39 mm. La estación de Tres Ríos registró un acumulado de 224,4 mm para los mismos cuatro días.

Por su parte, San José registró un acumulado mensual de 461,2 mm<sup>16</sup> para septiembre

(115,3 mm más que el promedio, figura 9c); sin embargo, lo más notorio es que a pesar de la gran cantidad de lluvia para dicha estación entre junio y setiembre, meses que estuvieron dentro del escenario extremo lluvioso (véase figura 12), de la capital y sus alrededores se encontraron pocas referencias de afectación.

La carencia de reportes de incidentes también se observa en Tres Ríos y Cartago. La estación de Tres Ríos registró un escenario lluvioso o extremo lluvioso para junio, agosto y septiembre; Cartago y Oreamuno mostraron un escenario extremo lluvioso para junio, mientras que agosto y septiembre estuvieron dentro del escenario normal de lluvias. Para estas tres estaciones, a diferencia de San José, el mes de julio estuvo con déficit de precipitación; con escenarios de precipitación seco y extremo seco para Oreamuno (véase figura 12).

Entre junio y setiembre, a pesar de que en San José hubo al menos nueve días con una precipitación superior a los 60 mm (no implica días consecutivos), incluso 107 mm para el 29 de julio, la razón de que tales lluvias no impactaran gravemente el bienestar humano, aunque significó una importante saturación de los suelos, es que llovió casi todos los días de manera regular. Durante esos cuatro meses (de junio a setiembre), la lluvia promedio diaria en San José fue de 15,27 mm; 17,6 mm para Tres Ríos y 6,43 mm para Oreamuno. De los 122 días comprendidos entre el 1 de junio y el 30 de setiembre, en 32 de ellos no se registró precipitación en San José, mientras que en Tres Ríos no llovió en 28 días y en Oreamuno en 52. Por su parte, la estación ubicada en Coronado registró 11 mm de lluvia diaria y contabilizó 49 días sin lluvia en este mismo periodo.

15 “Torrenciales aguaceros y violentas rayerías y granizadas en la provincia de Cartago”. *La Prensa Libre*, 20 de setiembre de 1944, p. 3. San José, Costa Rica.

16 Instituto Meteorológico Nacional. 2020. Registro histórico de precipitaciones de San José...

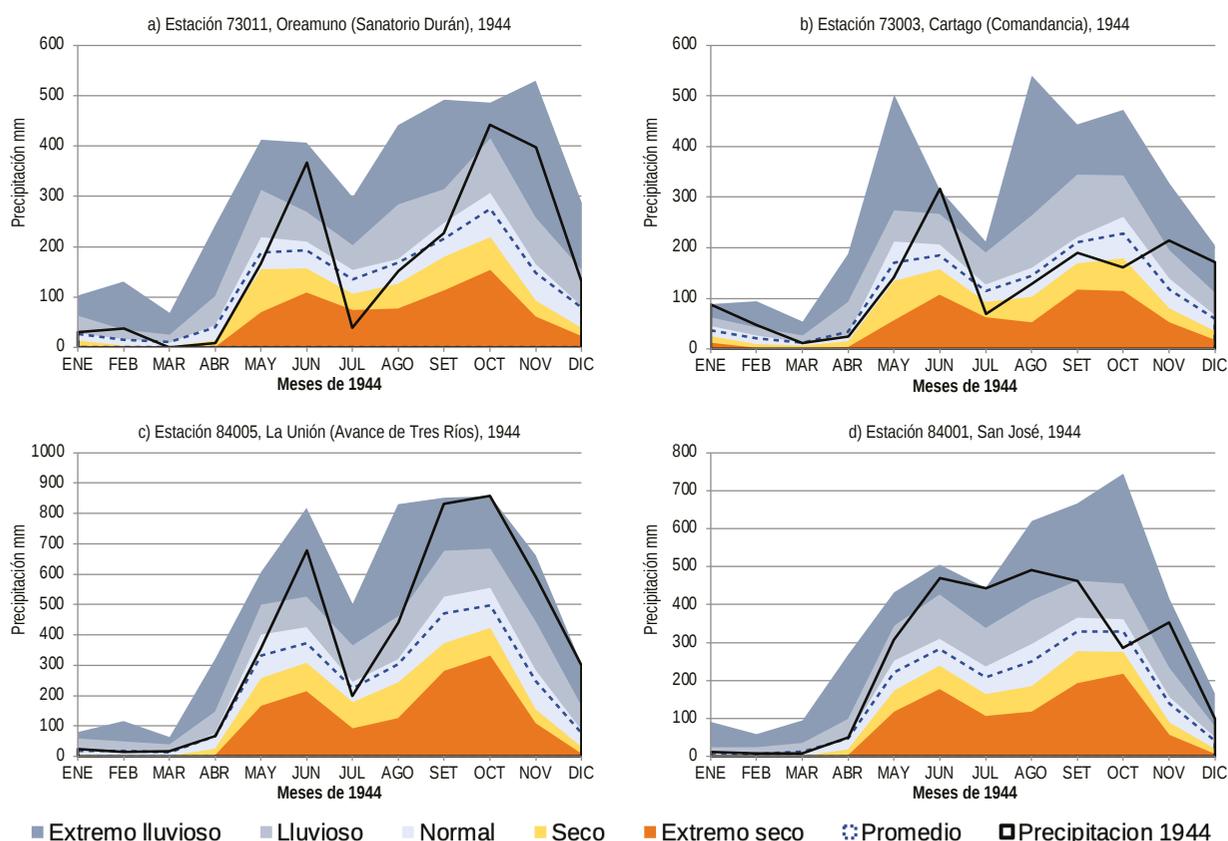


Figura 12. Escenarios de precipitación para 1944 de estaciones ubicadas en Oreamuno, Cartago, La Unión y San José. Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

### 3.7. Suceso 6: Segundo temporal, azotador

El evento principal del año afectó la mayor parte del país y la fecha de inicio no es precisa. *La Tribuna* informó el 31 de octubre que un temporal azotaba desde hacía tres días la región Caribe, ubicando el inicio del temporal para el 28 de octubre, sin embargo, *Diario de Costa Rica* reportó el 3 de noviembre que un temporal que, además del Caribe, afectaba la zona Norte (San Carlos y Sarapiquí) desde hacía quince días, lo que le establecería la fecha de inicio de las lluvias en el Caribe hacia el 20 de octubre; un telegrama

enviado desde Siquirres el 1 de noviembre señala que llovía sin cesar desde hacía 11 días<sup>17</sup>, es decir, desde el 21 de octubre; una noticia en *La Prensa Libre* del 5 de noviembre –alusiva a las lluvias en Cartago–, hace referencia a que llovía desde el 22 de octubre, y un telegrama enviado desde Parrita el 26 de octubre informaba que esa región estaba de temporal<sup>18</sup>. La inclemencia climática se mantuvo hasta el día 5 de noviembre aproximadamente, causando estragos en el Caribe costarricense.

El huracán ocurrido entre el 12 y 24 de octubre de 1944 pudo haber afectado a Costa Rica<sup>19</sup> (véase figura 12, número 13), máxime que se formó frente

17 Barrantes M., Tobías. 1944. [Telegrama a secretario de Gobernación], 1 de noviembre. ANCR, Gobernación, No. 11160, legajo 47.

18 Chacón Ulate, Manuel. 1944. [Radiograma a Oficial Mayor de Gobernación], 26 de octubre. ANCR, Gobernación, No. 11158, legajo 11.

19 Alvarado y Alfaro. 2003. "Frecuencia de los ciclones tropicales que afectaron a Costa Rica durante el siglo XX"...

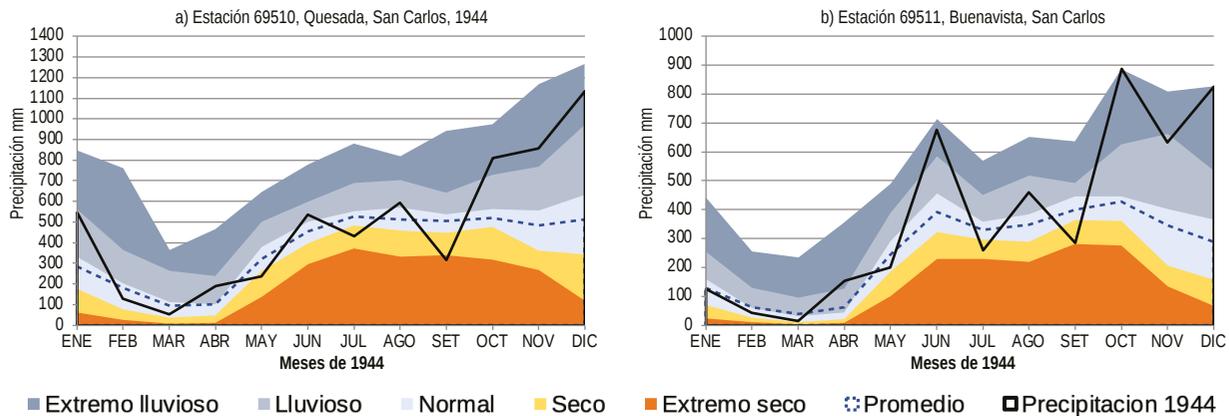


Figura 13. Escenarios de precipitación para 1944 de estaciones ubicadas en el cantón de San Carlos (Ciudad Quesada y Buenavista). Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

a la costa de Nicaragua el día 12 como depresión y para el 13 ya era tormenta tropical. Después del 20 de octubre se presentaron las lluvias que originaron el temporal, el cual fue extendiéndose paulatinamente.

A principios de noviembre, en la prensa se informaba que un pequeño huracán se formó frente a la costa caribeña de Nicaragua y que podría dirigirse a Costa Rica; sin embargo, la Oficina Meteorológica (hoy Instituto Meteorológico Nacional) informó que se movía hacia el norte y que era probable que se moviese en dirección oeste o noroeste alcanzando las costas de Bluefields y Cabo Gracias a Dios<sup>20</sup>. Este “huracán” en realidad fue la tormenta tropical 14, la cual inició como depresión tropical a unas 35 millas (55 km) al sureste de San Andrés, alrededor de las 00:00 UTC del 1 de noviembre, se movió lentamente hacia el suroeste, alcanzó la intensidad de tormenta tropical seis horas después y se intensificó hasta alcanzar al día siguiente vientos máximos de 70 mph (110 km/h)<sup>21</sup>. Esta tormenta tropical duró solo tres días y tomó una ruta inusual hacia el sureste en lugar de moverse

hacia el noroeste (véase figura 12, número 14)<sup>22</sup>. La tormenta finalizó el 3 de noviembre y las lluvias se mantuvieron en el país hasta el día 5.

Las mayores precipitaciones del temporal se dieron antes del fenómeno ciclónico número 14. Para los días 20-21 y 25-26 de octubre hay registro de depresiones tropicales en el mar Caribe que bien pudieron ocasionar lluvias en Costa Rica<sup>23</sup>, y a finales de octubre e inicios de noviembre es posible que las lluvias fueran influencia de la tormenta tropical 14, “disturbio ciclónico de intensidad moderada”<sup>24</sup> según los reportes locales.

Los datos diarios de precipitación de la estación de Limón registraron lluvias de consideración para el mes de octubre a partir del día 22 –con 71,1 mm en ese día–. En los siguientes cinco días los montos diarios oscilaron entre 38 mm y 92 mm; sin embargo, a partir del día 28 la precipitación diaria se incrementó, alcanzando 218,4 mm en ese día y llegando hasta 304,8 mm en el día 31. Desde que inició el temporal el 22 de octubre hasta el día 31, en Limón llovió el 95% del acumulado mensual de ese mes (1266 mm),

20 “Desplazada Costa Rica del área del ciclón tropical”. *La Tribuna*, 3 de noviembre de 1944, p. 1 y 3. San José, Costa Rica.

21 “1944 Atlantic hurricane season” [en línea]. Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/1944\\_Atlantic\\_hurricane\\_season](https://en.wikipedia.org/wiki/1944_Atlantic_hurricane_season) (descargado 26 de febrero de 2023).

22 Hagen; Strahan-Sakoskie and Lucket. 2012. “A Reanalysis of the 1944-53 Atlantic Hurricane Seasons...”, p. 4450.

23 “1944 Atlantic hurricane season” [en línea]...

24 “La Semana que termina - Y sobra de agua”. *Diario de Costa Rica*, 5 de noviembre de 1944, p. 1B.

siendo los últimos cuatro días (del 28 al 31) los de mayor impacto social al concentrarse en ellos el 70% de dicha precipitación.

Para la Zona Norte, las estaciones ubicadas en San Carlos (Ciudad Quesada y Buenavista) también registraron extremo lluvioso en octubre y noviembre (véase figura 13). La estación de Buenavista registró entre el 22 y 31 de octubre el 85% de la precipitación de ese mes, y la de Ciudad Quesada el 66%. El acumulado de la precipitación en Buenavista para los últimos cuatro días del mes de octubre fue del 55%.

El 3 de noviembre hubo mejoría del tiempo en el Caribe y el Valle Central; sin embargo, el temporal se había desplazado hacia el Pacífico Norte, específicamente hacia el norte y este de Guanacaste, región con la que se perdió comunicación por varios días a partir del 2 de

noviembre a causa de diversos daños ocurridos en las líneas telegráficas después de Las Juntas de Abangares.

En el Pacífico Norte, los acumulados mensuales de las estaciones ubicadas en Cañas y Liberia también registraron exceso de precipitación con respecto a su promedio para el mes de noviembre. En Cañas llovió el doble, y en Liberia se registró un 154% más de lluvia. El Pacífico Norte también presentó un extremo lluvioso para noviembre de ese año en Liberia y Cañas, mientras que más al sur de la región, en Barranca de Puntarenas, llovió menos que el promedio (véase figura 14).

De este temporal se identificaron 53 registros de daños, con reportes de afectación en el Caribe Norte, Caribe Sur, Zona Norte, Región Central y Pacífico Norte. Para el Pacífico Central y Sur se reportaron lluvias de poca afectación.

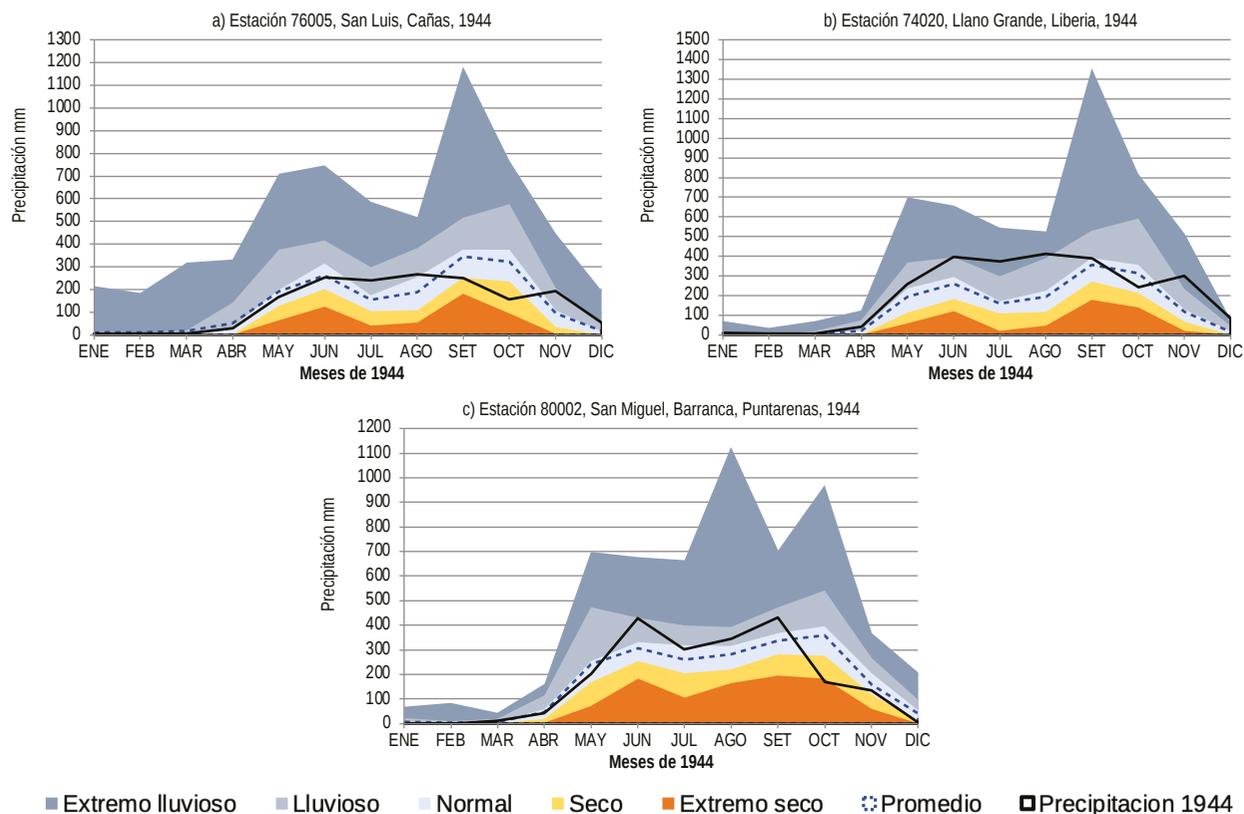


Figura 14. Escenarios de precipitación para 1944 de estaciones ubicadas en el cantón de Cañas, Liberia y Puntarenas. Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

Para las regiones climáticas del Caribe, los cantones que sufrieron mayor impacto fueron Matina, Pococí, Siquirres, Limón y Turrialba. En la Zona Norte la mayoría de los reportes son de los cantones de San Carlos, Zarceiro y Sarapiquí, y de los distritos de Sarapiquí de Alajuela y Varablanca de Heredia. En el Pacífico Norte los daños fueron en la provincia de Guanacaste, donde la población temió sufrir inundaciones, pero no se encontraron reportes de ellas ya que la interrupción en comunicación telegráfica ocasionó la carencia de transmisión de información sobre afectación por el temporal.

De los incidentes identificados, las cabezas de agua destruyeron varios puentes; los deslizamientos o derrumbes impactaron las carreteras y caminos, la línea férrea y el servicio telegráfico, interrumpieron actividades como el transporte de materiales y mercancías y puso a personas en riesgo, entre ellas una persona fallecida en Turrialba (véase figura 15).

El exceso de lluvia impactó severamente la agricultura, dañando cultivos, destruyendo otros; en general, grandes pérdidas en los sembradíos ya que en algunas zonas el temporal los arrasó. Afectó también los caminos al volverlos intransitables y conllevó problemas para transportar mercaderías y víveres entre los pueblos y hacia San José, a la vez que obligó a la suspensión de obras debido a que con tanta lluvia no se podía trabajar. Este evento no solo afectó el transporte ferroviario, sino también al aéreo; la compañía TACA suspendió los vuelos internos por el riesgo de volar en condiciones climáticas tan adversas.

Muchas mercancías importadas para ser vendidas en navidad y en las fiestas cívicas de fin de año en el Valle Central, se quedaron estancadas en la Aduana de Limón ocasionando grandes pérdidas comerciales.

La crecida de los ríos en el Caribe dejó puentes destruidos y personas aisladas. Las inundaciones,

**UN FUERTE TEMPORAL AZOTA DESDE HACE TRES DIAS LA ZONA ATLANTICA**

Llueve incesantemente y ya se han producido inundaciones en las poblaciones de Estrada y Matina. A consecuencia de varios derrumbes en la línea, está interrumpido el tráfico ferroviario con Limón desde el sábado.— También en la zona de San Carlos llueve torrencialmente, según los informes que se recibieron anoche.

**EL GOBERNADOR DE LIMON INFORMO ANOCHE AL SEÑOR PRESIDENTE DE LA REPUB-**

---

**Hundida en un gran trayecto la carretera a San Carlos a consecuencia de violento temporal**

En la sección Zapoté. El Peje se han producido enormes lavados en la magnífica vía que une San Carlos con el interior del país.

El puente sobre el río "La Vieja", camino a Villa Quesada, a punto de ser arrastrado por la corriente.— Desde hace ocho días llueve torrencialmente en todo el cantón de San Carlos.

Vientos huracanados han producido cuantiosas pérdidas en los

---

**ENORMES DAÑOS HAN CAUSADO LOS TEMPORALES EN LOS TRABAJOS DE LA CARRETERA INTERAMERICANA**

En cinco kilómetros cayeron derrumbes cuyas reparaciones representan un trabajo de seis meses. Aislada la población de la Unión al llevarse el río Toro Amarillo el puente de cable que la unía con Siquirres.— Siguieren de Limón que se envíen alimentos para dicha ciudad desde Nicaragua por la Barra del Colorado, en previsión de que pudieran escasear y aun faltar para las necesidades de la población.

EL FUERTE TEMPORAL HA CAUSADO CUANTIOSOS DAÑOS EN LAS PLANTACIONES DE MAIZ DE GUATILES.— HUBO NECESIDAD DE ENVIAR UN TIEN DE AUXILIOS A ESTRADA, EN DONDE VARIAS FAMILIAS QUEDARON AISLADAS.

El fuerte temporal que desde INUNDACIONES EN MATINA [en la región del Atlántico. En Matina suben a varios pies y es el país ha ocasionado muchos da Y ZENT [está inundada la hondonada del Pe

---

**El temporal está reciamente azotando a toda la República**

Interrumpidas muchas comunicaciones terrestres y aéreas. El Comercio del interior sufrirá grandes pérdidas, pues no llegan mercaderías que se acostumbraba vender en esta época. No fue posible el traslado de coronas que para finados habían sido encargadas a las jardinerías de la capital para diversas poblaciones del Guanacaste.

---

**3 NUEVAS VICTIMAS DEL TEMPORAL EN EL ATLANTICO**

En El Encanto un negrito aislado por las aguas, en un momento de desesperación por el hambre, se arrojó a nado, cesapareciend-

Figura 15. Titulares y fragmentos de noticias publicadas en los diarios de 1944 respecto al temporal de finales de octubre y principio de noviembre. Fuente: *La Tribuna*, 31 de octubre y 2 de noviembre; *La Prensa Libre*, 2 y 4 de noviembre.

por su parte, afectaron severamente la agricultura. Las regiones de Matina y Carrandí (Estrada hasta Zent) se inundaron por completo, dejando a personas aisladas, puso a otras en riesgo y causó la muerte de tres personas.

Debido a las inundaciones en Cultivez y Manila de Siquirres, donde las aguas llegaron a más de un metro de altura<sup>25</sup>, la compañía dedicada al cultivo de abacá (extracción del cáñamo de manila) tuvo grandes pérdidas, incluyendo entre ellas, la muerte de 11 mulas por ahogamiento. El acceso a los alimentos fue una condición precaria en esos días, por un lado, la compañía bananera racionó las entregas de alimentos a sus trabajadores y en Siquirres escaseó el azúcar y el dulce debido a que no había comunicación ferroviaria ni hacia Limón ni hacia San José<sup>26</sup>. En Chinchona de Varablanca, también hubo muerte de animales utilizados para carga: 20 mulas perecieron por ahogamiento.

Por su parte, los fuertes vientos también llevaron afectación a la agricultura, derribaron árboles y el tendido telegráfico, dejando inhabilitado el servicio desde el Valle Central hasta Peralta en Turrialba por el este, hasta Varablanca en Heredia por el norte y hasta Las Juntas en Abangares y Naranjo en Alajuela por el oeste, por lo que Limón, Guanacaste y San Carlos estuvieron sin comunicación telegráfica por bastantes días.

En la Región Central las noticias refieren intensos aguaceros desde el 22 de octubre en las montañas al norte de Cartago (el Irazú, cerro Retes y otros cercanos), en donde se dieron derrumbes. Las lluvias afectaron Llano Grande, Tierra Blanca y Rancho Redondo en Goicoechea, y provocaron la paulatina crecida del río Reventado, lo que llenó de angustia a los

vecinos de la antigua metrópoli, pues temían que dicho río, “traicionero cual ninguno”<sup>27</sup>, repitiera inundaciones como las del mes de noviembre de 1928. También en Cartago, los dueños de “jardinerías” tuvieron grandes pérdidas pues las flores que tenían para ser vendidas en el día de los Santos Difuntos quedaron inutilizadas para confeccionar coronas y arreglos debido al exceso de lluvia; que, además, provocó daños en cultivos de maíz y papa.

Para esta zona en las faldas del volcán Irazú, los datos diarios de precipitación de la estación meteorológica en Oreamuno respaldan la afectación reportada. Del 23 de octubre al 3 de noviembre esa estación registró un acumulado de 413 mm de lluvia, con un mínimo de 22,9 mm para el último día y un máximo de 70,1 mm para el 1 de noviembre, y 62,4 mm para el 27 de octubre. Por su parte, la estación en Tres Ríos para las mismas fechas registró un acumulado de 609,5 mm, con máximos de 86,3 mm y 88,9 mm para el 31 de octubre y el primero de noviembre.

Una posible razón que justificaría por qué no hay mayores reportes de la Región Central, exceptuando Cartago, es que la estación meteorológica de San José<sup>28</sup> registró para octubre un acumulado de precipitación de 285,6 mm, que es un 50% por debajo del promedio, así como otras estaciones del oeste de la Región Central (véase figura 9).

### 3.8. Suceso 7: Tercer temporal, arrecia

Las calamidades ocasionadas por las lluvias no concluyeron el día 5 de noviembre para el Caribe; si dejó de llover, fue por poco tiempo. Para los días del 13 al 16 o 17 de noviembre, un nuevo temporal descargó gran cantidad de lluvia

25 “Primeras víctimas de las inundaciones: Una señora y su hijo perecieron ahogados en Zent”. *Diario de Costa Rica*, 3 de noviembre de 1944, p. 8.

26 Barrantes M., Tobías. 1944. [Telegrama a secretario de Gobernación], 1 de noviembre...

27 “El temporal está reciamente azotando a toda la República”. *La Prensa Libre*, 2 de noviembre de 1944, p. 10.

28 Instituto Meteorológico Nacional. 2020. Registro histórico de precipitaciones de San José....

en la zona del Caribe, tanto que la *Prensa Libre* tituló la noticia como: “Otra vez el temporal está azotando la zona Atlántica”<sup>29</sup>. Efectivamente, el 13 y 14 de noviembre se presentó una nueva depresión tropical en el Caribe<sup>30</sup> y desde Estrada (Carrandí) se informó que las aguas subieron nuevamente debido a las lluvias iniciadas el día 13 al medio día<sup>31</sup>. Había temor de que la localidad se volviese a inundar por segunda vez en menos de 22 días.

Al recrudescer el temporal, los reportes llegaron de los cantones de Limón, Siquirres y Matina. Se volvieron a registrar deslizamientos sobre la línea férrea que impidieron que el tránsito por ella se reanudara a pesar de las reparaciones en proceso. Haciendo esto, un obrero falleció y cuatro más resultaron heridos al caerles un derrumbe mientras trabajaban en rehabilitar

la línea<sup>32</sup> en Milla 48, a la altura de Lomas en Siquirres.

La arremetida del temporal incrementó las pérdidas en la agricultura, el comercio se vio nuevamente afectado y los artículos de primera necesidad volvieron a escasear, lo que generó un sobreprecio para los pocos artículos que se conseguían. En Siquirres, los comisariatos sirvieron de centros de distribución de la ayuda enviada; entre el 17 y el 20 de noviembre se entregaron alimentos básicos racionados (arroz, frijoles, café y azúcar) a 1028 personas a razón de dos libras por artículo y no alcanzaron para cubrir a toda la población necesitada<sup>33</sup>. El 22 de noviembre recibieron más ayuda (véase figura 16).

Los caminos se vieron afectados por la copiosa lluvia. La crecida consecutiva de los ríos generó

Form. No. 1 A

Ps. \_\_\_\_\_ 194

De of 250 Siquirres nov 20 las 13 35

A. Srio de Gobernación 15 50

S D

Esta Jefatura recibió para ser racionado entre vecinos de este cantón lo siguiente: Arroz 493 libras Frijol 500 libras, café 200 Libras y de azúcar 1650 libras. Se comisionó a comisariato de la compañía bananera para el expendio. Se racionó esa mercadería entre 1028 personas así: Viernes 17 350 personas sábado 18 mañana y tarde, 375 personas y hoy lunes 20-300 personas. En racionamiento no fué mayor de dos 2 libras por persona el primer día, pero hubo que reducirlo un poco, me refiero de cada artículo. Hoy ha quedado totalmente terminado todo y como es de suponer ha sido esto un pequeño alivio a la angustiosa situación por que atravezamos. Debe tomarse en cuenta que este cantón no tiene trapiches para solventar un tanto la cuestión del azúcar con la elaboración de dulce. No omito

Imp. Nacional - 1944

**LA VOZ ATLANTICA**  
SEMANARIO INDEPENDIENTE  
AÑO X — PUERTO LIMON, COSTA RICA, SABADO 18 DE NOVIEMBRE DE 1944 — NUMERO 445

**LAS GRANDES INUNDACIONES DE LA REGION ATLANTICA CAUSADAS POR EL TEMPORAL EN ESTOS DIAS**

Las noticias que nos llegan constantemente son muy confusas pero de todas ellas podemos suministrar algunos datos

EL SENOR INSPECTOR DE ESCUELAS CONFIRMA NUESTRAS PALABRAS EDITORIALES DEL 28 D OCTUBRE SOBRE LAS ESCUELAS DE ESTA CIUDAD

En Matina, Estrada y Zent las aguas subieron a un nivel sobre la línea, que no era posible ningún tráfico

Interesantes observaciones de este distinguido funcionario

**PROHIBIDA, POR DECRETO, LA IMPORTACION DE MERCADERIAS POR PUERTO LIMON**

El gobierno se ha visto forzado a tomar esta drástica disposición en vista de que hay enorme cantidad de mercancías amontonadas en las aduanas, en carros de ferrocarril y en los muelles

Figura 16. Fragmento de un telegrama del jefe político de Siquirres al secretario de Gobernación (20 de noviembre) y titulares de noticias publicadas en periódicos de 1944. Fuente: ANCR y *La Voz Atlántica*, 18 y 25 de noviembre.

29 “Otra vez el temporal está azotando la zona Atlántica”. *La Prensa Libre*, 14 de noviembre de 1944, p. 3. San José, Costa Rica.

30 “1944 Atlantic hurricane season” [en línea]...

31 Robles, Abel. 1944. [Telegrama de Gobernador de Limón a secretario de Gobernación]. 13 de noviembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 50.

32 Robles, Abel. 1944. [Telegrama de gobernador de Limón a presidente de la República y secretario de Gobernación], 15 de noviembre; ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 49. y “Terrible accident on railroad at 48 miles”. *La Voz Atlántica*, 18 de noviembre de 1944, p. 9. Limón, Costa Rica.

33 Barrantes M., Tobías. 1944. [Telegrama de jefe político de Siquirres a secretario de Gobernación], 20 de noviembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 52.

pánico en la población. Matina volvió a reportar inundaciones y animales muertos a causa de ellas. Los varios temporales ocurridos hasta noviembre en la región Caribe habían dejado en el sector pecuario un estimado de 400 animales muertos entre ganado y cerdos<sup>34</sup>.

Dada la crítica situación de las vías de comunicación en la región Caribe, el 23 de noviembre el presidente de la República, licenciado Teodoro Picado, amparado a las leyes de entonces, prohibió por decreto el ingreso de mercaderías por el puerto de Limón, salvo que estas fuesen para atender las necesidades de la región. El decreto se fundamentó en el colapso del espacio que la Aduana y los muelles en Limón

tenían para almacenaje; llenos de mercancías que no pudieron ser enviadas al Valle Central debido a que la línea férrea estuvo fuera de servicio la mayor parte del tiempo, desde finales de octubre hasta diciembre.

El día 27 de noviembre, con muchas precauciones, se logró reestablecer el tráfico ferroviario entre Limón y San José enviando trenes en ambos sentidos con mercancías y pasajeros. Con ello se esperaba que en el Caribe se “aliviara la triste situación que, debido a los fuertes temporales, inundaciones y otros motivos han azotado esta región”<sup>35</sup>, sin embargo, el transporte ferroviario tendría interrupciones nuevamente a principios de diciembre.

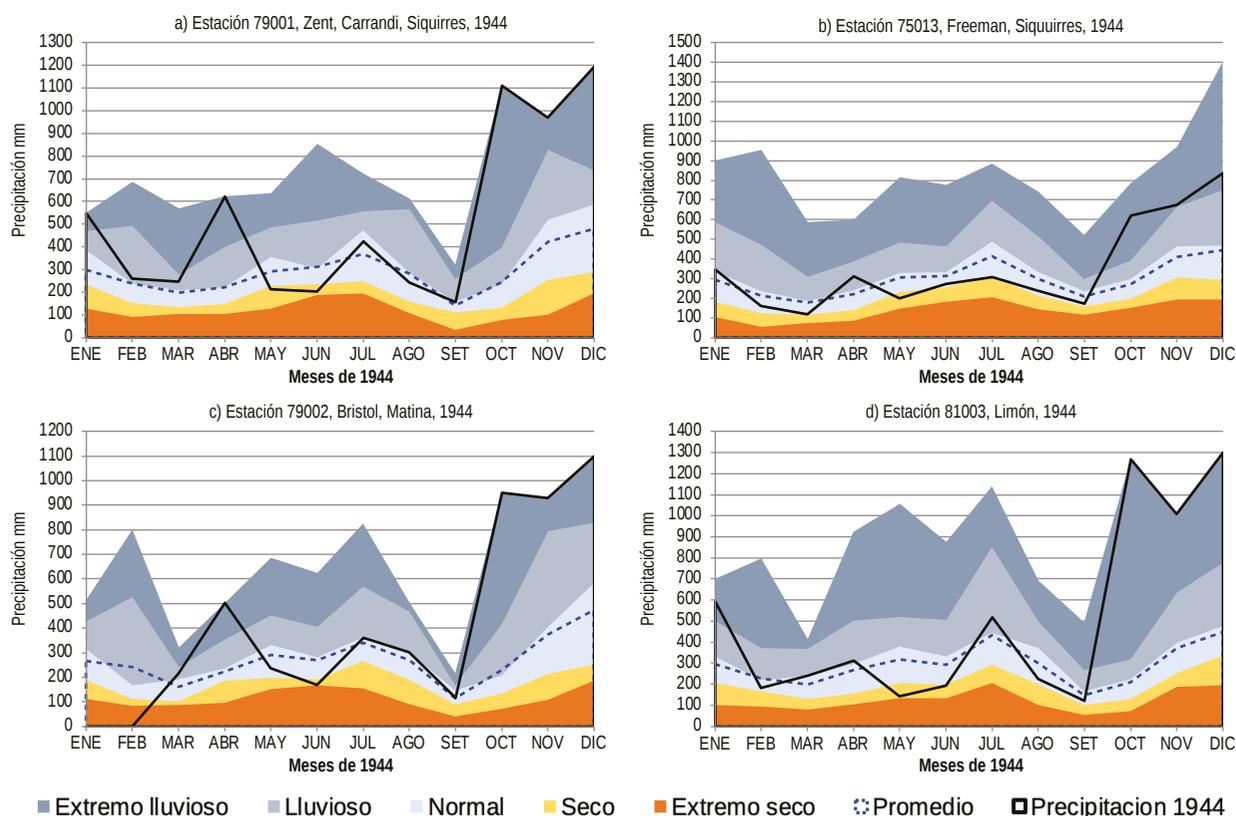


Figura 17. Escenarios de precipitación para 1944 de estaciones ubicadas en el cantón de Siquirres, Matina y Limón. Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

34 “Las grandes inundaciones de la región Atlántica causadas por el temporal en estos días”. *La Voz Atlántica*, 18 de noviembre de 1944, p. 1. Limón, Costa Rica.

35 Barrantes M., Tobías. 1944. [Telegrama de jefe político de Siquirres a ministro de Gobernación], 28 de noviembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 53.

La región Caribe había estado bajo un escenario extremo lluvioso durante 40 días desde que empezó el temporal (véanse figuras 4, 6, 13 y 17). Los promedios de lluvia de octubre y noviembre en las estaciones del Caribe se superaron abrumadoramente alcanzando los valores máximos de precipitación en algunas de ellas. Para esos dos meses, en Limón el superávit fue de 1053,9 mm y 598,8 mm respectivamente; en Zent

de 862,4 mm y 546,6 mm; en Freeman fueron de 350,7 mm y 266,9 mm; en Matina de 719,1 mm y 555,4 mm; en San Carlos, 290 mm y 3731 mm para Ciudad Quesada y para Buenavista 459,2 mm y 286,9 mm (véase figura 18).

De otras regiones del país no hay evidencia de algún tipo de impacto para el mes de noviembre y las anomalías de precipitación lo dejan ver (véase

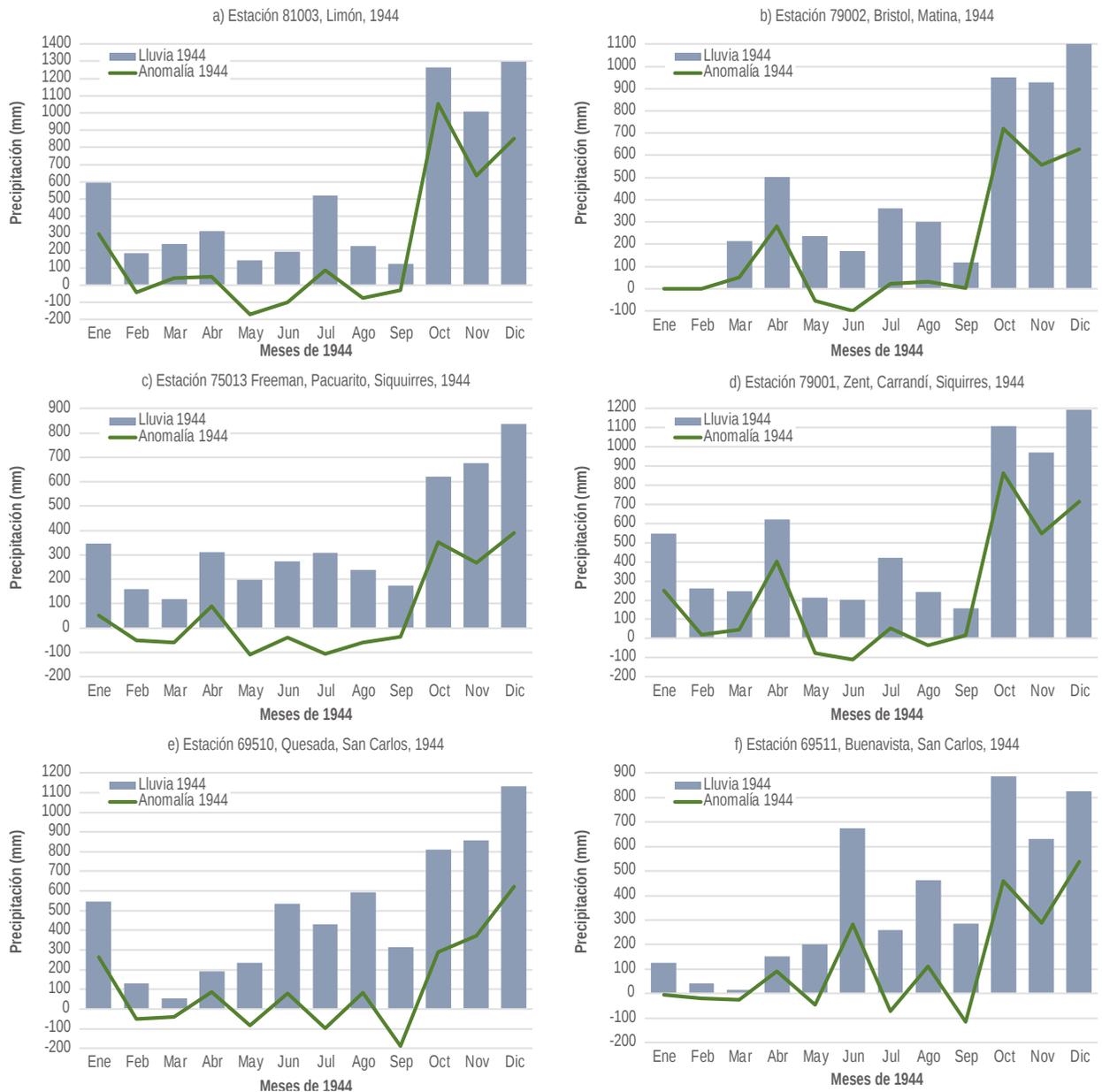


Figura 18. Precipitación y anomalía mensual de las estaciones meteorológicas de Limón, Matina, Siquirres y San Carlos para 1944. Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

figuras 9 y 10). San José, Cartago y Liberia tuvieron superávit para noviembre sin haberse asociado referencias a impactos. Del Pacífico, un radiograma enviado 16 de noviembre desde Parrita informaba como una generalidad que había mal tiempo en la región<sup>36</sup>.

### 3.9. Suceso 8: Cuarto temporal, el Caribe otra vez

El día 4 de diciembre, el servicio telegráfico de Peralta en Turrialba se interrumpió nuevamente a causa de las lluvias. Ese mismo día se reportó que el temporal seguía castigando la región Caribe, dando a entender que desde el 23 de noviembre hasta esa fecha no había parado de llover. Solo en los primeros seis días de diciembre, la precipitación acumulada en Limón fue de 334 mm.

A partir del 10 de diciembre el temporal recrudeció la situación de emergencia general que vivía el Caribe. El jefe político de Siquirres informó el 14 de diciembre al secretario de Gobernación, su preocupación por la situación que vivían: *“el temporal que desde mucho azota esta zona toma cada vez mayores proporciones, no solamente se corre el peligro de que quedemos aislados por todos lados, sino también, el de que se agote lo poco que tenemos que comer y que ha tomado precios exageradísimos dada la dificultad con que se hacen llegar y el peligro que para ello se corre”*<sup>37</sup>.

Unos días después, la suma de los efectos de los temporales había agravado la gran escasez de alimentos en las poblaciones del Caribe, productos básicos como el arroz, los frijoles, la sal, el azúcar y el café no se encontraban y lo poco que había disponible se vendía a sobreprecio.

Dadas las recurrentes obstrucciones de la vía férrea, que no dio pie con bola desde finales de octubre por los constantes derrumbes, en diciembre muchas de las provisiones enviadas al Caribe se hicieron llegar a través del puerto de Colón en Panamá.

El último percance de notoriedad del año en torno al ferrocarril ocurrió el 21 de diciembre en la milla 35, a un lado del río Pacuare, cuando un hundimiento destruyó un fragmento de la vía férrea en la que se encontraba laborando una cuadrilla; 13 peones resultaron heridos y dos de ellos fueron trasladados al hospital de Limón en condición de gravedad<sup>38</sup>.

En esta ocasión, el presidente de la República, Lic. Teodoro Picado, se desplazó hasta la zona de emergencia junto a una comitiva. Lo hizo a través de la línea férrea, teniendo que hacer trasbordos en algunos sectores y caminando a pie otros tramos de la línea a causa de los derrumbes. Al llegar a Limón prometió ayuda y desde allí se desplazó a otras poblaciones del Caribe.

La intensidad de las lluvias de este último temporal del año provocó que los distritos de Matina y Carrandí se volvieran a inundar, y afectó con severidad los cantones de Siquirres y Talamanca. En este último el río Sixaola se desbordó, y el 17 de diciembre se interrumpió el servicio de tren de carga con Almirante en Panamá. Este temporal también incrementó las personas damnificadas, sumó nuevos daños al sector agropecuario y agudizó la crisis socioeconómica causada por la seguidilla de temporales que duraron casi dos meses (véase figura 19).

La precipitación acumulada a diciembre fue extraordinaria, y según los “datos estadísticos pluviométricos de la Northern Railway Company”, informaba *La Prensa Libre*, desde 1905 no se

36 Chacón Ulate, Manuel. 1944. [Radiograma a secretario de Gobernación], 16 de noviembre. ANCR, Gobernación, No. 11158, legajo 131.

37 Barrantes M., Tobías. 1944. [Telegrama de jefe político de Siquirres a secretario de Gobernación], 14 de diciembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 55.

38 Barrantes M., Tobías. 1944. [Telegrama de jefe político de Siquirres a ministro de Gobernación], 21 de diciembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 58.



Figura 19. Titulares de noticias publicadas en diarios de 1944. Fuente: *La Tribuna*, 15 y 19 de diciembre.

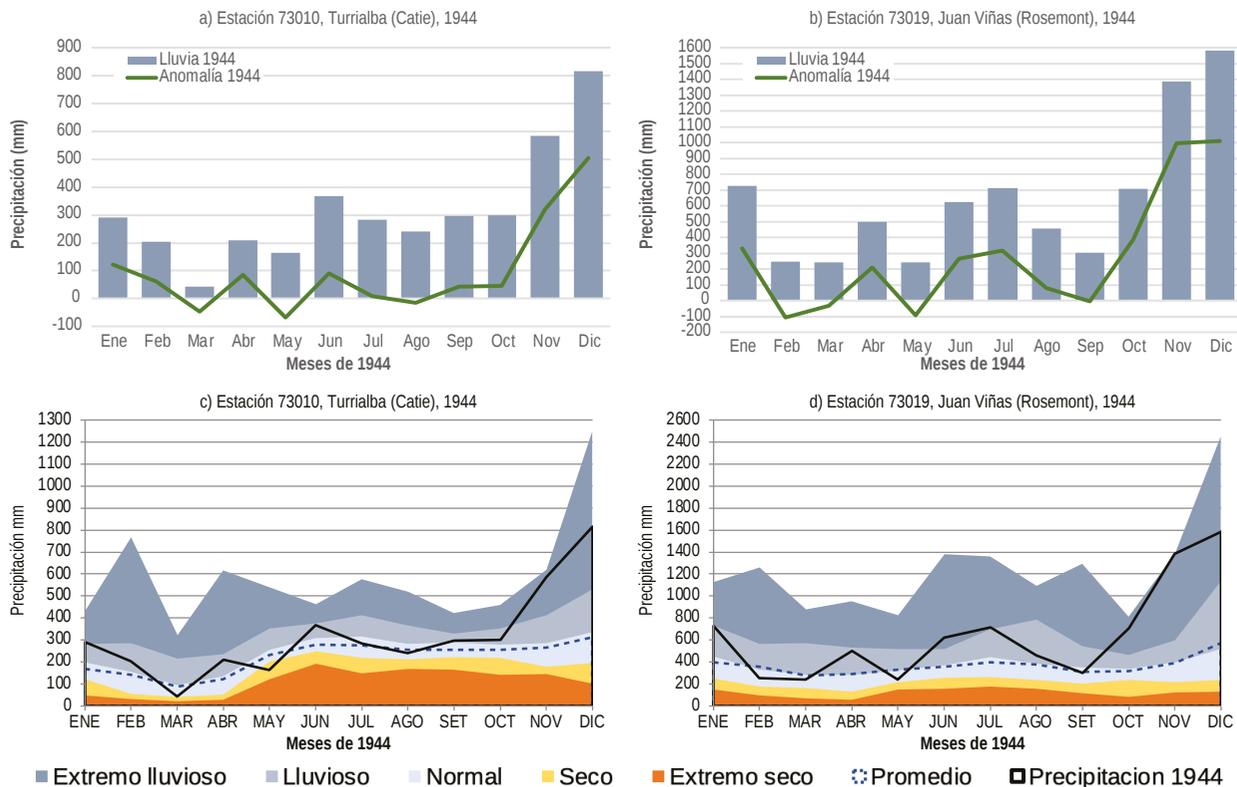


Figura 20. Precipitación y anomalía mensual y escenarios lluviosos de las estaciones meteorológicas en Turrialba y Jiménez para 1944. Fuente: *Elaborada a partir de datos IMN*.

habían presentado en la “zona Atlántica”, lluvias tan grandes como las de 1944<sup>39</sup>. Los datos de diciembre de las estaciones meteorológicas en San Carlos, Siquirres, Matina, Limón, Turrialba, Jiménez, Oreamuno y San José demuestran que las lluvias superaron los promedios para dicho mes en escenarios de extremo lluvioso (véanse

figuras 4, 8, 11, 13, 17 y 20). Entre el 10 y el 21 de diciembre cayó 839 mm de lluvia en Limón, el 64% de todo el mes, siendo los días del 12 al 16 los más lluviosos con una precipitación diaria promedio de 112,3 mm. En Siquirres del 11 al 16 de diciembre llovió 723,1 mm (70% del mes), y en Matina para el mismo periodo 821,7 mm (66% del mes). De las estaciones de Turrialba y Jiménez no hay registros diarios, pero acumularon en el último mes del año 815,6 mm y 1582,4 mm, respectivamente.

39 “Asumirá hoy el Gobierno las responsabilidades del transporte en la vía del Atlántico”. *La Prensa Libre*, 20 de diciembre de 1944, p. 1. San José, Costa Rica.

La actividad lluviosa de mediados de diciembre se extendió al Pacífico Central sin causar afectación y con un comportamiento opuesto a la del Caribe. Aunque un radiograma del 13 de diciembre remitido desde Parrita indicaba que la región estaba de temporal<sup>40</sup>, las lluvias no afectaron a la población. En general, el Pacífico Central y Pacífico Sur estuvieron con déficit de precipitación en el último trimestre de 1944 (véanse figuras 5 y 6); la excepción fue Golfito que tuvo un exceso de lluvia en octubre (figura 6, c y d). El Pacífico Norte, por el contrario, sí presentó lluvias superiores al promedio en diciembre, que estuvieron en el borde del extremo lluvioso; menos en Barranca, Puntarenas, zona más cercana al Pacífico Central, que sí presentó un déficit de precipitación (véase figura 14).

### 3.10. Suceso 9: Afectación comercial en el Valle Central

Para el Valle Central no hay registro de afectación severa en el último mes del año, más allá de la derivada a nivel comercial al no poderse transportar mercaderías a San José y algunas en el sector agropecuario relacionadas con los caminos, afectados a mediano plazo por el exceso de lluvia. El 27 de diciembre se evidenció esto en el hecho de que la producción de dulce en Cartago bajó a la mitad, principalmente por el deterioro de los caminos a causa de los fuertes temporales, lo que obligó a reponer el dulce faltante en San José, comprándolo en el mercado de Alajuela.

### 3.11. Síntesis del extremo lluvioso de 1944

La región Caribe estuvo bajo un escenario lluvioso a lluvioso extremo desde finales de octubre hasta diciembre de 1944. Una expresión popular diría que el “cielo estaba roto” en el Caribe y no era

para menos. Impresiones en la prensa tales como que “*pocas veces la zona Atlántica ha soportado un temporal tan pertinaz y molesto como el que se ha presentado este año*”<sup>41</sup> no estaban fuera de la objetividad al comparar la precipitación acumulada en el último trimestre del año (figura 21) y las anomalías de precipitación (figura 3) con los escenarios climáticos y los daños causados por la lluvia. La comparativa entre el volumen de precipitación registrada en el Caribe con respecto a la registrada en el Pacífico es contundente.

Las lluvias habían iniciado en abril con valores superiores a los promedios en el Caribe Norte, Caribe Sur, Región Central y Pacífico Central. En junio las lluvias se enmarcaron en los escenarios lluvioso para el Pacífico Central y extremo lluvioso para la Región Central y el Pacífico Sur.

La Región Central desde Oreamuno hasta San José tuvo un comportamiento diverso, de lluvioso a extremo lluvioso la mayor parte del tiempo entre mayo a diciembre. El único mes que estuvo fuera de ese comportamiento fue julio en las estaciones ubicadas en Oreamuno, Cartago y La Unión, las cuales registraron un déficit de precipitación, escenarios hacia lo seco. La excepción en el séptimo mes del año fue San José, que registró lluvias en valores de extremo lluvioso.

En términos generales, en el año 1944 el Pacífico estuvo con una tendencia hacia el déficit de lluvias (véase figura 3), opuesto al Caribe; sin embargo, de abril a septiembre presentó una precipitación más variable, donde destacan por exceso de lluvia los meses de junio y agosto en Parrita y Quepos (en el Pacífico Central), y junio y octubre en Osa (en el Pacífico Sur).

El mapa de precipitación acumulada anual de 1944 (figura 22) muestra como en la Zona Norte, Caribe Norte y Caribe Sur, y algunos sectores

40 Chacón Ulate, Manuel. 1944. [Radiograma a secretario de Gobernación], 13 de diciembre. ANCR, Gobernación, No. 11158, legajo 158.

41 “Continúa el temporal en el litoral del Atlántico”. *La Prensa Libre*, 4 de diciembre de 1944, p. 9. San José, Costa Rica.

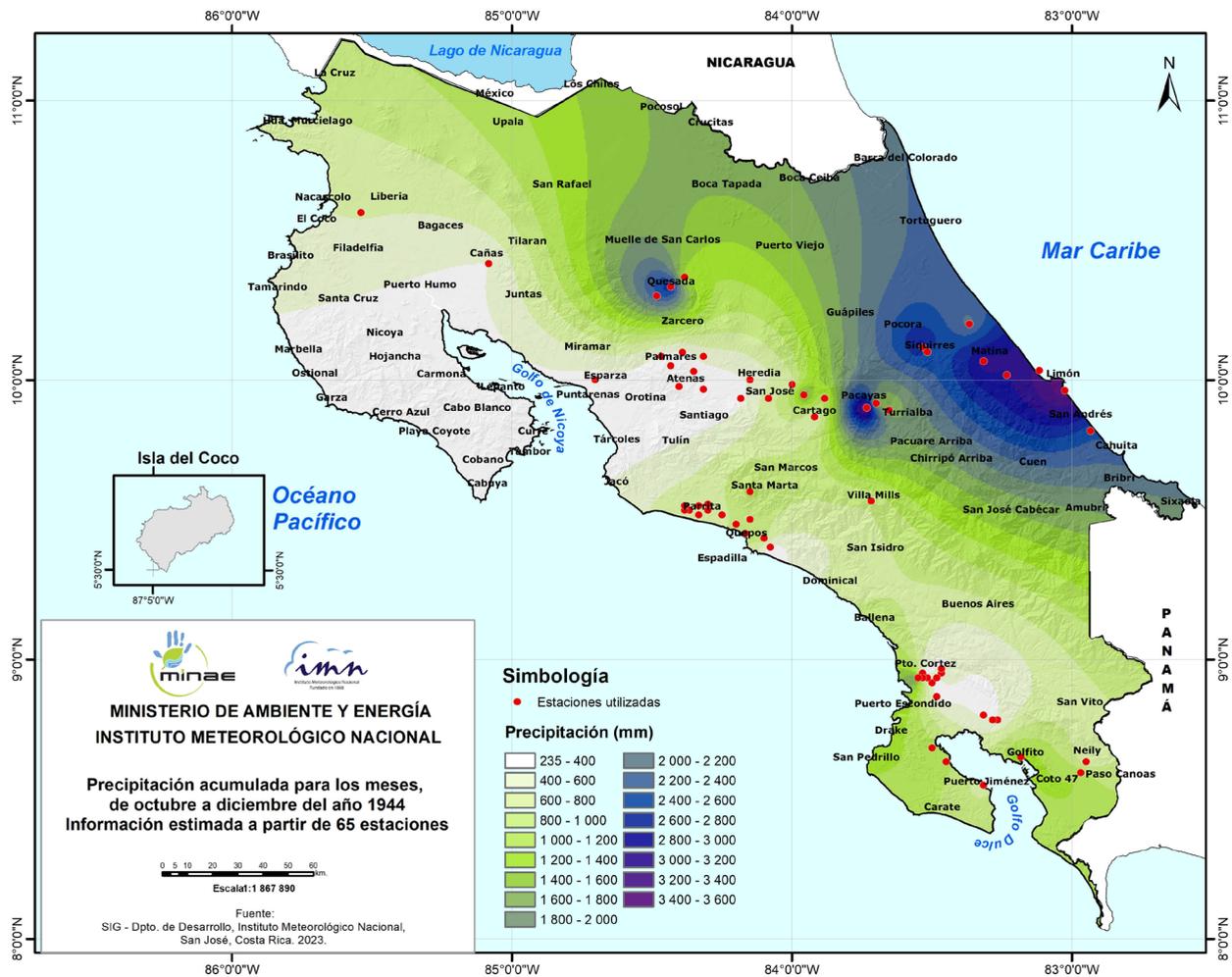


Figura 21. Mapa de precipitación acumulada para el último trimestre del año 1944 (octubre a diciembre). Fuente: IMN.

del Pacífico Sur, hubo acumulados superiores a los 4000 mm, llegando a sobrepasar los 5800 mm en lugares como San Carlos, Siquirres, Limón, Turrialba y Juan Viñas. Estos acumulados representan lluvias superiores a los promedios en la vertiente del Caribe, donde todas las estaciones registraron una precipitación anual mayor al 20% con relación a su respectivo promedio. Destacan las anomalías de las siguientes estaciones ubicadas en el Caribe Norte y Caribe Sur: Juan Viñas (Jiménez), 88%; Good Hope (Matina), 80%; Zent (Siquirres), 77%; Limón, 75%; Bristol (Matina), 56%; Hacienda Dominica (Turrialba), 53% y Valle La Estrella (Limón), 52%. En la Zona Norte la mayor anomalía de precipitación fue para

la estación ubicada en Buena Vista (San Carlos) con un 49% de lluvia mayor al promedio; mientras que en la Región Central (vertiente del Pacífico) destacan las anomalías de las estaciones de Tres Ríos (La Unión), con un 72%; en San José, 59% y Oreamuno con 32%.

En la región Pacífico Central la precipitación anual acumulada fue inferior a los promedios. En el Pacífico Sur hubo montos inferiores excepto en el cantón de Osa donde las estaciones registraron montos de 10% mayores a los promedios; destaca la estación ubicada en Finca 16 que registró una anomalía del 74%. Por su parte, el Pacífico Norte registro una leve precipitación sobre los

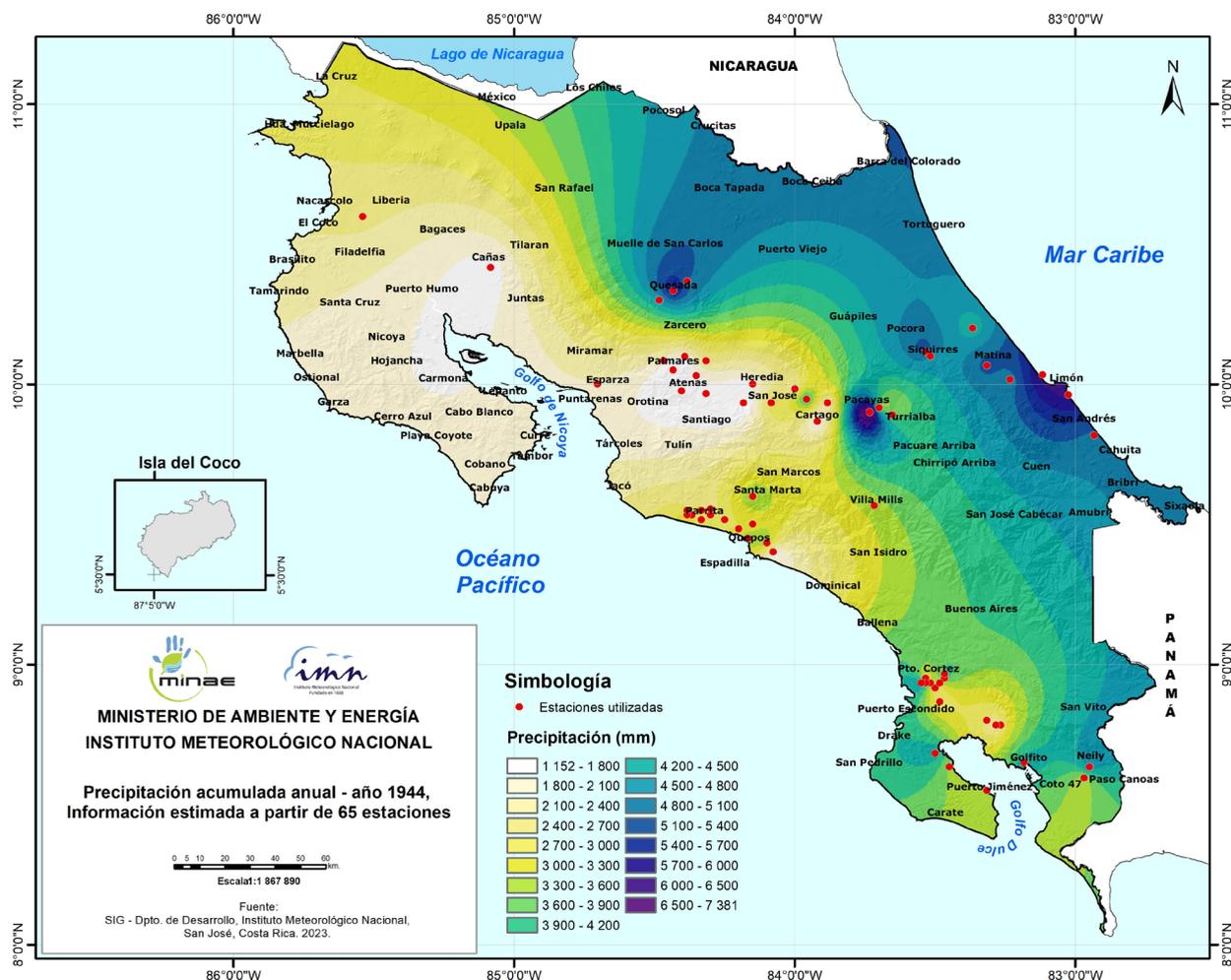


Figura 22. Mapa de precipitación acumulada para todo el año de 1944. Fuente: IMN.

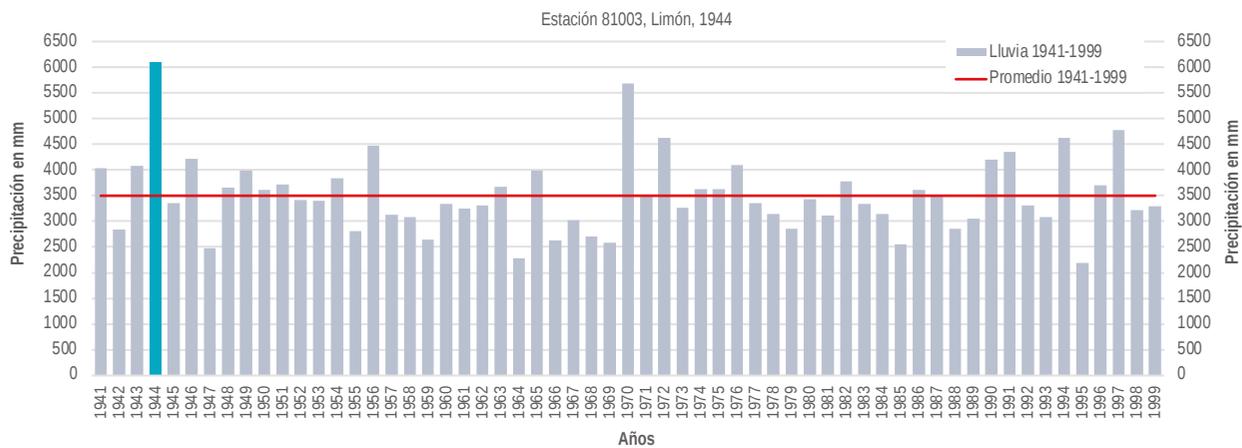


Figura 23. Precipitación anual de la estación meteorológica de Limón (1941-1999). Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

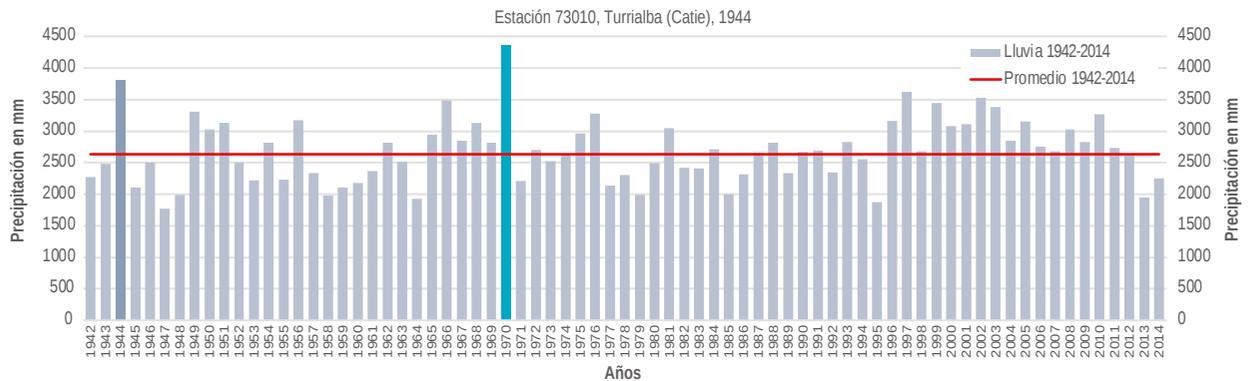


Figura 24. Precipitación anual de la estación meteorológica del CATIE en Turrialba (1942-1999). Fuente: Elaborada a partir de datos IMN.

promedios, pero sobresale la estación en Llano Grande (Liberia) que registró un 54% de lluvia superior a su promedio.

Tanta fue la lluvia en ese año, que varias estaciones meteorológicas de la región Caribe registraron los valores extremos históricos de precipitación para los meses de octubre, noviembre y diciembre como se aprecia en los escenarios de precipitación. Para Limón, las lluvias de 1944 fueron un récord anual, siendo el año más lluvioso para esta ciudad durante el siglo XX (figura 23).

Para otras localidades del Caribe Sur también fue un año lluvioso, como para Turrialba, en donde 1944 fue el segundo año con mayor precipitación en el siglo XX (figura 24).

Las lluvias de ese año ocasionaron un impacto inmenso en el sector agropecuario y muy severo para la estructura socio económica en la región Caribe en 1944. Incidencias como deslizamientos, inundaciones y exceso de lluvia (figura 25), ocasionaron el 81% de los impactos que hicieron sufrir a la población del Caribe. A una cantidad de impactos no fue posible asignarles cantón dada la impresión del reporte, pero hacen alusión a algún lugar de la provincia de Limón, como se evidencia en la figura 26 que muestra la distribución general de incidentes registrados por provincia. Finalmente, el cuadro 3 muestra los cantones

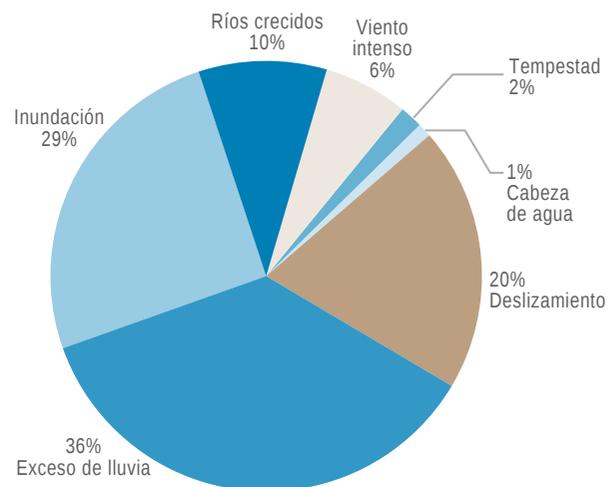


Figura 25. Categoría de incidentes registrados a causa de los temporales y lluvias intensas en 1944.

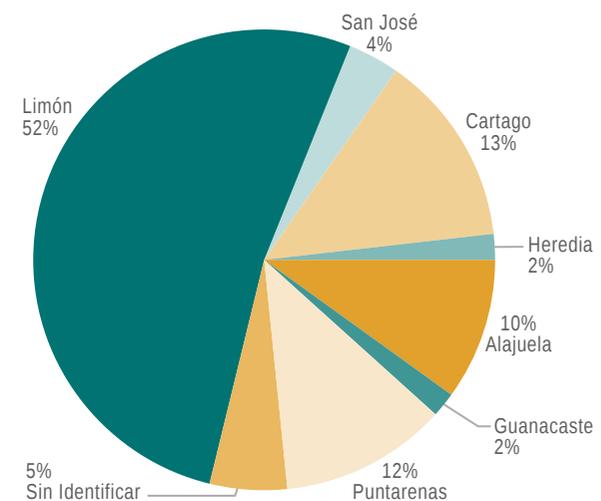


Figura 26. Registro de incidentes por provincia a causa de temporales y lluvias intensas en 1944.

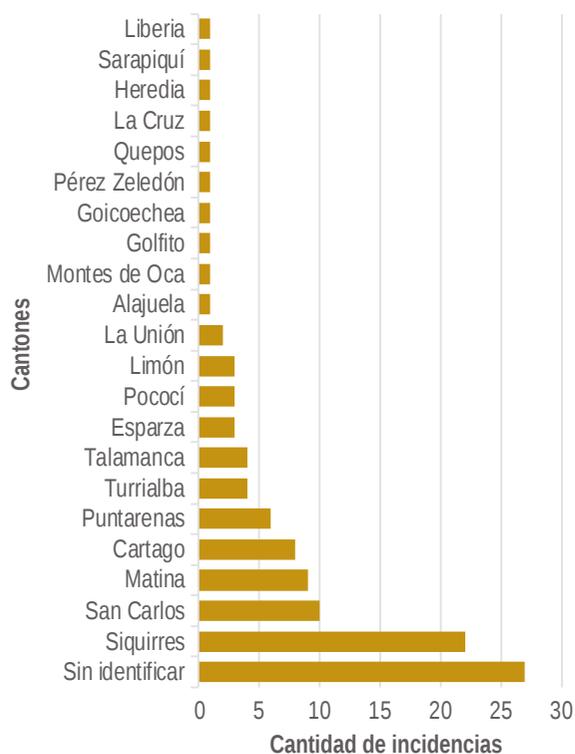


Figura 27. Cantones con registro de incidencias a causa de temporales y lluvias intensas en 1944.

que fueron afectados en cada uno de los sucesos identificados.

Finalmente, la mayoría de las incidencias a causa de los temporales de 1944 ocurrieron en el Caribe costarricense. En cuanto a distribución por territorio administrativo, Siquirres, Matina, San Carlos y Cartago fueron los cantones que sufrieron el mayor impacto por las lluvias (figura 27).

## 4. CONCLUSIONES

La investigación partió del hecho de que 1944 fue el año más lluvioso para San José —única ciudad con la serie completa de datos pluviométricos del siglo XX—, para asegurar esto se demostró con los datos disponibles de las otras estaciones meteorológicas, que también fue el año más lluvioso para Limón y algunas estaciones del Caribe, y el segundo más lluvioso para Turrialba,

Juan Viñas, La Unión, y uno de los más lluviosos para la zona norte.

A pesar de que no todas las estaciones del Caribe registraron el año de 1944 como el más lluvioso del siglo XX, muchas sí lo registraron con el récord de lluvia mensual para octubre, noviembre o diciembre en Siquirres, Matina, Limón, Valle La Estrella, Turrialba, Juan Viñas, La Unión y San Carlos.

La evidencia noticiosa y documental de afectación se identificó para las regiones Caribe Norte y Caribe Sur, donde los datos de las estaciones meteorológicas ubicadas en esas zonas demuestran que 1944 fue en extremo lluvioso, lo que evidencia el impacto de este para la región.

A pesar de que 1944 fue el año más lluvioso para San José durante el siglo XX, las noticias y documentos referentes a la actividad lluviosa no proporcionan evidencia concreta de periodos prolongados de lluvias intensas y afectación a lo largo del año en la capital. Esto obedecería a que las lluvias fueron más constantes a lo largo del año, pero no extremas.

Los grandes fenómenos meteorológicos ocurridos en el Caribe durante 1944 no impactaron de manera directa al país. La afectación más evidente fue a consecuencia indirecta del huracán del 4 en junio, las depresiones tropicales de octubre, y el huracán número 14 de inicios de noviembre que se formó frente a la costa nicaragüense.

Por otra parte, 1944 fue un año neutro del fenómeno ENOS<sup>42</sup>, el exceso de precipitación para la vertiente del Caribe no estuvo influenciada por la fase ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) de El Niño, que sería una primera justificación para los altos niveles de lluvia.

42 “El Niño Southern Oscillation (ENSO)” [en línea]. NOAA Physical Sciences Laboratory. [https://psl.noaa.gov/enso/pestaña/Past Events](https://psl.noaa.gov/enso/pestaña/Past%20Events). Consultado el 8 de febrero de 2023).

En síntesis, el análisis de los incidentes documentados de la temporada lluviosa de 1944 enfrentado a los datos meteorológicos demostró su correlación. Sin embargo, meteorológicamente queda abierto un análisis profundo de las condiciones atmosféricas, para determinar los fenómenos ocurridos durante ese año que provocaron las lluvias ocurridas el 31 de mayo y el 1 de junio en la Zona Norte y el Caribe Norte; el exceso de lluvia de junio en la Región Central y en el Pacífico; y las lluvias de finales de octubre y principios de noviembre en el Caribe, y los temporales de mediados noviembre y diciembre también en el Caribe.

## 5. REFERENCIAS

### 5.1. Periódicos de 1944 consultados

*Diario de Costa Rica*

*Ecós del Sur*

*La Prensa Libre*

*La Tribuna*

*La Voz Atlántica*

*Última Hora*

### 5.2. Fuentes documentales consultadas

Archivo Nacional de Costa Rica. Fondo Gobernación, No. 11159.

Archivo Nacional de Costa Rica. Fondo Gobernación, No. 11160.

Alvarado, Luis F. y Alfaro, Eric J. 2003. "Frecuencia de los ciclones tropicales que afectaron a Costa Rica durante el siglo XX. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, Año 10, No 1, p. 1-11.

Granados Jiménez, Rodrigo. 2020. "El extremo lluvioso de 1886 en Costa Rica: el año con más precipitación en la historia de San José". *Revista Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, Vol. 19, No. 2, p. 5-38.

Hagen, Andrew B. 2010. *A Reanalysis of the 1944-1953 Atlantic Hurricane Seasons - The First Decade of Aircraft Reconnaissance*. A Thesis Submitted to the Faculty of the University of Miami in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. Coral Gables, Florida, USA: University of Miami.

Hagen, Andrew B.; Strahan-Sakoskie, Donna and Lucket, Christopher. 2012. "A Reanalysis of the 1944-53 Atlantic Hurricane Seasons - The First Decade of Aircraft Reconnaissance". *Journal of Climate*, Volume 25, p. 4441-4460. American Meteorological Society.

Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 1988. Catastro de las series de precipitaciones medidas en Costa Rica. San José, Costa Rica: IMN y MIRENEM.

Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Sf. Los huracanes y sus efectos en Costa Rica. [en línea] <https://www.imn.ac.cr/web/imn/huracanes>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [editado por Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield].

Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2017. Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas, No. 1203. Suiza. [versión electrónica]: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4167](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4167)

Piedra Quesada, Vinicio (compilador). 2017. División territorial administrativa de la

República de Costa Rica. San José, Costa Rica: Editorial Digital Imprenta Nacional.

Retana, J.; Araya, C.; Sanabria, N.; Alvarado, L.; Solano, J.; Barrientos, O.; Solera, M.; Alfaro, M.; Araya, D. 2011. Análisis del riesgo actual del sector hídrico de Costa Rica ante el cambio climático para contribuir a mejorar el desarrollo humano. San José, Costa Rica: MINAET-IMN-PNUD. 98p.

Retana, J.; Villalobos, R. 2000. "Caracterización pluviométrica de la fase cálida de ENOS en Costa Rica con base en probabilidades de ocurrencia de eventos en tres escenarios: seco, normal y lluvioso". *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, Vol. 7, No. 2, p. 124-131.

Villalobos, R.; Retana, J. 2000. Sistema de pronóstico de lluvias en Costa Rica. Agrupación de años con características pluviométricas semejantes para la creación de escenarios climáticos [en línea]. San José, Costa Rica: Instituto Meteorológico Nacional, Gestión de Desarrollo. Recuperado de <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Sistema+de+pronostico+lluvias+y+por+años+análogos>

### 5.3. Citados directamente en documento

"1944 Atlantic hurricane season" [en línea]. Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/1944\\_Atlantic\\_hurricane\\_season](https://en.wikipedia.org/wiki/1944_Atlantic_hurricane_season) (descargado 26 de febrero de 2023).

"Aislada de Cartago la zona agrícola más rica de esa provincia". *Diario de Costa Rica*, 5 de noviembre de 1944, p. 1 y 3. San José, Costa Rica.

"Asumiré hoy el Gobierno las responsabilidades del transporte en la vía del Atlántico". *La Prensa Libre*, 20 de diciembre de 1944, p. 1. San José, Costa Rica.

"Continúa el temporal en el litoral del Atlántico". *La Prensa Libre*, 4 de diciembre de 1944, p. 9. San José, Costa Rica.

"Desplazada Costa Rica del área del ciclón tropical". *La Tribuna*, 3 de noviembre de 1944, p. 1 y 3. San José, Costa Rica.

"Destruyó el río Tiribí la presa de El Pizote". *La Prensa Libre*, 17 de agosto de 1944, p. 1 y 10. San José, Costa Rica.

"El mar inundó ayer la población de Caldera". *Diario de Costa Rica*, 10 de agosto de 1944, p. 4. San José, Costa Rica.

"El temporal está reciamente azotando a toda la República". *La Prensa Libre*, 2 de noviembre de 1944, p. 10.

"Grandes derrumbes y lavados en el kilómetro 94 de la línea al pacífico". *La Prensa Libre*, 11 de septiembre de 1944, p. 1 y 16. San José, Costa Rica.

"La Semana que termina - Y sobra de agua". *Diario de Costa Rica*, 5 de noviembre de 1944, p. 1B.

"Las grandes inundaciones de la región Atlántica causadas por el temporal en estos días". *La Voz Atlántica*, 18 de noviembre de 1944, p. 1. Limón, Costa Rica.

"Otra vez el temporal está azotando la zona Atlántica". *La Prensa Libre*, 14 de noviembre de 1944, p. 3. San José, Costa Rica.

"Primeras víctimas de las inundaciones: Una señora y su hijo perecieron ahogados en Zent". *Diario de Costa Rica*, 3 de noviembre de 1944, p. 8. San José, Costa Rica.

"Terrible accident on railroad at 48 miles". *La Voz Atlántica*, 18 de noviembre de 1944, p. 9. Limón, Costa Rica.

"Torrenciales aguaceros y violentas rayerías y granizadas en la provincia de Cartago". *La Prensa Libre*, 20 de septiembre de 1944, p. 3. San José, Costa Rica.

"Un fuerte temporal azota desde hace tres días la zona Atlántica". *La Tribuna*, 31 de octubre de 1944, p. 3. San José, Costa Rica.

Barrantes M., Tobías. 1944a. [Telegrama a ministro de Gobernación], 2 de junio. ANCR, Gobernación, No. 11160, legajo 22.

- Barrantes M., Tobías. 1944b. [Telegrama a secretario de Gobernación], 1 de noviembre. ANCR, Gobernación, No. 11160, legajo 47.
- Barrantes M., Tobías. 1944c. [Telegrama de jefe político de Siquirres a secretario de Gobernación], 20 de noviembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 52.
- Barrantes M., Tobías. 1944c. [Telegrama de jefe político de Siquirres a ministro de Gobernación], 28 de noviembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 53.
- Barrantes M., Tobías. 1944d. [Telegrama de jefe político de Siquirres a secretario de Gobernación], 14 de diciembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 55.
- Barrantes M., Tobías. 1944e. [Telegrama de jefe político de Siquirres a ministro de Gobernación], 21 de diciembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 58.
- Chacón Ulate, Manuel. 1944a. [Radiograma a Oficial Mayor de Gobernación], 26 de octubre. ANCR, Gobernación, No. 11158, legajo 11.
- Chacón Ulate, Manuel. 1944b. [Radiograma a secretario de Gobernación], 16 de noviembre. ANCR, Gobernación, No. 11158, legajo 131.
- Chacón Ulate, Manuel. 1944c. [Radiograma a secretario de Gobernación], 13 de diciembre. ANCR, Gobernación, No. 11158, legajo 158.
- Robles, Abel. 1944a. [Telegrama de gobernador de Limón a presidente de la República y secretario de Gobernación], 15 de noviembre; ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 49.
- Robles, Abel. 1944b. [Telegrama de Gobernador de Limón a secretario de Gobernación]. 13 de noviembre. ANCR, Gobernación No. 11160, legajo 50.

# Estudio del inicio y término de la estación lluviosa en el Pacífico Norte de Costa Rica en el periodo 1981-2020. Parte 1, caracterización climática.

KENDALL UGALDE CASTRO<sup>1</sup>, ERIC J. ALFARO MARTÍNEZ<sup>2</sup>,  
HUGO G. HIDALGO LEÓN<sup>3</sup> y TITO MALDONADO MORA<sup>4</sup>

## Resumen

Esta investigación estudió el comportamiento y la distribución espacial del inicio y término de la estación lluviosa (IELL y TELL, respectivamente), así como la duración de las estaciones seca y lluviosa sobre la provincia de Guanacaste (DES y DELL, respectivamente). Se determinaron y caracterizaron estadísticamente las fechas del IELL, TELL, DES y DELL, usando datos de precipitación en rejilla sobre Guanacaste para el periodo 1981-2020 y se validaron contra datos de precipitación de estaciones meteorológicas. Los IELL ocurren más tempranos en cantones centrales de Guanacaste alrededor de la desembocadura del río Tempisque, con fechas más tardías al desplazarse hacia zonas costeras, limítrofes con Alajuela y al norte de la provincia. Los TELL se distribuyen uniformemente, con valores tardíos al sur y valores tempranos en la zona central y norte de Guanacaste. La DES y DELL, son uniformes en la región con las condiciones más secas al norte y las más húmedas al sur y este de la región, con aproximadamente una mitad del año como estación seca y la otra como estación lluviosa. Las tendencias indican que los IELL son más tempranos, los TELL más tardíos, las DES más cortas y las DELL más largas.

**PALABRAS CLAVE:** CHIRPS; DURACIÓN DE LA ESTACIÓN SECA Y LLUVIOSA; GUANACASTE; PRECIPITACIÓN.

## Abstract

This research aims to characterize the behavior and spatial distribution of the onset and demise of the rainy season (IELL and TELL, respectively for their acronym in Spanish), as well as the duration of the dry and rainy seasons over the province of Guanacaste (DES and DELL, respectively for their acronym in Spanish). The IELL, TELL, DES and DELL dates are determined and statistically characterized, using a gridded precipitation dataset for Guanacaste for the period 1981-2020 and validated against precipitation data from meteorological gauge stations. IELLS occur earlier in central cantons of Guanacaste around the mouth of the Tempisque river, with later dates as moving towards coastal regions, bordering Alajuela and to the north of the province. TELLs are uniformly distributed, with late values in the south and early values in the central and northern areas of Guanacaste. DES and DELL are uniform in the region with the driest conditions in the north and the most humid places in the south and east of the region, with approximately one half of the year as a dry season and the other half as a rainy season. The trends indicate earlier IELLS, later TELLs, shorter DES, and longer DELLs.

**KEYWORDS:** CHIRPS; GUANACASTE; PRECIPITATION; RAINY AND DRY SEASON DURATION.

- 1 Docente e investigador en la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. kugaldec@uned.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0002-9762-9811>
- 2 Investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) y profesor catedrático en la Escuela de Física, Universidad de Costa Rica. erick.alfaro@ucr.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0001-9278-5017>
- 3 Investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), del Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada (CIMPA) y Profesor catedrático en la Escuela de Física, Universidad de Costa Rica. hugo.hidalgo@ucr.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0003-4638-0742>
- 4 Investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Universidad de Costa Rica. tito.maldonado@ucr.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0001-9774-9082>

## 1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica es un país dividido en dos vertientes dado al amplio sistema de cordilleras que se extienden desde el noroeste hasta sureste, que separa a las aguas marinas que rodean al país (océano Pacífico al oeste y el mar Caribe y Atlántico al este); aunado al complejo sistema atmosférico que afecta América Central da como resultado un régimen de precipitación representativo para la vertiente del Pacífico y otro para la vertiente del Caribe (Durán-Quesada et al., 2020; Maldonado et al., 2018).

La vertiente del Pacífico presenta dos estaciones climáticas características, una estación seca y otra lluviosa, la transición de estación seca a lluviosa ocurre alrededor del mes de mayo y la transición de estación lluviosa a seca alrededor de noviembre (Alfaro, 2002), con un periodo de disminución de las precipitaciones entre julio y agosto conocido como “veranillo” (Alfaro, 2014; Alfaro & Hidalgo, 2017; García-Franco et al., 2022; Maldonado et al., 2016a; Ramírez, 1983).

La cantidad de precipitación varía a lo largo de toda la estación lluviosa y depende de los sistemas ciclónicos, sistemas de vientos provenientes del océano Pacífico Ecuatorial, las brisas marinas y la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Maldonado et al., 2018; Mora et al., 2020; Muñoz et al., 2002; Quirós & Hidalgo, 2016b, 2016a).

La estación seca se puede definir como el periodo en que la precipitación no supera la evapotranspiración (Hernández & Fernández, 2015; Ramírez, 1983), mientras que lo contrario sucede durante la época lluviosa. Las fechas de inicio de la estación lluviosa (IELL) se determina cuando se establecen las precipitaciones, y las fechas en que esta termina (TELL) cuando se suprimen las precipitaciones. Ahora bien, la duración de la época lluviosa (DELL) se puede definir como el periodo abarcado desde el IELL

hasta el TELL; de manera similar, la duración de la estación seca (DES) se define como el periodo comprendido desde el TELL hasta el IELL del siguiente año. El Instituto Meteorológico Nacional [IMN] (2008) estima el establecimiento de las precipitaciones en la vertiente del Pacífico de Costa Rica entre mayo y octubre.

Diferentes investigaciones (Alfaro, 2002; Díaz, 2019; Gramzow & Henry, 1972) han encontrado que los IELL más tempranos (tardíos) ocurren en los países al sur (norte) de la región centroamericana y los TELL muestran un comportamiento contrario, lo que se podría atribuir a un movimiento latitudinal de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Sin embargo, en un trabajo más reciente, Alfaro e Hidalgo (2021) encontraron comportamientos similares entre estaciones en países al norte y sur de América Central, de modo que el desplazamiento latitudinal de la ZCIT no explica toda la variabilidad del IELL y TELL.

Diversas investigaciones (Alfaro, 2002; Alfaro et al., 1998; Alfaro & Cid, 1999; Gramzow & Henry, 1972; Nakaegawa et al., 2015; Rivera et al., 2019) han determinado el IELL reduciendo las series de precipitación a pentadas (promedios cada cinco días), luego recorren la serie en sentido cronológico y cuando alguna pentada supere un umbral de precipitación definido se establece el IELL. Usualmente el umbral se establece en 25 mm, ya que representa la precipitación de una tormenta de meso-escala y, además, también indica la cantidad de evaporación esperada en cinco días (Hernández & Fernández, 2015), según las estimaciones de evaporación de 5-8 mm/día determinadas por Gray (1993) para Centroamérica. El TELL se establece de la misma forma, pero recorriendo la serie en sentido inverso.

Entre otros métodos para determinar IELL y TELL se destaca la usada por Hernández y Fernández (2015), la cual compara los promedios en pentadas de precipitación y evapotranspiración de referencia. Similarmente, Orrego et al. (2021)

realizó comparaciones entre las pentadas de precipitación y la evapotranspiración potencial. En la tesis de Díaz (2019) se calcularon las pendientes del acumulado de precipitación diario cada diez días, entre el 19 de abril y 30 de julio, si tal pendiente es mayor que 2 y al menos 5 de los 10 días presentan lluvias mayores que cero, se considera el IELL como el primer día del intervalo.

Un método alternativo es usado por Gouirand et al. (2020) NCEP-DOE and ERA-Interim, ellos definieron sobre América Central y el Caribe patrones sinópticos (weather types o WT por sus siglas en inglés), unos son representativos para la estación lluviosa y otros para la estación seca. Cuando una serie de precipitación presenta WT representativos a la estación lluviosa, con pocos WT representativos a la estación seca, se define la transición de estación seca a lluviosa. Mientras que, para la transición de época lluviosa a seca, se hace el proceso inverso.

Por último, en el trabajo reciente de Ureña-Mora y Alfaro (2022) se usa un método expuesto por Bombardi et al. (2017) para determinar el IELL y el TELL y es comparado contra métodos similares a los usados en otros trabajos (Alfaro et al., 1998; Alfaro & Cid, 1999; Gramzow & Henry, 1972). El método usado por Ureña-Mora y Alfaro (2022) se aplicó en esta investigación y se detallará más adelante, en la sección 2.2.1.

El objetivo de esta investigación es determinar el IELL, TELL, DES y DELL sobre la provincia de Guanacaste, utilizando la metodología de Bombardi et al. (2017), modificada por Ureña-Mora y Alfaro (2022), sobre datos de precipitación en rejilla que cubren toda la zona de Guanacaste y caracterizarlos estadísticamente mediante el cálculo de métricas tales como la mediana, la desviación estándar y las tendencias. Adicionalmente, se pretende llevar a cabo un análisis estadístico que permita validar las fechas del IELL, TELL, DES y DELL de los datos de rejilla contra datos observados de precipitación de estaciones meteorológicas.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. Área de estudio y datos de precipitación

En la figura 1 se aprecia la región de estudio de interés, abarcando toda la provincia de Guanacaste y la región de la provincia de Puntarenas perteneciente a la península de Nicoya.

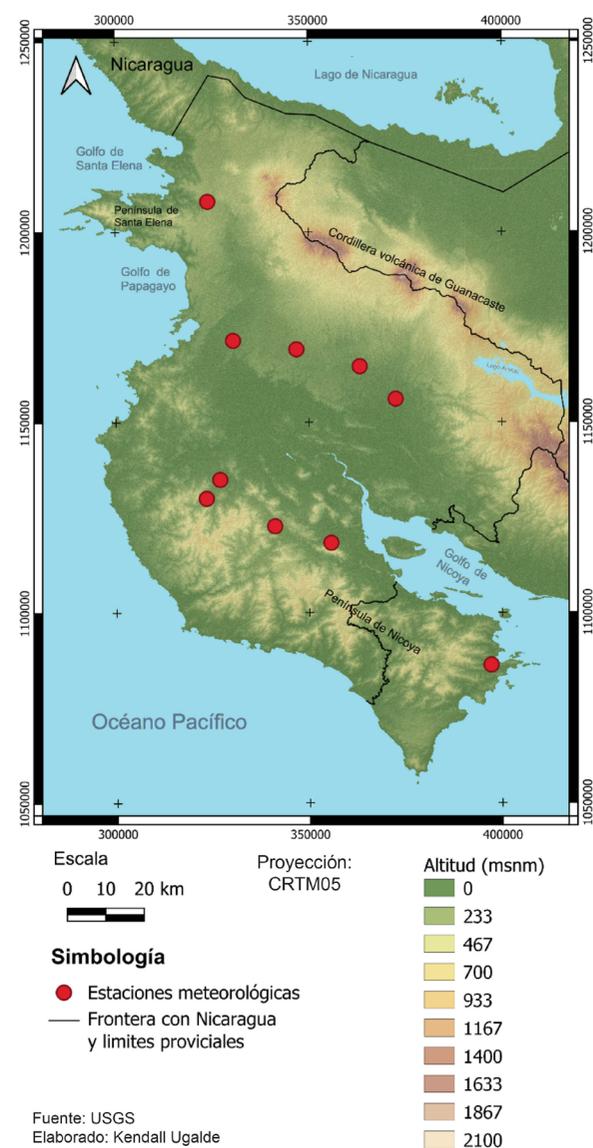


Figura 1. Región de estudio que abarca toda la provincia de Guanacaste incluyendo la península de Nicoya. Los puntos rojos representan la localización de las estaciones meteorológicas de la base de datos del IMN usadas en el análisis (cuadro 1).

Cuadro 1. Información de estaciones sobre Guanacaste con datos de resolución temporal diaria. La mayoría de los datos de las estaciones meteorológicas fueron suministradas por el IMN.

Nombre	Numero de estación	Latitud (°)	Longitud (°)	% de dato faltante	Periodo
Santa Cruz	74003 + 74053	10.26	-85.58	6,54	1981-2009
Bagaces	76026	10.53	-85.25	4,52	1981-2015
Liberia	74020 + 74059	10.60	-85.54	3,32	1981-2017
Finca las Huacas	74037	10.57	-85.40	5,52	1986-2018
Peñas Blancas	69534	11.215	-85.612	6,80	1981-2006
Nicoya	72101	10.15	-85.45	5,05	1981-2013
Santa Elena	72153	10.92	-85.611	4,62	2005-2019
Finca la Ceiba	72157	10.111	-85.317	5,71	1999-2019
Paquera	72111	9.822	-84.938	16,45	1981-2019
Mojica	76055	10.453	-85.165	6,14	1999-2019

Se utilizaron los datos en rejilla del conjunto de datos denominado *Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS por sus siglas en inglés) (Funk et al., 2015). Esta es una base de datos de precipitación que se genera a partir de técnicas de interpolación y registros de precipitación de observaciones al infrarrojo de la duración de nubes frías, esto para caracterizar ubicaciones geográficas con pocos o datos nulos. La resolución espacial de CHIRPS es de 0.05° (alrededor de 5 km) y la resolución temporal es de un día, con datos desde 1981 hasta 2020 (Funk et al., 2015). Recientemente, los trabajos de Centella et al. (2020) y de Stewart et al. (2022) evaluaron diversas bases de datos sobre la región de América Central, obteniendo resultados satisfactorios con los datos de CHIRPS. Específicamente para Costa Rica, en la tesis de Quesada-Hernandez (2019) se validó CHIRPS con datos de estaciones meteorológicas en Guanacaste dando como resultado una alta representación de CHIRPS en la región.

La base de datos de CHIRPS se validó comparándose con datos observados de precipitación sobre Guanacaste; la información de las estaciones meteorológicas utilizadas, obtenidas en su mayoría del IMN, se presenta en el cuadro 1, y su ubicación se muestra en la figura 1.

## 2.2. Proceso metodológico

Los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas enumeradas en el cuadro 1, presentaban datos faltantes dentro de su propio periodo, por ello, se rellenaron utilizando la metodología expuesta por Ureña et al. (2016), que combinan modelos autorregresivos y ACP.

### 2.2.1 Método para determinar el IELL, TELL, DES y DELL

Para determinar el IELL y el TELL se utilizó el método expuesto por Bombardi et al. (2017) que no depende de los umbrales típicamente definidos, para esta técnica se considera la ecuación 1.

$$S(n) = \sum_{i=t_0}^n (P(i) - P_c) \quad (\text{E. 1})$$

Donde:

$S(n)$ : Desviación del acumulado de precipitación con respecto a la media anual en el día  $n$ .

$P(i)$ : Precipitación diaria en el día  $i$ .

$P_c$ : Promedio diario de precipitación en todo el periodo.

$t_0$ : Día de inicio para los cálculos.

Las fechas de IELL y TELL se determinan como los puntos de inflexión en la curva  $S$  de una serie de precipitación, para ello:

- Se calcula  $S$  con la ecuación 1, se suaviza con una media móvil de tres días para evitar falsos puntos de inflexión y se calcula su primera derivada.
- El IELL se toma como el primer día en que la derivada pasa de valores negativos a positivos, manteniendo valores positivos al menos por tres días.
- El TELL se calcula igual, pero recorriendo la serie en sentido contrario.

En la investigación de Ureña-Mora y Alfaro (2022) se realizaron unas modificaciones al método de Bombardi et al. (2017), estas fueron:

- Suavizar la curva de  $S(n)$  usando una media móvil de 31 valores (rellenando los primeros y últimos 15 días de la serie con su media).
- Los valores positivos posteriores al IELL y TELL se mantienen por al menos diez días.

La identificación del IELL se inició a partir del 1 de abril (número de día 91 o 92 si el año es bisiesto), mientras que para el TELL se buscó que no superara el 30 de noviembre (número de día 334 o bien 335 si el año es bisiesto), esto para evitar que eventos de precipitación invernal fueran detectados como posibles fechas para el TELL.

Dado que en la región de Guanacaste la ocurrencia del veranillo causa una disminución en las precipitaciones durante los meses de julio y agosto (Alfaro, 2014; Alfaro & Hidalgo, 2017; García-Franco et al., 2022; Maldonado et al., 2016a; Ramírez, 1983), el método de Bombardi et al. (2017) aplicado en el procedimiento de Ureña-Mora y Alfaro (2022) podría confundir los puntos de inflexión en la curva  $S(n)$  causados por el veranillo, con posibles IELL y TELL.

La figura 2 muestra el cálculo del IELL y el TELL usando la metodología de Ureña-Mora y Alfaro (2022). Según dicha figura, el IELL ocurre el 11 de mayo (día número 131 de año no bisiesto) y el TELL el 19 de octubre (día número 292 de año

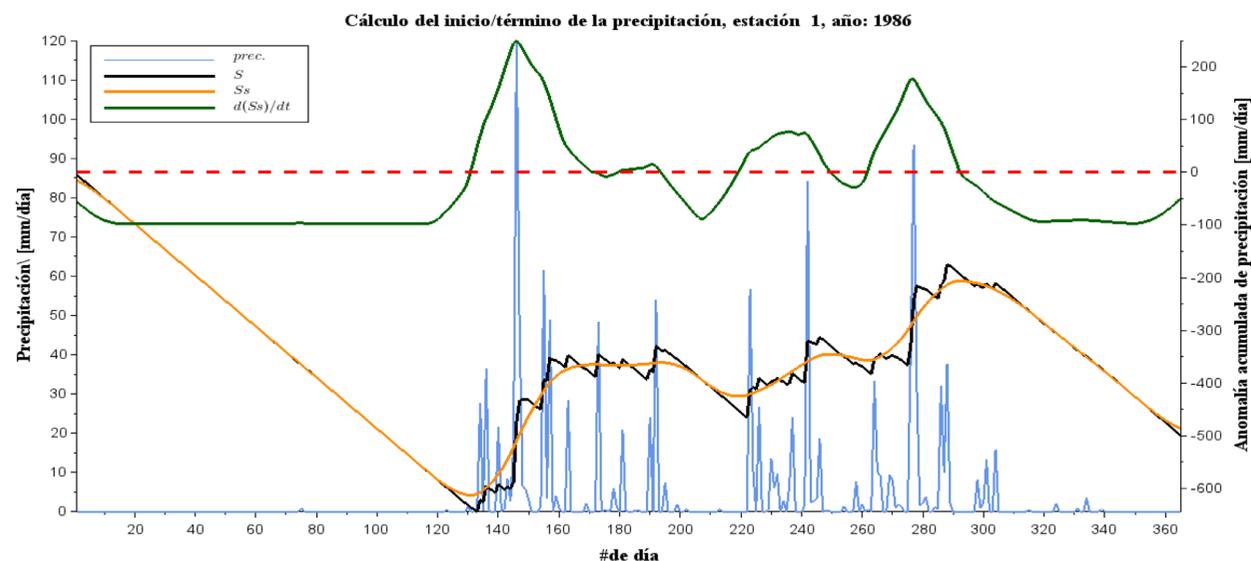


Figura 2. IELL y TELL para la estación de Santa Cruz durante el año 1986 obtenidos con el método de Ureña-Mora & Alfaro (2022). La curva azul representa la precipitación diaria observada, la curva negra representa la desviación del acumulado de precipitación con respecto a la media anual, la curva naranja muestra suavizada con una media móvil de 31 días y la curva verde simboliza la derivada temporal de la curva. Las líneas rojas a trazos verticales representan el IELL y el TELL, el IELL ocurre el 11 de mayo (número de día 131) y el TELL ocurre el 19 de octubre (número de día 292).

no bisiesto). Sin embargo, al limitar la búsqueda del TELL a más tardar el 30 de noviembre, ocurren casos donde no es posible ubicar el TELL a final de año y se asocia un punto de inflexión en fechas no relacionadas al TELL. Por ejemplo, en la figura 2 se aprecian puntos de inflexión alrededor del día 190 y del día 220, quizás asociados al veranillo. En Ugalde (2022) se presenta un caso que llega a confundir un punto de inflexión en esas fechas con el TELL.

Para evitar falsas detecciones del IELL y TELL, se establecieron umbrales límites basados en los resultados de la caracterización de los inicios y términos medios del veranillo, obtenidos en el trabajo de Alfaro (2014). Además, es posible que se obtengan fechas tardías para el IELL y tempranas para el TELL, debidos a algún fenómeno de variabilidad climática y no necesariamente a que la metodología confunda un punto de inflexión asociado al veranillo con el IELL o el TELL. Debido a lo anterior, también se utilizó el índice de variabilidad climática asociado al dipolo de la temperatura superficial del mar (TSM) entre el Atlántico y el Pacífico (Maldonado et al., 2013), el cual se define como la diferencia los índices normalizados de la Oscilación Multidecenal del Atlántico (OMA) y El Niño Oscilación del Sur (ENSO) en la región 3.4 (N3.4). En Ugalde (2022) se encuentran los detalles de cómo calcular el índice OMA-N3.4; además, se usó este índice ya que muestra los mejores resultados al modular el IELL y TELL en la región.

Los criterios aplicados para determinar si un IELL se podría considerar tardío o se debía eliminar fueron:

Si:  $OMA-N3.4 < P_{67}(OMA-N3.4)$

- Se elimina el IELL si:  $IELL > 21/07$

Si:  $OMA-N3.4 > P_{67}(OMA-N3.4)$

- Se elimina el IELL si:  $IELL > 11/06$

Para el caso del TELL los criterios aplicados para considerarlos tempranos o eliminarlos fueron:

Si:  $OMA-N3.4 < P_{67}(OMA-N3.4)$

- Se elimina el TELL si:  $TELL < 28/07$

Si:  $OMA-N3.4 > P_{67}(OMA-N3.4)$

- Se elimina el TELL si:  $TELL < 30/08$

Para el IELL las fechas umbrales corresponden al percentil 75 y 25 ( $P_{75}$  y  $P_{25}$ ) para la caracterización del inicio del veranillo del trabajo de Alfaro (2014), para el TELL corresponden al  $P_{25}$  y  $P_{75}$  que caracteriza el término del veranillo en el mismo estudio. El índice OMA-N3.4 usado corresponde a un promedio en los meses de abril y mayo (octubre y noviembre) en los que se espera que ocurra con mayor frecuencia el IELL (TELL). Se usó el  $P_{67}$  del índice OMA-N3.4 ya que valores positivos tienden a propiciar IELL (TELL) tempranos (tardíos), por lo que es poco probable (aunque no imposible) que durante eventos por encima del  $P_{67}$  de la OMA-N3.4 los IELL se atrasen (adelanten) (Ugalde, 2022).

Al limitar la detección del TELL al 30 de noviembre, se identificaron casos particulares en que las lluvias continuaban incluso después haber determinado el punto de inflexión asociado al TELL y el criterio anterior no lo detectó como temprano (en Ugalde (2022) se presenta un caso). Por tanto, se optó por revisar individualmente cada uno de los TELL identificados como tempranos, para corroborar si se trata de un evento representativo o no. La revisión consistió en visualizar gráficas similares a la figura 2. Esto se hizo solo en la base de datos de las estaciones meteorológicas y no con CHIRPS, ya que sería un trabajo muy demandante revisar visualmente todos los TELL tempranos de bases de datos tan extensas. Como alternativa para solucionar este problema, se puede implementar el método de Martínez et al. (2022), donde antes de determinar el IELL y TELL con la ecuación 1 se identifican periodos secos intermitentes que pueden intervenir en la detección de los puntos de inflexión.

Finalmente, una vez obtenidos los datos definitivos para el IELL y el TELL, se calculó tanto la DELL como

la DES. La DELL se estimó como la cantidad de días entre el IELL y el TELL para cada año, mientras que la DES se computó como la cantidad días entre el TELL y el IELL del año posterior. Como la época seca en el país ocurre en medio de la transición de año y como la mayoría de días de la misma ocurren a inicios de año, se tomó el año respectivo para la DES como el año en que acaba la misma, es decir el índice DES asociado a la época seca que ocurre finalizando 1981 e iniciando 1982 se tomará como la DES de 1982 y no de 1981, esto provoca que las series de DES tengan un dato menos con respecto a las del IELL, el TELL y la DELL.

Toda la metodología anterior se aplicó a dos bases de datos distintas: la primera que contempla las estaciones meteorológicas con periodo de 1980-2019 y la segunda con los datos directamente de CHIRPS con periodo de 1981-2020.

### 2.2.2 Validación de datos de CHIRPS vs estaciones de precipitación en Guanacaste

Los datos de estaciones meteorológicas que validan los datos de CHIRPS se presentan en el cuadro 1. Para empezar, se buscó el punto en la rejilla de CHIRPS más cercano a la posición geográfica de cada estación meteorológica, para ello se calculó la distancia euclidiana entre la respectiva estación y todos los puntos de CHIRPS, usando como punto más próximo el que presentara la distancia euclidiana mínima, de manera que se comparan las series de tiempo de ambos puntos. Se validó tanto la precipitación mensual como las respectivas fechas del IELL, TELL, DELL y DES.

Para la comparativa se utilizaron parámetros como el error medio absoluto (*EMA*), el coeficiente de correlación de Pearson ( $r_p$ ), el coeficiente de correlación de Spearman ( $r_s$ ), el sesgo ( $\beta$ ), la variabilidad ( $\gamma$ ), el índice de eficiencia Kling-Gupta modificado (*KGE*) y el índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe (*NSE*).

El índice *KGE* se detalla en Kling et al. (2012) y ha sido utilizado en los trabajos de Zambrano-Bigiarini et al. (2017), Quesada-Hernández (2019) y de Ugalde (2022) quienes recomiendan el uso de este índice ya que es capaz de reproducir dinámicas temporales medidas por el coeficiente de correlación lineal ( $r$ ) y preservar el volumen y distribución medidas por  $\beta$  y  $\gamma$ . El índice *NSE* se detalla también en Ugalde (2022) y Quesada-Hernández (2019). El valor del *NSE* varía entre 1 y  $-\infty$ , donde los valores más cercanos a 1 indican mejor representación de los datos en rejilla.

### 2.2.3 Cálculo de características estadísticas y tendencias para el IELL, TELL, DES y DELL

Una vez que los datos de precipitación de CHIRPS fueron sometidos a la metodología para determinar el IELL, TELL, DELL y DES, se computarizaron algunos parámetros estadísticos para caracterizar el comportamiento climatológico de los fenómenos en la región para cada periodo. Estos fueron la media aritmética y mediana como medidas de localización, y la desviación estándar y rango intercuartílico como medidas de dispersión (Wilks, 2019)

Las tendencias se calcularon con el método de mínimos cuadrados como una regresión lineal simple. Como se define en Wilks (2019), a partir de una variable independiente y una variable dependiente se busca una ecuación lineal que represente el conjunto de datos (ecuación 2).

$$\hat{y} = a + bx \quad (\text{E. 2})$$

Donde:

$\hat{y}$ : Variable a estimar.

$a$ : Intersección con el eje  $y$ .

$x$ : Variable independiente (serie de tiempo sucesiva p.e. 1981, 1982, 1983, ..., 2020).

$b$ : Pendiente de la regresión en este caso la tendencia.

Los valores positivos indican una tendencia hacia fechas más tardías para el IELL y el TELL, y en el caso contrario (valores negativos) indican una tendencia hacia fechas más tempranas para el IELL y el TELL; para la DELL y la DES representaría duraciones más cortas (tendencias negativas) o más largas (tendencias positivas). Para evaluar la significancia estadística de las tendencias se usó una prueba *t*-student definida en Wilks (2019). Una vez obtenido el valor de *t* se compara contra la distribución *t*-student para determinar si las tendencias son significativas o no, además debido a que estas pueden ser tanto positivas como negativas se usa una prueba de dos colas con un  $\alpha = 0,05$ .

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Caracterización de la precipitación a partir de la base de datos de CHIRPS

La figura 3 representa el promedio de precipitación diaria en el periodo de 1981-2020 para los datos de CHIRPS, donde se muestran

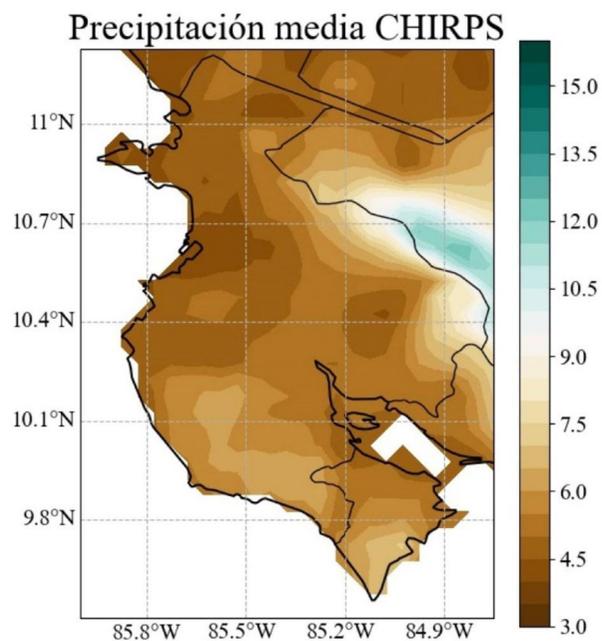


Figura 3. Promedio de precipitación diaria (mm·día-1) para los datos de CHIRPS (1981-2020).

núcleos de bajas precipitaciones (por ejemplo, los que se encuentran alrededor del cantón de Cañas y Liberia). También se observa un núcleo de altas precipitaciones al norte de la cordillera de Guanacaste, aunque este se escapa de la región de estudio. Los percentiles 25, 50, y 75 para los valores de la figura 3 son: P25 = 4,73 mm·día-1, P50 = 5,16 mm·día-1 y P75 = 5,96 mm·día-1.

#### 3.2. Validación de los datos CHIRPS contra estaciones meteorológicas

En los cuadros siguientes se muestran los resultados de las validaciones de los datos de CHIRPS contra varias estaciones meteorológicas.

La comparativa mostrada en el cuadro 2 se hizo con escala mensual y no diaria como son originalmente las bases de datos, esto se hizo de tal forma por la alta dispersión que puede existir en escalas diarias; además, el objetivo principal de este análisis que es caracterizar el IELL y TELL en la región, determina tales fechas con un método que aplica una media triangular móvil de 31 días, lo que suaviza en gran medida la variabilidad diaria en los datos.

Del cuadro 2 se aprecia en general, una alta correlación entre datos de precipitación en rejilla y los observados (estación meteorológica más cercana al punto en rejilla de CHIRPS). Los resultados indican un EMA bajo, con valores de  $r_s$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $KGE$  y  $NSE$  cercanos a 1 en la mayoría de las estaciones, lo que sugiere una alta representación en Guanacaste por parte de CHIRPS; sin embargo, se deben destacar las estaciones de Bagaces, Santa Elena y Mojica, donde a pesar de su alto  $r_s$ , el  $KGE$  no muestra una correspondencia adecuada, lo cual se debe principalmente a la gran desviación del  $\beta$  y  $\gamma$  con respecto a 1, aunque esto no alteró tanto el valor del  $NSE$ . Dado que siete de las diez estaciones usadas son representadas adecuadamente por CHIRPS, y las tres restantes discrepan principalmente en el  $KGE$ , se optó por

Cuadro 2. Comparativa de precipitación mensual entre datos de estaciones meteorológicas y datos de CHIRPS. Los resultados muestran el error medio absoluto (*EMA*), el coeficiente de correlación de Spearman ( $r_s$ ), el sesgo ( $\beta$ ), la variabilidad ( $\gamma$ ), el índice de eficiencia Kling-Gupta modificado (*KGE*) y el índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe (*NSE*).

Estación*	<i>EMA</i>	$r_s$ **	$\beta$	$\gamma$	<i>KGE</i>	<i>NSE</i>
Santa Cruz	31,12	<b>0,95</b>	1,00	0,92	0,90	0,89
Bagaces	72,11	<b>0,88</b>	1,61	1,75	0,02	0,37
Liberia	39,98	<b>0,94</b>	0,93	0,74	0,71	0,81
Finca las Huacas	47,13	<b>0,91</b>	1,06	0,94	0,84	0,75
Peñas Blancas	50,74	<b>0,89</b>	1,02	0,87	0,76	0,63
Nicoya	65,88	<b>0,85</b>	0,81	0,60	0,53	0,68
Santa Elena	79,65	<b>0,83</b>	1,43	1,60	0,23	0,41
Finca la Ceiba	48,48	<b>0,90</b>	1,08	1,05	0,84	0,74
Paquera	59,02	<b>0,88</b>	0,80	0,59	0,51	0,64
Mojica	61,39	<b>0,92</b>	1,52	1,93	-0,07	0,40

\* Esta columna muestra el nombre de la estación meteorológica comparada con CHIRPS.

\*\* En la correlación de Spearman valores en negrita indican significancia estadística al 99 %.

usar los datos de CHIRPS para el análisis. Cabe destacar que en la tesis de Quesada-Hernández (2019), se realizó una validación entre datos de precipitación de estaciones meteorológicas en la cuenca del Tempisque con datos de CHIRPS, obteniendo altas correspondencias con los mismos parámetros para tres estaciones.

En el cuadro 3 se muestra la correlación de Spearman para el IELL, TELL, DELL y DES entre cada estación y CHIRPS, donde se aprecian altos valores de  $r_s$  estadísticamente significativos al 95% y 99% en la mayoría de estaciones, indicando una representación adecuada por parte de CHIRPS. Sin embargo, también ocurren casos donde la correlación no es del todo apropiada, por ejemplo, en Nicoya, Santa Elena, Finca la Ceiba y Mojica las  $r_s$  son positivas, pero no alcanzan una significancia del 95% en al menos dos de sus correlaciones. Nicoya está muy cerca de ese 95%, pero en los otros tres casos se debe destacar que las series son las más cortas, en algunos casos con apenas 20 años (ver cuadro 1). Por otro lado, al determinar el IELL y TELL existe la posibilidad de que no se cumplan los criterios y se obtenga un dato nulo, lo cual reduciría aún más el tamaño de la serie de tiempo, afectando el cálculo de  $r_s$ . La correlación

Cuadro 3. Correlación de Spearman entre los datos de estaciones meteorológicas y CHIRPS para el IELL, TELL, DELL y DES.

Estación	IELL	TELL	DELL	DES
Santa Cruz	<b>0,79</b>	<b>0,84</b>	<b>0,83</b>	<b>0,75</b>
Bagaces	<b>0,49</b>	<b>0,46</b>	<b>0,51</b>	<i>0,40</i>
Liberia	<i>0,41</i>	<b>0,89</b>	<b>0,65</b>	<b>0,79</b>
Finca las Huacas	<b>0,60</b>	<i>0,40</i>	<b>0,68</b>	<b>0,63</b>
Peñas Blancas	<b>0,72</b>	<b>0,62</b>	<b>0,71</b>	<b>0,60</b>
Nicoya	<i>0,35</i>	<b>0,48</b>	0,32	0,33
Santa Elena	<b>0,62</b>	0,32	<b>0,67</b>	0,16
Finca la Ceiba	<i>0,48</i>	0,44	0,34	<i>0,49</i>
Paquera	<b>0,72</b>	<b>0,46</b>	<b>0,50</b>	<b>0,52</b>
Mojica	0,25	<i>0,54</i>	0,26	0,45

\* Los valores en negrita indican significancia estadística al 99 % y en itálica significancia al 95 %.

de Pearson no se muestra, pero los resultados son muy similares a  $r_s$ , mientras los otros estadísticos de evaluación usados, i.e. *EMA*,  $\beta$ ,  $\gamma$ , *KGE*, y *NSE*, se muestran como material suplementario en los cuadros incluidos en el anexo con su discusión.

De los resultados anteriores y los presentados en el anexo, se puede concluir una alta correspondencia entre la mayoría de las estaciones meteorológicas y CHIRPS para todos los parámetros, excepto

Cuadro 4. Percentiles 25, 50 y 75 (P25, P50 y P75 respectivamente) para el IELL, TELL, DES y DELL de cada estación meteorológica (Cuadro 1).

Estaciones	IELL			TELL			DELL			DES		
	P25	P50	P75	P25	P50	P75	P25	P50	P75	P25	P50	P75
Santa Cruz	123	130	139	302	311	316	180	185	199	171	182	190
Bagaces	117	129	139	297	309	315	178	184	199	161	179	198
Liberia	127	134	140	301	309	316	179	191	207	165	176	183
F. las Huacas	125	132	138	298	307	317	178	194	210	166	176	185
Peñas Blancas	130	136	143	298	315	317	180	188	200	165	176	188
Nicoya	120	131	138	305	311	317	171	186	197	173	181	188
Santa Elena	128	129	135	302	305	313	180	189	196	173	175	182
Finca la Ceiba	123	129	133	306	310	316	176	187	191	177	183	189
Paquera	125	132	138	304	311	317	179	188	196	170	178	191
Mojica	130	132	137	303	312	317	183	189	196	172	177	186
*P50	125	132	138	302	311	317	179	188	198	171	178	188

\* La última fila representa la mediana de cada columna.

el índice NSE. Aunque, es importante tener en cuenta que parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson o el NSE, son susceptibles a datos anómalos que se desvían en gran medida entre series comparativas (McCuen et al., 2006) y esto se acentúa más en series cortas.

Del cuadro 4 se aprecia que, para las estaciones ubicadas en Guanacaste, el IELL tiende a ocurrir alrededor del día 132 (12 de mayo), con una dispersión entre el día 125 (5 de mayo) y 138 (18 de mayo). El TELL se establece cerca del día 311 (7 de noviembre), rondando el día 302 (29 de octubre) y el día 317 (13 de noviembre). Por tanto, el IELL sucede mayormente de principios a mediados de mayo, mientras que el TELL entre principios y mediados de noviembre. Por otro lado, el la DELL se establece por unos 188 días y la DES por unos 178, mostrando un comportamiento simétrico con una dispersión de unos 20 días.

### 3.3. Caracterización del IELL, TELL, DELL y DES en la región con datos de CHIRPS

En la figura 4 se muestra la distribución del IELL en Guanacaste con los datos de CHIRPS. Se destacan núcleos de IELL tempranos en zonas centrales

de Guanacaste cerca de la desembocadura del río Tempisque, en cantones como Liberia, Carrillo, Nicoya, Bagaces y una parte de Santa Cruz (alrededor de los días 5-7). Otros núcleos de IELL tempranos ocurren cerca de los cantones de Bagaces, Cañas, Abangares y en zonas de la provincia de Puntarenas. Las regiones periféricas, como las costas de la península de Nicoya o las limítrofes a la provincia de Alajuela, presentan IELL un poco más tardíos que las zonas centrales; sin embargo, el IELL más tardío está al norte cerca del cantón La Cruz (alrededor del 19-20 de mayo), denotando que la diferencia en la región entre los IELL más tempranos y tardíos es de unas dos semanas, además, del cuadro 5 se observa que el 50% de la mediana del IELL ocurre entre el 8 y 15 de mayo.

Con respecto al TELL, se observa como casi toda la región tiende hacia condiciones uniformemente secas, sin destacar núcleos tan definidos como en el IELL. Se aprecia una zona de TELL más tardíos (13-16 de noviembre) alrededor del cantón de Abangares y la parte sur de la península de Nicoya. También se puede destacar otra zona con TELL un poco más tempranos (4-5 de noviembre) cerca de la parte central y norte de Guanacaste, involucrando cantones como Liberia, Carrillo y

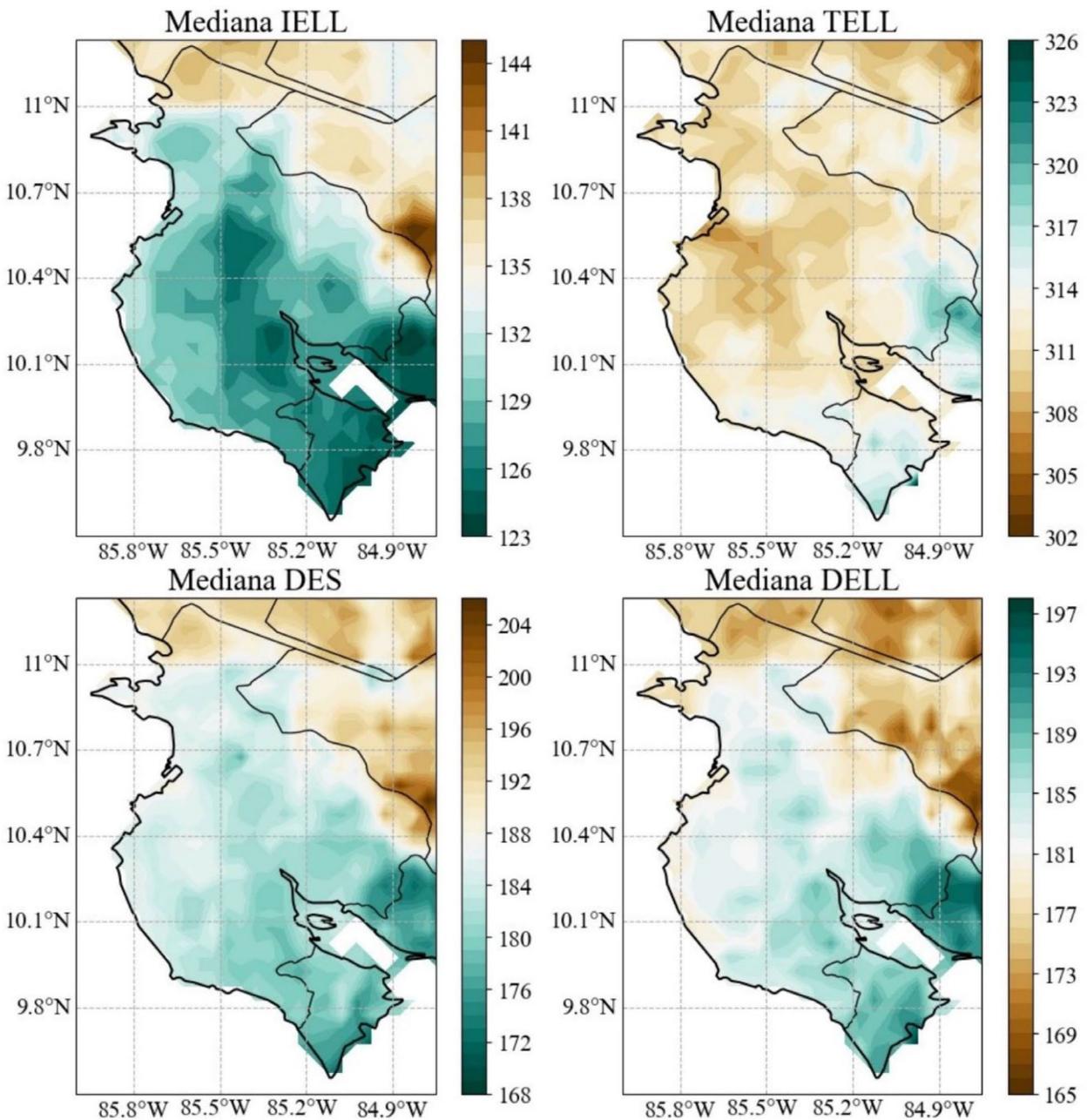


Figura 4. Mediana del número de día del IELL y TELL, y mediana de la cantidad de días de la DES y DELL de la base de datos de CHIRPS en la región de Guanacaste en el periodo 1981-2020.

Santa Cruz, sin embargo, el comportamiento del TELL no es tan marcado como con el IELL, donde la diferencia entre los TELL de las zonas más secas y húmedas es inferior a dos semanas y el 50% de la mediana de los TELL ocurre entre el 7 y 9 de noviembre (cuadro 5), destacando aún más uniformidad de los datos.

El comportamiento de la DES y DELL es muy simétrico, indicando que una mitad del año se mantiene en condiciones secas y la otra mitad en condiciones lluviosas. La DES se mantiene por unos 180-185 días en casi toda la provincia, las más cortas suceden al oeste en el límite con Puntarenas rondando los 170-175 días, mientras

Cuadro 5. Percentiles 25, 50 y 75 ( $P_{25}$ ,  $P_{50}$  y  $P_{75}$ ) para el IELL, TELL, DES y DELL para los estadísticos: mediana, desviación estándar, rango intercuartil y tendencias para CHIRPS.

Parámetro	IELL			TELL			DES			DELL		
	P25	P50	P75	P25	P50	P75	P25	P50	P75	P25	P50	P75
Mediana	128	131	135	311	312	313	182	185	190	177	182	185
D. estándar	10,0	10,4	11,3	8,7	9,7	15,0	14,2	15,4	19,2	12,7	14,0	18,4
RIQ	12,8	14,0	15,3	9,0	10,5	12,3	16,5	18,5	21,5	14,5	16,8	20,5
Tendencias	-0,25	-0,18	-0,12	-0,06	0,06	0,16	-0,42	-0,27	-0,08	0,09	0,24	0,40

las más largas se aprecian al norte cerca de La Cruz con unos 195-200 días. La DELL muestra un comportamiento similar a la DES ya que es bastante uniforme en la región estableciéndose por unos 180-185 días, siendo más extensa al oeste limitando con unos 190-195 días y más corta al norte con unos 170-175 días. Las diferencias entre máximas y mínimas duraciones pueden alcanzar hasta 20 días, aunque abarcan poco territorio en la región y se ubican en los extremos de esta, además, en el cuadro 5 se observa que la mediana de la DES mantiene el 50% de sus datos entre los 182 y 190 días, mientras que la mediana de la DELL entre los 177 y 185 días, de modo que la DES y la DELL tienen duraciones similares.

Trabajos previos han caracterizado el IELL y TELL en la región encontrando una dependencia latitudinal (Alfaro, 2002; Díaz, 2019; Gramzow & Henry, 1972), lo que se aprecia en la DES y la DELL, y hasta cierto punto en el IELL, ya que este último muestra que las lluvias empiezan más tarde al norte y más temprano al sur y sureste, pero no se trata de un gradiente norte-sur, ya que hay algunas desviaciones hacia el este y oeste. Por otro lado, las investigaciones antes mencionadas sugieren una dependencia latitudinal en el IELL y TELL al estudiar toda América Central, mientras que esta investigación abarca una región pequeña y no se puede asegurar que el comportamiento se mantenga más allá de los límites, sin embargo, tampoco se debe descartar, ya que entre las zonas más secas al norte (IELL tardíos, DES largas y DELL cortas) y las más húmedas al sur y sureste (IELL tempranos, DES cortas y DELL largas) existen

alrededor de dos semanas de diferencia, lo que es un periodo considerable para una región relativamente pequeña.

Por otro lado, la media (no mostrada) presenta un comportamiento similar a la mediana en la región para el IELL, TELL, DES y DELL, destacando principalmente la aparición de un núcleo de TELL temprano que ocurre sobre la cordillera de Guanacaste (fuera de la región de estudio con poco alcance sobre Tilarán). Considerando que la mediana es una medida de tendencia central bastante robusta con baja sensibilidad a los datos atípicos, es posible que tal núcleo sea influenciado por datos atípicos. Se debe destacar lo mencionado en Ugalde (2022), quién recomendó revisar cada uno de los TELL en todas las bases de datos debido a la presencia de valores anómalos y evitar posibles falsas detecciones, lo cual no se hizo debido a la gran cantidad de puntos de rejilla en los datos de CHIRPS en el dominio de estudio.

La desviación estándar (figura 5), muestra un comportamiento similar en los cuatro índices, valores que rondan entre 10 y 15 días con respecto a la media en prácticamente toda la región, también se aprecia en el cuadro 5 con las mayores desviaciones estándares para la DES y DELL. La mayor desviación estándar está alrededor de la cordillera de Guanacaste, con valores superiores a un mes, pero solo una pequeña parte de Tilarán pertenece a la región de estudio, la alta dispersión podría indicar una región de comportamientos atípicos ya que la desviación estándar es sensible a estos.

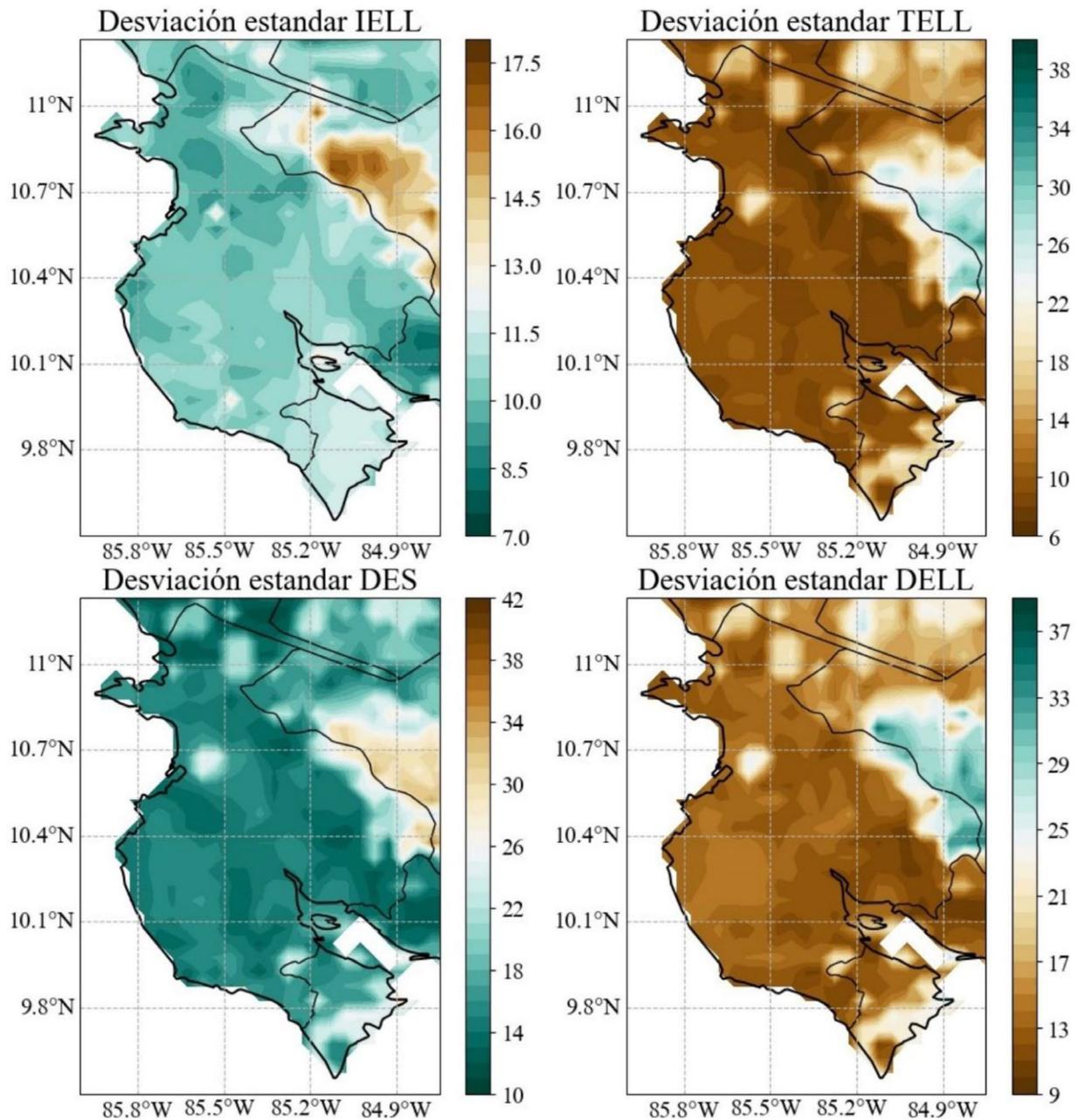


Figura 5. Desviación estándar para las series de IELL, TELL, DES y DELL de la base de datos de CHIRPS en la región de Guanacaste para el periodo 1981-2020.

Considerando los resultados del rango intercuartílico (figura 6), es posible apreciar cómo ronda entre dos y tres semanas en los cuatro índices (del cuadro 5 se aprecia que el 50% de los datos está alrededor de estos valores), a excepción de la zona sobre la cordillera de Guanacaste para el TELL, DELL y DES, donde el rango intercuartílico

presenta valores muy altos de hasta 40 días, lo que podría indicar que la mayoría de los datos extremos se ubican en esa región, sin embargo, pertenecen en su mayoría a la parte de la cordillera en Alajuela, es la misma región mostrada en la desviación estándar, aunque con un área de afectación mucho menor.

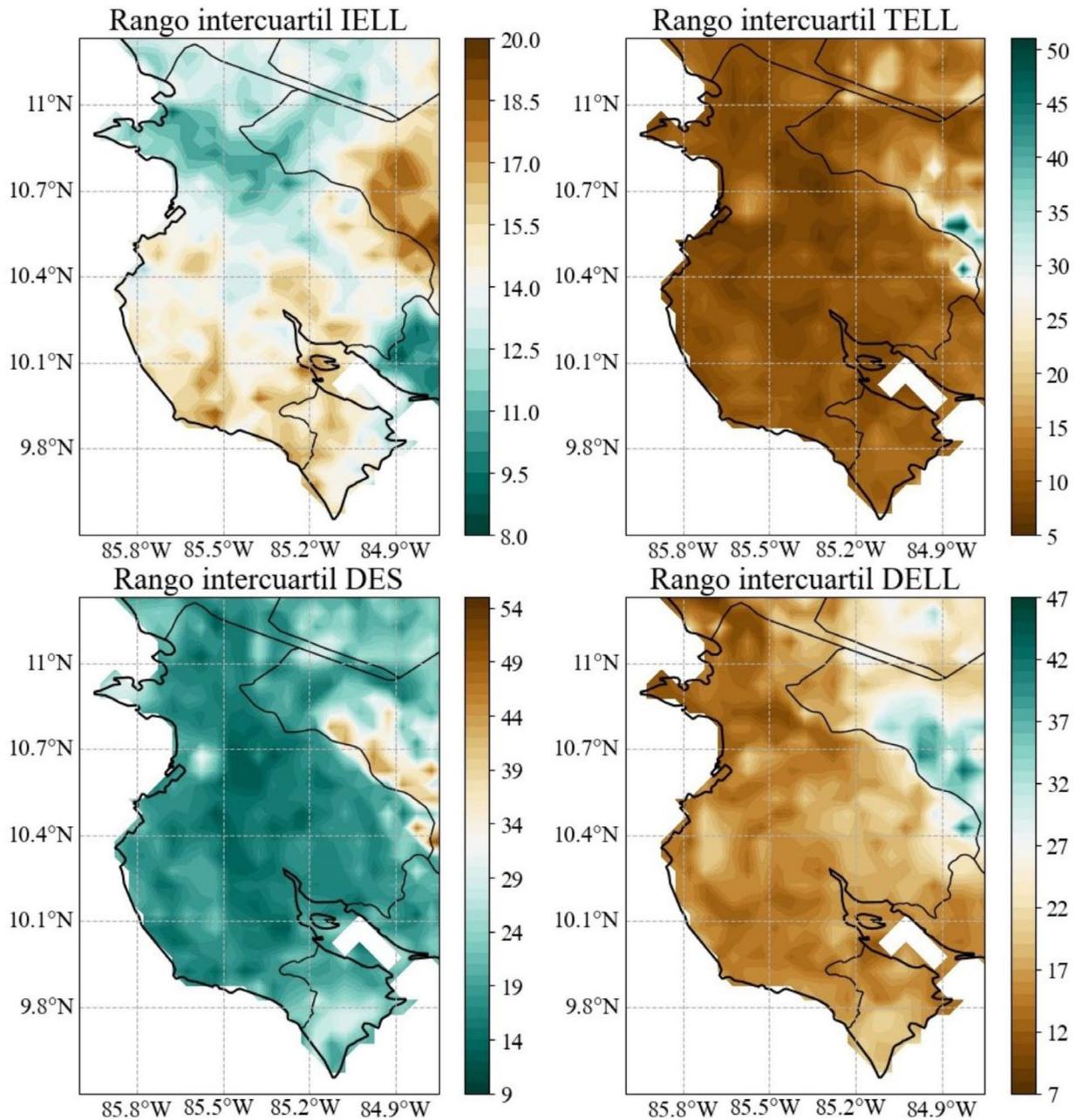


Figura 6. Rango Intercuartílico para las series del IELL, TELL, DES y DELL de la base de datos de CHIRPS en la región de Guanacaste para el periodo 1981-2020.

En la figura 7 se muestran las tendencias, las cuales representan qué tanto se adelantan o se atrasan los eventos; por ejemplo, si alguna región tuviera tendencia de un IELL de 1 se entendería que los IELL se atrasarán un día por cada año transcurrido, mientras una tendencia de -1 representaría un adelanto. De la figura 7 se puede apreciar una

tendencia del IELL hacia valores negativos sobre toda la región, lo que indicaría que en general se esperan IELL más tempranos. Las tendencias con mayor magnitud y más significativas se ubican más cerca de la costa en cantones como Santa Cruz, Nicoya, Hojanca, Nandayure, Abangares y la región de Puntarenas en la península. Por otro

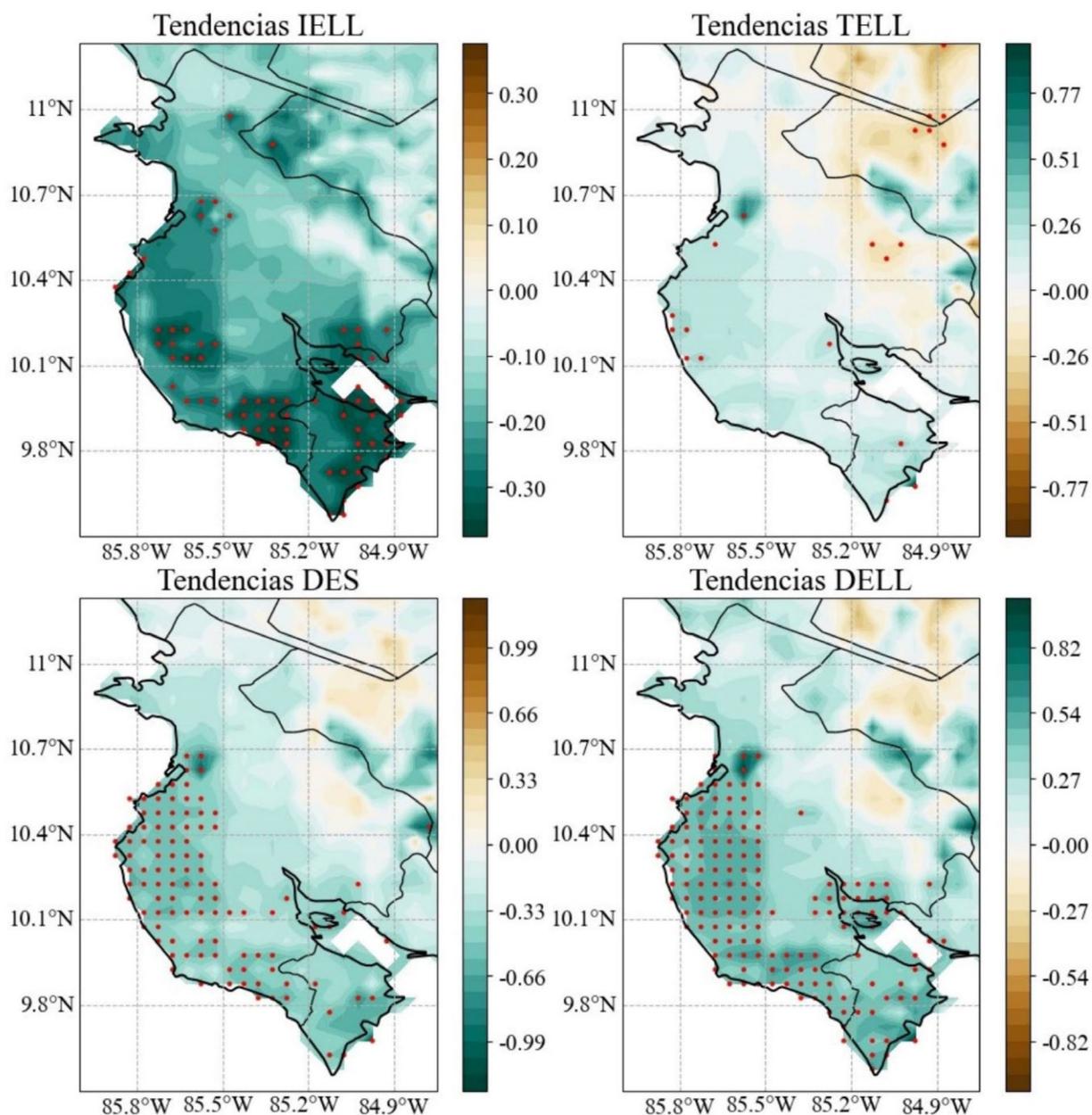


Figura 7. Tendencias para las series del IELL, TELL, DES y DELL de la base de datos de CHIRPS en la región de Guanacaste para el periodo 1981-2020. Los puntos rojos representan zonas con significancia estadística del 95%.

lado, el TELL muestra pocos puntos con tendencias significativas.

Sobre toda la península de Nicoya se observan tendencias negativas (positivas) para el índice DES (DELL), significativas sobre la parte oeste de la península y algunos puntos al sur sobre

la provincia de Puntarenas en la península. El índice DELL también presenta algunos puntos de significancia cerca la región de desembocadura del río Tempisque, indicando en esas regiones tendencia hacia condiciones húmedas: DES más cortos y DELL más largos.

En el cuadro 5 se presenta un resumen numérico para las figuras 4-7 con los percentiles 25, 50 y 75 (P25, P50 y P75 respectivamente), lo que permite visualizar los umbrales entre los cuales se encuentra el 50% de los datos de la región. Estos resultados muestran un comportamiento interesante, ya que la mediana del IELL, DES y DELL tiende a mantener el 50% de sus valores en un rango de unos 7-8 días, pero para el TELL apenas son dos días indicando su uniformidad en Guanacaste.

#### 4. CONCLUSIONES

La alta resolución de los datos de CHIRPS usados en la provincia de Guanacaste, permitieron caracterizar la época seca y lluviosa determinando las fechas del IELL, el TELL, la DES y la DELL. Además, los datos de CHIRPS demostraron representar adecuadamente la precipitación en Guanacaste al compararse con observaciones.

Al trabajarse con datos de alta resolución sobre Guanacaste, se pudo determinar cómo se distribuye el IELL, TELL, DES y DELL en Guanacaste. El IELL tiende a ocurrir antes en la región central, sur y sureste del Pacífico Norte, durante la primera semana de mayo y alrededor de los días 5 y 7 de mayo, y ocurre más tarde al norte de la región, alrededor de los días 19 y 20 de mayo. Por otro lado, el TELL presenta una distribución muy uniforme en toda la región ocurriendo cerca del 4 y 5 de noviembre, con algunas zonas de ocurrencia más tardía al sur. Mientras, la DES y DELL presentan un comportamiento bastante simétrico, con unos 180 días de duración, con zonas más secas al norte (DELL cortas y DES largas) y las más húmedas al sur (DELL largas y DES cortas). A pesar de que los eventos tienden a ocurrir en las fechas antes mencionadas, las dispersiones tienden a ser de unos 10 a 15 días, lo cual puede ser bastante relevante según las actividades productivas que se llevan a cabo en la región.

Los cuatro índices muestran tendencias hacia condiciones húmedas, lo que indica que se esperan IELL más tempranos, DES más cortas y DELL más largas; sin embargo, no toda la región es estadísticamente significativa (figura 7), por ejemplo, el TELL a pesar de que muestra tendencias hacia condiciones húmedas no se determinaron regiones significativas. Estos resultados se complementan en la segunda parte de este estudio, donde se analiza la influencia de diversas fuentes de variabilidad climática en el IELL, TELL, DES y DELL. Tales resultados cobran importancia en Costa Rica ya que, la región Pacífico Norte que cubre la zona noroeste del país, se caracteriza por ser una de las regiones con menor riqueza hídrica; el caudal de sus principales ríos puede ser afectados notablemente si se prolonga la estación seca.

Por otro lado, Costa Rica es un país que genera gran parte de su energía eléctrica a partir de fuentes renovables, las represas hidroeléctricas son altamente dependientes de las precipitaciones, por lo que el conocimiento de las fechas del IELL y TELL es muy importante, especialmente en una zona con condiciones secas predominantes, esto se aplica de igual forma para actividades productivas como la agricultura y ganadería, cuya dependencia de los recursos hídricos es muy alta, así como también el abastecimiento de agua potable para consumo humano. Según indica el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE, 2019), para diciembre de 2017 hasta un 66% de la energía eléctrica se produjo a través de plantas hidroeléctricas, el resto se produce con plantas térmicas (16%), geotérmicas (6%), de biomasa (1%), eólicas (11%) y solares (0,2%), estas dos últimas también son muy dependientes de las condiciones climáticas. Por lo que es importante destacar que alrededor de dos tercios de la energía producida en el país necesita disponibilidad de recursos hídricos, y su productividad podría verse afectada ante eventuales extensiones de la estación seca.

## 5. ÉTICA Y CONFLICTO DE INTERESES

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan de forma completa y clara en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

## 6. AGRADECIMIENTOS

A los proyectos EC497 (FEES-CONARE), B9454 (Fondo de Grupos), C0610 (Fondo de Estímulo) y C2-103, inscritos a la Universidad de Costa Rica dentro de los cuales se enmarca este trabajo. A la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica debido a que esta investigación es parte del Trabajo Final de Graduación para la Licenciatura en Meteorología de Kendall Ugalde, también por darnos el tiempo de investigación para desarrollar este estudio. Al centro de investigación CIGEFI de la UCR por su apoyo logístico durante la recopilación y análisis de datos. Al Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica por proporcionar los datos de las estaciones meteorológicas.

## 7. REFERENCIAS

- Alfaro, E. (2002). Some Characteristics of the Annual Precipitation Cycle in Central America and their Relationships with its Surrounding Tropical Oceans. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 9(2), 88-103.
- Alfaro, E. (2014). Caracterización del “veranillo” en dos cuencas de la vertiente del Pacífico de Costa Rica, América Central. *Revista de Biología Tropical*, 6(4), 1-15. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20010>
- Alfaro, E., & Cid, L. (1999). Análisis de las anomalías en el inicio y el término de la estación lluviosa en Centroamérica y su relación con los océanos Pacífico y Atlántico Tropical. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(1), 1-13.
- Alfaro, E., Cid, L., & Enfield, D. (1998). Relaciones entre el inicio y el término de la estación lluviosa en Centroamérica y los océanos Pacífico y Atlántico tropical. *Investigaciones marinas*, 26, 59-69. <https://doi.org/10.4067/S0717-71781998002600006>
- Alfaro, E., & Hidalgo, H. (2021). Inicio de la temporada de lluvias en América Central. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 20(1), 16-28.
- Alfaro, E., & Hidalgo, H. G. (2017). Propuesta metodológica para la predicción climática estacional del veranillo en la cuenca del río Tempisque en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 16(1), 62-74.
- Bombardi, R. J., Pegion, K. V., Kinter, J. L., Cash, B. A., & Adams, J. M. (2017). Sub-seasonal Predictability of the Onset and Demise of the Rainy Season over Monsoonal Regions. *Frontiers in Earth Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00014>
- Centella, A., Bezanilla-Morlot, A., Taylor, M. A., Herrera, D. A., Martínez-Castro, D., Gourand, I., Sierra-Lorenzo, M., Vichot-Llano, A., Stephenson, T., Fonseca, C., Campbell, J., & Alpizar, M. (2020). Evaluation of Sixteen Gridded Precipitation Datasets over the Caribbean Region Using Gauge Observations. *Atmosphere*, 11(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/atmos11121334>
- Díaz, S. G. (2019). *Inicio de las lluvias de verano en las costas del Pacífico Mesoamericano*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3466119>
- Durán-Quesada, A. M., Sorí, R., Ordoñez, P., & Gimeno, L. (2020). Climate Perspectives

- in the Intra-Americas Seas. *Atmosphere*, 11(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/atmos11090959>
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—A new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- García-Franco, J., Chadwick, R., Gray, L., Osprey, S., & Adams, D. (2022). *Revisiting mechanisms of the Mesoamerican Midsummer drought*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1351433/v1>
- Gouirand, I., Moron, V., & Sing, B. (2020). Seasonal atmospheric transitions in the Caribbean basin and Central America. *Climate Dynamics*, 55(7), 1809-1828. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05356-6>
- Gramzow, R. H., & Henry, W. K. (1972). The Rainy Pentads of Central America. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 11(4), 637-642. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1972\)011<0637:TRPOCA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1972)011<0637:TRPOCA>2.0.CO;2)
- Gray, C. (1993). *Regional meteorology and Hurricanes*. In: Maul, G. (Ed.) *Climate Change in the Intra Americans Sea*. Edward Arnold, 87-99.
- Hernández, K. M., & Fernández, W. (2015). Estudio de la evaporación para el cálculo del inicio y conclusión de la época seca y lluviosa en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 14(1), 18-26.
- Instituto Costarricense de Electricidad [ICE]. (2019). *Plan de Expansión de la Generación Eléctrica*. San José, Costa Rica. <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/electricidad/proyectos-energeticos/plan-de-expansion>
- Instituto Meteorológico Nacional [IMN]. (2008). *Segunda Comunicación Nacional de Costa Rica. Estudio sobre Clima, Variabilidad y Cambio Climático en Costa Rica*. San José, Costa Rica. <http://cglobal.imn.ac.cr/index.php/publications/el-clima-su-variabilidad-y-cambio-climatico-en-costa-rica/>
- Kling, H., Fuchs, M., & Paulin, M. (2012). Runoff conditions in the upper Danube basin under an ensemble of climate change scenarios. *Journal of Hydrology*, 424-425, 264-277. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.01.011>
- Maldonado, T., Alfaro, E., Fallas, B., & Alvarado, L. (2013). Seasonal prediction of extreme precipitation events and frequency of rainy days over Costa Rica, Central America, using Canonical Correlation Analysis. *Advances in Geosciences*, 33, 41-52. <https://doi.org/doi.org/10.5194/adgeo-33-41-2013>
- Maldonado, T., Alfaro, E., & Hidalgo, H. G. (2018). A review of the main drivers and variability of Central America's Climate and seasonal forecast systems. *Revista de Biología Tropical*, 66(1-1), Article 1-1. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.33294>
- Maldonado, T., Rutgersson, A., Alfaro, E., Amador, J. A., & Claremar, B. (2016). Interannual variability of the midsummer drought in Central America and the connection with sea surface temperatures. *Advances in Geosciences*, 42, 35-50. <https://doi.org/10.5194/adgeo-42-35-2016>
- Martinez, C., Muñoz, Á. G., Goddard, L., Kushnir, Y., & Ting, M. (2022). An adaptive approach to quantify weather-within-climate rainfall characteristics. *Climate Dynamics*. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06193-5>
- McCuen, R. H., Knight, Z., & Cutter, A. G. (2006). Evaluation of the Nash-Sutcliffe Efficiency Index. *Journal of Hydrologic Engineering*, 11(6), 597-602. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2006\)11:6\(597\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2006)11:6(597))
- Mora, N., Amador, J. A., Rivera, E. R., & Maldonado, T. (2020). A Sea Breeze Study during Ticosonde-NAME 2004 in the Central Pacific

- of Costa Rica: Observations and Numerical Modeling. *Atmosphere*, 11(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/atmos11121333>
- Muñoz, A. C., Fernández, W., Gutierrez, J. A., & Zarate, E. (2002). Variación estacional del viento en Costa Rica y su relación con los regímenes de lluvia. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 9(1), 1-13.
- Nakaegawa, T., Arakawa, O., & Kamiguchi, K. (2015). Investigation of Climatological Onset and Withdrawal of the Rainy Season in Panama Based on a Daily Gridded Precipitation Dataset with a High Horizontal Resolution. *Journal of Climate*, 28(7), Article 7. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00243.1>
- Orrego León, E. A., Hernández Quevedo, M. P., & Gómez Jordán, R. del C. (2021). Variabilidad del inicio, final y duración de la época lluviosa en Guatemala y su tendencia. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático—Yu'am*, 5(1), 4-24.
- Quesada-Hernandez, L. (2019). *Respuesta de la hidrología superficial de la cuenca del río Tempisque a la variabilidad climática y cambio de cobertura de la tierra*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22256.20485>
- Quirós, E., & Hidalgo, H. G. (2016a). Interacción de la Zona de Convergencia Intertropical del Pacífico Este con Sistemas tropicales. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 15(2), 33-47.
- Quirós, E., & Hidalgo, H. G. (2016b). Variabilidad y conexiones climáticas de la zona de convergencia intertropical del Pacífico Este. *Revista Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 15(1), 21-36.
- Ramírez, P. (1983). *Estudio Meteorológico de los Veranillos en Costa Rica* (Nota de Investigación 5). Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Estudio+sobre+veranillos+en+Costa+Rica>
- Rivera, P., Ochoa, W., González, B., & Salguero, M. (2019). Inicio y término de la época lluviosa (IELL, TELL) en los estratos de la zona cañera de Guatemala. *Tikalía*, 37(2), Article 2.
- Stewart, I. T., Maurer, E. P., Stahl, K., & Joseph, K. (2022). Recent evidence for warmer and drier growing seasons in climate sensitive regions of Central America from multiple global datasets. *International Journal of Climatology*, 42(3), 1399-1417. <https://doi.org/10.1002/joc.7310>
- Ugalde, K. (2022). *Estudio del inicio y término de la estación lluviosa en el Pacífico Norte de Costa Rica en el periodo 1950-2020* [Tesis de licenciatura aprobada con distinción sobresaliente, Universidad de Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/10669/89114>
- Ureña, P., Alfaro, E., & Soley, F. J. (2016). *Propuestas metodológicas para el rellenado de datos ausentes en series de tiempo geofísicas. Guía Práctica de uso*. Documento Técnico. Centro de Investigaciones Geofísicas, Escuela de Física y Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica. <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/28888>
- Ureña-Mora, P., & Alfaro, E. (2022). Comparación de métodos de detección del inicio y término de la estación lluviosa basado en datos de precipitación (Comparison of detection methods for the onset and demise of the rainy season based on precipitation). *Revista Tecnológica en marcha. En prensa*.
- Wilks, D. S. (2019). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (4.a ed.). Elsevier Science.
- Zambrano-Bigiarini, M., Nauditt, A., Birkel, C., Verbist, K., & Ribbe, L. (2017). Temporal and spatial evaluation of satellite-based rainfall estimates across the complex topographical and climatic gradients of Chile. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(2), 1295-1320. <https://doi.org/10.5194/hess-21-1295-2017>

## 8. ANEXO

**Cuadro A1.** Error Medio Absoluto (*EMA*) entre los datos de estaciones meteorológicas (**Cuadro 1**) y CHIRPS para el IELL, TELL, DELL y DES.

Estación	IELL	TELL	DELL	DES
Santa Cruz	4,25	4,38	6,11	6,67
Bagaces	9,97	10,69	14,87	15,21
Liberia	7,44	5,22	9,78	10,56
Finca las Huacas	7,91	9,18	13,52	14,31
Peñas Blancas	5,65	6,82	9,55	9,32
Nicoya	11,79	7,28	15,03	15,97
Santa Elena	7,00	10,69	11,08	17,25
Finca la Ceiba	5,60	6,75	10,47	8,83
Paquera	6,95	8,00	12,76	12,27
Mojica	9,75	7,95	15,10	14,63

**Cuadro A2.** Sesgo ( $\beta$ ) entre los datos de estaciones meteorológicas y CHIRPS para el IELL, TELL, DELL y DES.

Estación	IELL	TELL	DELL	DES
Santa Cruz	1,00	1,01	1,01	0,99
Bagaces	1,04	1,02	1,00	1,01
Liberia	0,96	1,00	1,04	0,97
Finca las Huacas	0,96	1,01	1,04	0,96
Peñas Blancas	1,01	1,01	1,01	1,00
Nicoya	1,08	1,00	0,94	1,06
Santa Elena	0,95	1,01	1,04	0,95
Finca la Ceiba	0,97	1,01	1,04	0,97
Paquera	0,98	1,00	1,01	0,99
Mojica	0,93	1,01	1,07	0,93

**Cuadro A3.** Variabilidad ( $\gamma$ ) entre los datos de estaciones meteorológicas y CHIRPS para el IELL, TELL, DELL y DES.

Estación	IELL	TELL	DELL	DES
Santa Cruz	0,88	0,86	0,97	0,84
Bagaces	0,60	0,60	0,58	0,64
Liberia	0,85	0,76	0,76	0,88
Finca las Huacas	0,78	0,66	0,71	0,62
Peñas Blancas	1,17	0,74	0,85	0,86
Nicoya	0,69	0,87	0,85	0,70
Santa Elena	1,13	0,42	0,59	0,72
Finca la Ceiba	1,02	0,82	0,71	0,96
Paquera	0,72	0,94	0,77	1,01
Mojica	0,68	0,67	0,47	0,76

Cuadro A4. Índice Kling-Gupta Efficiency (*KGE*) entre los datos de estaciones meteorológicas y CHIRPS para el IELL, TELL, DELL y DES.

Estación	IELL	TELL	DELL	DES
Santa Cruz	0,80	0,82	0,87	0,81
Bagaces	0,43	0,22	0,30	0,39
Liberia	0,50	0,70	0,63	0,73
Finca las Huacas	0,66	0,33	0,58	0,52
Peñas Blancas	0,64	0,54	0,68	0,57
Nicoya	0,17	0,45	0,31	0,27
Santa Elena	0,67	0,03	0,55	0,08
Finca la Ceiba	0,67	0,48	0,40	0,70
Paquera	0,55	0,51	0,46	0,43
Mojica	0,41	0,31	0,15	0,43

Cuadro A5. Índice de Nash-Sutcliffe Efficiency (*NSE*) entre los datos de estaciones meteorológicas (Tabla 2.1) y CHIRPS para el IELL, TELL, DELL y DES.

Estación	IELL	TELL	DELL	DES
Santa Cruz	0,70	0,76	0,74	0,79
Bagaces	0,24	-0,10	0,17	0,24
Liberia	-0,06	0,65	0,37	0,46
Finca las Huacas	0,39	0,07	0,34	0,38
Peñas Blancas	0,18	0,33	0,48	0,28
Nicoya	-0,98	0,06	-0,51	-0,40
Santa Elena	0,02	-0,07	0,44	-0,59
Finca la Ceiba	0,21	0,09	-0,15	0,23
Paquera	0,39	0,09	0,17	-0,16
Mojica	-0,47	0,02	-0,42	-0,72

El EMA (cuadro A1) del IELL y TELL varía alrededor de siete días con excepciones en estaciones como Nicoya y Bagaces que alcanzan hasta los diez días. En los índices DELL y DES, el EMA varía alrededor de los diez días con casos particulares que rondan los 15 días como Nicoya o Santa Elena.

Los resultados de  $\beta$  (cuadro A2) son muy cercanos a 1 en todos los casos con muy pequeñas desviaciones. Para el caso de  $\gamma$  (cuadro A3) los resultados son más diversos, muchas estaciones muestran índices que rondan el valor de 1; sin embargo, muchos otros presentan desviaciones que pueden variar entre 0,5 y 1. A pesar de esto, el índice KGE (cuadro A4) es alto en la mayoría de

estaciones, aunque existen casos de estaciones con KGE bajos.

El cuadro A5 muestra los resultados para el índice NSE, a diferencia de los parámetros analizados anteriormente el NSE no muestra resultados tan alentadores, algunos valores son positivos, pero no cercanos a uno y se tienen muchos valores cercanos a cero e incluso negativos. En general, los resultados del NSE indicarían una mala representación de los datos en rejilla, siendo el parámetro menos confiable para validar los datos de CHIRPS contra observaciones para los índices del IELL, TELL, DELL y DES.

# Estudio del inicio y término de la estación lluviosa en el Pacífico Norte de Costa Rica en el periodo 1981-2020. Parte 2, variabilidad climática.

KENDALL UGALDE CASTRO<sup>1</sup>, ERIC J. ALFARO<sup>2</sup>, HUGO G. HIDALGO<sup>3</sup>, TITO MALDONADO<sup>4</sup>

## Resumen

El inicio y término de la estación lluviosa (IELL y TELL, respectivamente), así como de la duración de las estaciones seca y lluviosa (DES y DELL, respectivamente) sobre la provincia de Guanacaste puede ser afectada por diversas fuentes de variabilidad climática que modulan las precipitaciones en América Central. Se determina el IELL, TELL, DES y DELL, con datos de precipitación en rejilla sobre Guanacaste para el periodo 1981-2020 y se redujo su dimensionalidad mediante el análisis de Componentes Principales (CP). Se calcularon las correlaciones de Pearson entre las CP y sus respectivos índices, para estudiar las regiones que presentan mayor influencia de las CP. Estas CP se compararon con índices de fuentes de variabilidad climática como El Niño-Oscilación del Sur, la Oscilación Multidecenal del Atlántico y la corriente en chorro de bajo nivel del Caribe (CLLJ, por sus siglas en inglés). Un calentamiento (enfriamiento) relativo del Atlántico con respecto al Pacífico ecuatorial favorece IELL tempranos (tardíos), TELL tardíos (tempranos), DES cortas (largas) y DELL largas (cortas); mientras que un CLLJ intenso (débil) favorece IELL tardíos (tempranos), TELL tempranos (tardíos), DES largas (cortas) y DELL cortas (largas).

**PALABRAS CLAVE:** CHIRPS; DURACIÓN DE LA ESTACIÓN SECA Y LLUVIOSA; EL NIÑO; GUANACASTE; OSCILACIÓN MULTIDECENAL DE ATLÁNTICO; CORRIENTE EN CHORRO DE BAJO NIVEL DEL CARIBE.

## Abstract

The onset and demise of the rainy season (IELL and TELL, respectively in Spanish), as well as the duration of the dry and rainy seasons (DES and DELL, respectively in Spanish) in the province of Guanacaste can be affected by various sources of climate variability that modulates rainfall in Central America. The IELL, TELL, DES and DELL are determined with gridded precipitation data over Guanacaste for the period 1981-2020 and their dimensionality was reduced using the Principal Components (PCs) analysis. The Pearson correlations between the PCs and their respective indexes were calculated to study the regions with the greatest influence of the PC. These PCs were compared with indices from climate variability sources such as El Niño-Southern Oscillation, the Atlantic Multidecadal Oscillation, and the Caribbean Low-Level Jet (CLLJ). A relative warming (cooling) of the Atlantic relative to the equatorial Pacific favors earlier (later) IELL, later (earlier) TELL, shorter (longer) DES, and longer (shorter) DELL. Conversely, a stronger (weaker) CLLJ favour later (earlier) IELL, earlier (later) TELL, longer (shorter) DES, and shorter (longer) DELL.

**KEYWORDS:** ATLANTIC MULTIDECADAL OSCILLATION; CARIBBEAN LOW-LEVEL JET; CHIRPS; EL NIÑO; GUANACASTE; RAINY AND DRY SEASON DURATION.

1 Docente e investigador en la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. kugaldec@uned.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0002-9762-9811>

2 Investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) y profesor catedrático en la Escuela de Física, Universidad de Costa Rica. erick.alfaro@ucr.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0001-9278-5017>

3 Investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) y profesor catedrático en la Escuela de Física, Universidad de Costa Rica. hugo.hidalgo@ucr.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0003-4638-0742>

4 Investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Universidad de Costa Rica. tito.maldonado@ucr.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0001-9774-9082>

## 1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Guanacaste en Costa Rica forma parte del llamado Corredor Seco Centroamericano (CSC), se trata de una franja que se extiende a lo largo de la vertiente Pacífico de América Central, desde Chiapas en México o la parte oeste de Guatemala hasta Guanacaste en Costa Rica (Calvo et al., 2018; Gotlieb et al., 2019) dentro de los cuales se destaca la sequía. Esta ha tenido efectos adversos de distinta índole en la región denominada como el Corredor Seco Centroamericano (CSC). El CSC está caracterizado por un clima especialmente árido, bajos recursos hídricos y un bosque tropical seco. Como indican Calvo et al. (2018) dentro de los cuales se destaca la sequía. Esta ha tenido efectos adversos de distinta índole en la región denominada como el Corredor Seco Centroamericano (CSC e Hidalgo et al. (2019) las condiciones secas características del CSC se deben a diversos factores como el papel del relieve en la distribución de humedad, la formación del sistema montañoso en dirección noroeste-sureste o el complejo mecanismo de circulación de los vientos alisios en la región, estos últimos muy ligados a la intensidad de la Corriente en Chorro de Bajo Nivel del Caribe (CLLJ, por sus siglas en inglés). Además, que fuentes de variabilidad climática como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y la Oscilación Multidecenal del Atlántico (OMA), han mostrado influencia en la modulación de las precipitaciones (Hidalgo et al., 2019).

Diversos estudios se han relacionado al inicio y término de la estación lluviosa (IELL y TELL, respectivamente) en la región centroamericana con fuentes de variabilidad climática como las temperaturas superficiales del mar (TSM) de los océanos Pacífico y Atlántico tropical (e.g. Alfaro, 2002; Alfaro et al., 1998; Alfaro & Cid, 1999; Enfield & Alfaro, 1999) se calcularon los ciclos anuales promedio dominantes en la región centroamericana por medio del análisis de funciones ortogonales empíricas. Esto permitió estimar aspectos importantes del ciclo anual tales

como el inicio y término de la estación lluviosa así como el período de veranillo o canícula, notándose una variación latitudinal de los mismos. Se encontró que la región está dominada por un ciclo anual promedio que captura cerca del 72% de la varianza. Este ciclo anual está explicado por una combinación de sistemas y parámetros que involucran la migración latitudinal de la ZCIT, la variación estacional de la radiación solar, que influye sobre el flujo de calor latente, y el viento en bajo nivel y su interacción con la orografía, principalmente. El segundo ciclo anual en importancia explica sólo el 8% de la varianza en la región. Este dominó en estaciones ubicadas sobre la costa Caribe de Honduras, Costa Rica y Panamá. La precipitación en Centroamérica presentó relaciones distintas con los océanos Atlántico y Pacífico tropical en las escalas interanuales y decadales. En la escala interanual, los años más húmedos (secos. Por lo que es importante destacar estos estudios en la región y sus principales resultados, además de las fuentes de variabilidad climática a estudiar.

En la revisión de Maldonado et al. (2018) se indican diversas fuentes de variabilidad climática que inciden sobre América Central, por ejemplo el ENOS que se compone de un acople atmosférico y oceánico. La parte oceánica corresponde a las anomalías de TSM sobre el Pacífico Tropical del Este (PTE) y, la parte atmosférica a un gradiente de presión a nivel del mar entre el hemisferio oriental y occidental del Pacífico ecuatorial. El fenómeno se compone de tres fases, una fase cálida conocida como El Niño, una fase fría conocida como La Niña y una tercera fase de condiciones neutras que ocurren aproximadamente con un periodo de dos a siete años.

Maldonado et al. (2018) mencionan que la variabilidad del ENOS se centra sobre el Pacífico ecuatorial, sin embargo, múltiples estudios han encontrado teleconexiones entre el fenómeno y diversas condiciones climáticas. Por ejemplo, la frecuencia de ciclones tropicales en el océano

Atlántico (Alfaro, 2007) y el aumento o descenso de precipitaciones durante la estación lluviosa sobre la vertiente del Pacífico de América Central (Maldonado et al., 2013), específicamente fases frías (cálidas) del ENOS se asocian al incremento (descenso) de precipitaciones (Maldonado et al., 2018).

Otro fenómeno de variabilidad climática importante en la región es la OMA, esta corresponde a un modo con periodo de aproximadamente 70 años sobre la TSM en el océano Atlántico (Maldonado et al., 2018). Se ha encontrado que la OMA también puede afectar las sequías provocadas por el ENOS, donde una OMA positiva (negativa) puede inducir condiciones húmedas (secas) en la vertiente del Pacífico de América Central, además puede modular el tamaño de la Piscina Cálida del Atlántico, e influir en el desarrollo de ciclones tropicales en la cuenca del Atlántico (Alfaro, 2007; Maldonado et al., 2017) dentro y arriba de lo normal en la actividad anual de los ciclones tropicales dado un escenario bajo, dentro y arriba de lo normal en distintos índices de TSM para el periodo 1944-2004 (61 años).

Los trabajos de Amador (1998) y Amador (2008) describen la CLLJ como una corriente de movimiento rápido sobre el mar Caribe, su núcleo se encuentra alrededor de los 15° N y 75° O a una altura de unos 925 hPa con un distinguido ciclo anual, una considerable extensión de este a oeste que puede alcanzar velocidades de entre 10-15 ms<sup>-1</sup>, con los vientos más intensos durante el invierno y verano.

La CLLJ es uno de los elementos más importantes para explicar la actividad convectiva de julio a noviembre en la región de los mares intra americanos (Maldonado et al., 2018). La CLLJ tiene influencia sobre las lluvias de la vertiente Caribe, sin embargo, Hidalgo et al. (2015) proponen un mecanismo que relaciona a la CLLJ con las precipitaciones del Pacífico. El modelo indica que cerca de las costas del Caribe de Costa

Rica y Nicaragua en la salida de los vientos de la CLLJ, se presentan intensos procesos convectivos que propician condiciones húmedas y el ascenso de las masas de aire, en altos niveles atmosféricos cerca de los 200 hPa un hundimiento genera descenso de aire seco hacia el Caribe y al PTE, provocando un desplazamiento al sur de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT). De tal manera que este patrón de circulación se acentúa (suprime) cuando la ZCIT se desplaza hacia el sur (norte). Además, es conocido que una fase cálida (fría) del ENOS fortalece (debilita) la CLLJ, por lo que existe una conexión entre ambos fenómenos y las precipitaciones sobre el Pacífico de América Central (Quirós & Hidalgo, 2016).

Alfaro et al. (1998) buscaron correlaciones entre el IELL y TELL contra las TSM del Atlántico norte (ATN) y sur (ATS), el Índice de Oscilación del Sur (IOS) y las TSM del Pacífico ecuatorial, específicamente el área 6° N - 6° S y 150° O - 90° O correspondiente a la región Niño3 (N3), aunque tradicionalmente se usa el área 5° N - 5° S y 150° O - 90° O (Alfaro et al., 1998; Trenberth & Stepaniak, 2001). En este estudio el índice del ATN mostró correlación negativa con el IELL, especialmente en el enero anterior, así eventos cálidos (fríos) se correlacionaron a comienzos tempranos (tardíos) de la estación lluviosa, posiblemente debido a bajas presiones sobre el ATN que afectan el posicionamiento de la ZCIT en América Central. De igual forma tanto el índice IOS como el N3 mostraron correlación positiva en diciembre y negativa en marzo (antes del TELL). Por tanto, eventos cálidos (fríos) en el PTE se correlacionan a comienzos tempranos (tardíos) de la estación seca, posiblemente asociados a una migración temprana o tardía de la ZCIT. Además, se debe destacar que no encontraron correlaciones significativas del IELL y el TELL con el ATS.

Adicionalmente, Enfield & Alfaro (1999) but the strength of the rainfall response appears to depend on how SSTA in the tropical Atlantic and eastern Pacific combine. The strongest response occurs

when the tropical Atlantic is in the configuration of a meridional dipole (antisymmetric across the ITCZ) encontraron que el ATN también modula el TELL, ya que un ATN cálido (frío) se asocia a un TELL más tardío (temprano), de manera que el ATN influye en la duración de la estación lluviosa. Se debe destacar que tanto el ATN y N3 afectan el TELL de modo que signos iguales en estos índices oceánicos tienden a contrarrestar sus efectos, por lo que es importante estudiar el comportamiento simultáneo de ambos océanos. Estos resultados se apreciaron al sur de América Central sobre la vertiente del Pacífico de Costa Rica y Panamá.

Los resultados de Alfaro y Cid (1999) son muy similares a trabajos previos, por ejemplo, un ATN cálido (frío) se relaciona a un IELL temprano (tardío) o un PTE cálido (frío) se relaciona a un TELL temprano (tardío). También se determinó que una DELL más larga (más corta) se relaciona a un ATN cálido (frío). De manera que estos resultados destacan la importancia de los océanos Pacífico y Atlántico como pronóstico de la estación lluviosa en la región de América Central.

En el trabajo de Fallas & Alfaro (2012) determinaron que la combinación de diversos índices oceánicos y atmosféricos como la Oscilación Decenal del Pacífico (ODP), OMA, N3 o la Oscilación del Atlántico Norte (OAN) resultan útiles en el pronóstico de la estación lluviosa. Índices combinados como OMA-(ODP+N3), ODP+N3, N3 y OMA-ODP dieron resultados confiables en el adelanto o atraso del IELL. Mientras que índices como OMA, OMA-N3, N3, OMA-(ODP+N3) mostraron resultados significativos en la predicción de los atrasos y adelantos del TELL.

Díaz (2019) encontró que el IELL ocurre primero en los países más al sur como Costa Rica y Panamá, y más tarde en zonas al norte de México, con casi dos meses de diferencia. De manera que parece existir una dependencia latitudinal como ya se indicó en trabajos previos. La que puede estar relacionada con el desplazamiento de la ZCIT,

donde el retraso o adelanto en el IELL también puede corresponder a la influencia del fenómeno del ENOS, y la manera en que este afecta la posición de la ZCIT.

Rivera et al. (2019) lograron caracterizar el IELL, TELL y DELL obteniendo resultados similares con ambos métodos, sin embargo, no lograron resultados robustos al relacionar el IELL y el TELL contra los índices del ENOS.

A diferencia de investigaciones previas, en el trabajo de Gouirand et al. (2020) NCEP-DOE and ERA-Interim no se encontraron correlaciones significativas entre el IELL y la TSM del Atlántico o Pacífico. Sin embargo, sí encontraron correlaciones similares a las presentadas en trabajos previos para el TELL, es decir un Pacífico ecuatorial cálido (frío) y un Atlántico Tropical Norte frío (cálido) se relaciona con TELL tempranos (tardíos).

Con respecto a las TSM del Pacífico y Atlántico, Alfaro e Hidalgo (2021) encontraron que si las TSM del ATN son cálidas (frías) se debilita (fortalece) el flujo alisio lo que favorece (desfavorece) la formación de sistemas convectivos y la precipitación, mientras que un Pacífico ecuatorial del este cálido (frío) alejan (acercan) la ZCIT al istmo de centroamericano desfavoreciendo (favoreciendo) la formación de sistemas convectivos, además esta respuesta se puede reforzar en fases positivas (negativas) de las TSM del Pacífico Norte.

El objetivo de esta investigación es el de estudiar la relación del IELL, TELL, DES y DELL sobre la provincia de Guanacaste con algunas fuentes de variabilidad climática que modulan las precipitaciones en América Central, como lo son: ENOS, la OMA, la CLLJ y la diferencia de TSM entre el Pacífico Ecuatorial y el Atlántico Tropical Norte. Lo anterior, mediante el uso de análisis estadísticos como correlaciones no paramétricas y llevar a cabo pruebas que permitan establecer la significancia estadística en los resultados.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. Datos de precipitación

Se utilizaron los mismos datos de precipitación en rejilla de Ugalde (2022) que cubren toda la zona de Guanacaste, provenientes del conjunto de datos denominado *Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS) (1981-2020) (Funk et al., 2015).

### 2.2. Índices de fuentes de variabilidad climática

Las fuentes de variabilidad climática a estudiar que influyen la época lluviosa y seca en la región de interés son: el ENOS, la OMA, el CLLJ y el dipolo entre las TSM del Pacífico y Atlántico.

En el caso de ENOS, se tomó la región del Niño 3.4 (N3.4) correspondiente al área entre las latitudes 5° N - 5° S y longitudes 170° O - 120° O (Trenberth & Stepaniak, 2001) sea surface temperature (SST, el índice de las anomalías del N3.4 se encuentra disponible en la dirección web <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.81-10.ascii>. Para la OMA se tomó índice del sitio web <https://psl.noaa.gov/data/correlation/amon.us.long.data>. Este índice abarca prácticamente todo el Atlántico norte (0-70° N).

Para calcular el dipolo entre las TSM del Atlántico y el Pacífico se usaron los índices N3.4 y OMA. Para comparar ambos fenómenos se obtuvieron las anomalías normalizadas tanto las series del N3.4 y la OMA, es decir, a cada dato de la serie se le restó su media y se dividió entre su desviación estándar, luego simplemente se realizó la resta OMA-N3.4.

Usando datos de viento del reanálisis de ERA5, se obtuvo el índice referente a la CLLJ a partir de datos de viento zonal a la altura de 925 hPa según las características de la CLLJ descritas en Amador

(2008) y Amador et al. (2010) indexes of the Intra-Americas or Caribbean Low-Level Jet (IALJJ or CLLJ, respectively). Se aplicó la metodología descrita por Hidalgo et al. (2015), esto es promediar espacialmente la velocidad del viento zonal en la región delimitada por las latitudes 7.5° N - 12.5° N y las longitudes 85° O - 75° O a una altura de 925 hPa. En la figura 1 se muestra el ciclo anual de este índice calculado en el periodo de 1981-2020. Se puede apreciar que los resultados son muy similares a los obtenidos por Hidalgo et al. (2015) donde se usó el reanálisis NCEP/NCAR. La principal diferencia radica en que los valores de vientos zonales presentan una magnitud menor en la figura 1 quizás ligado al uso de distintos periodos, además Foli et al. (2021) indican que NCEP/NCAR tiende a sobrestimar los vientos zonales, aunque en la figura 1 se aprecia claramente el ciclo anual del CLLJ.

Para comparar cada índice de variabilidad climática con cada índice asociado al IELL, TELL, DES y DELL, y considerando que el IELL tiende a ocurrir alrededor de mayo y el TELL alrededor de noviembre (Alfaro, 2002), se calcularon promedios alrededor de estos meses para las fuentes de variabilidad climática. Los índices N3.4, OMA, OMA-N3.4 y CLLJ son mensuales, para compararlos contra el IELL se calculó el promedio

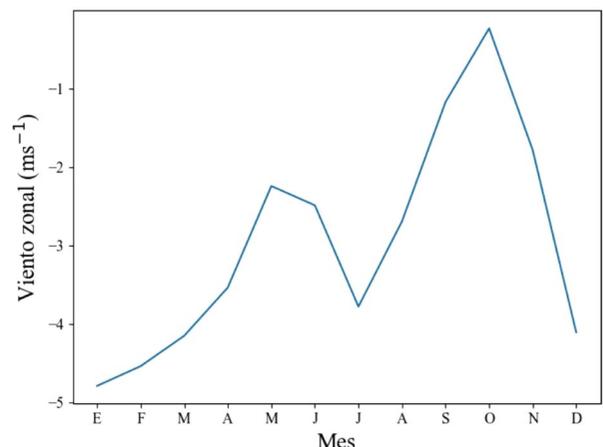


Figura 1. Ciclo anual para el índice de la CLLJ calculado a partir de los datos de viento zonal de ERA5 a 925 hPa para la región limitada entre 7.5° N y 12.5° N y entre 85° O y 75° O.

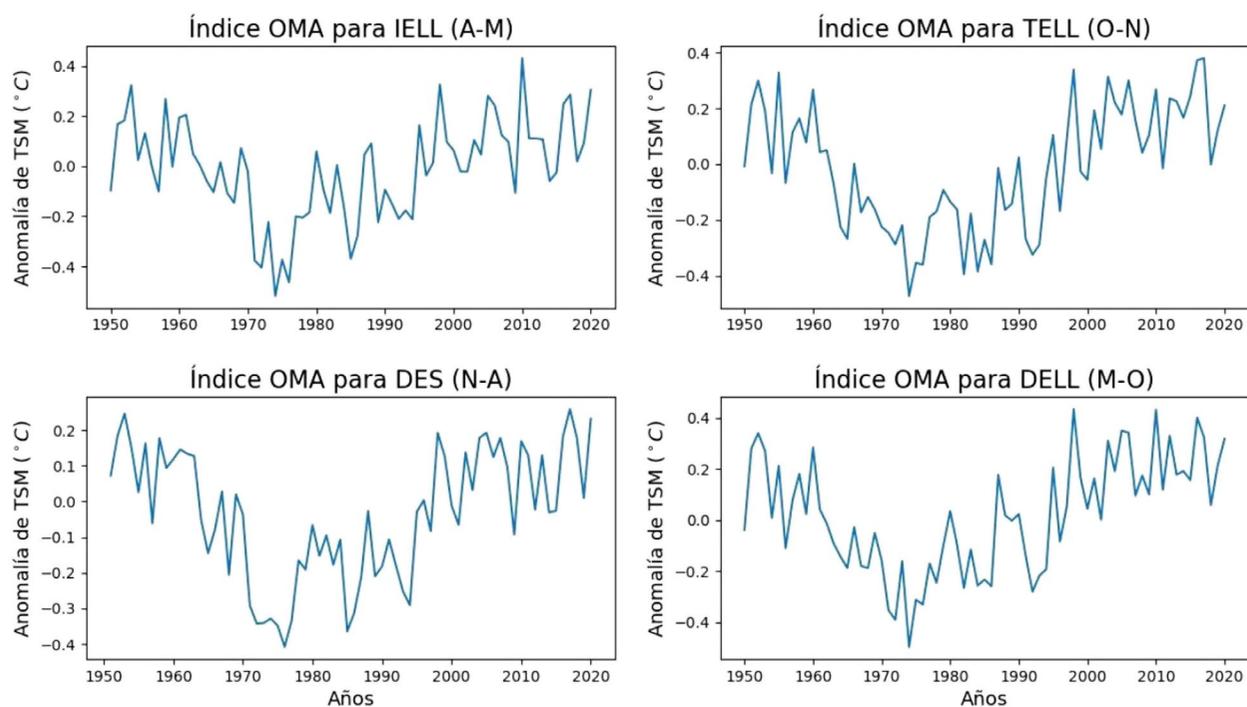


Figura 2. Índice OMA para 1950-2020 promediado en los periodos de abril-mayo para el IELL, de octubre-noviembre para el TELL, de noviembre (año anterior)-abril (año posterior) para la DES y de mayo-octubre para la DELL.

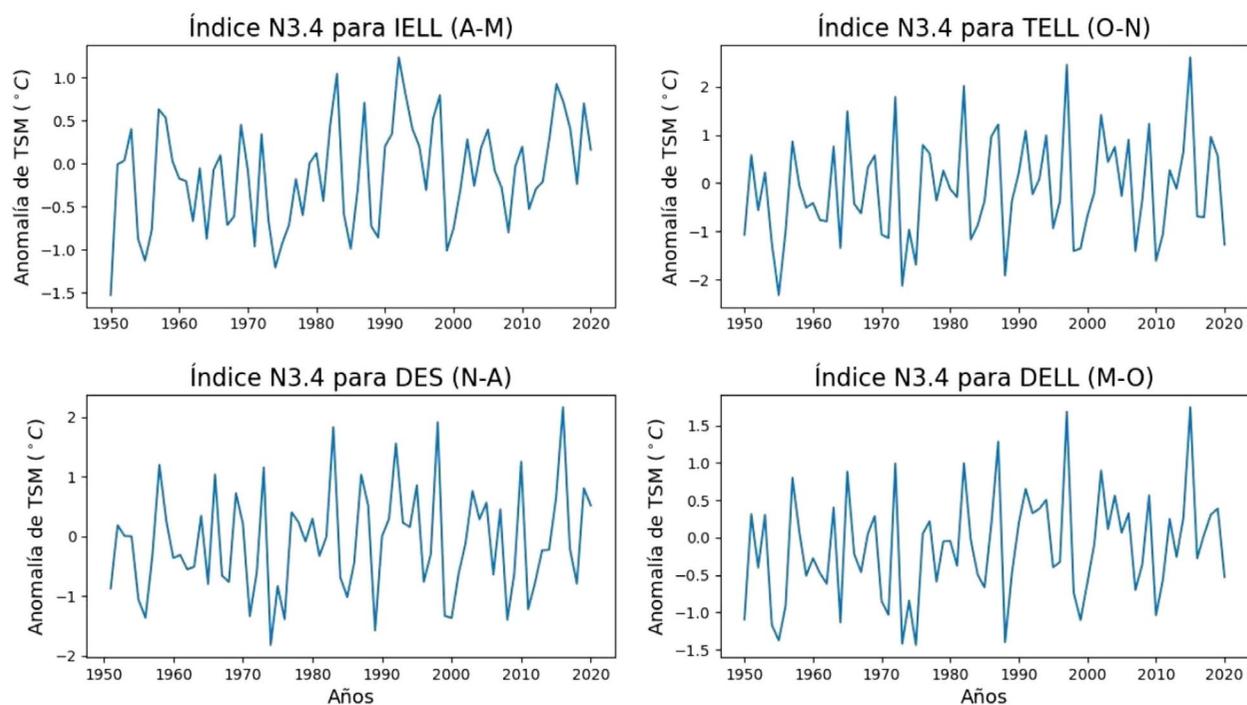


Figura 3. Índice N3.4 para 1950-2020 promediado en los periodos de abril-mayo para el IELL, de octubre-noviembre para el TELL, de noviembre (año anterior)-abril (año posterior) para la DES y de mayo-octubre para la DELL.

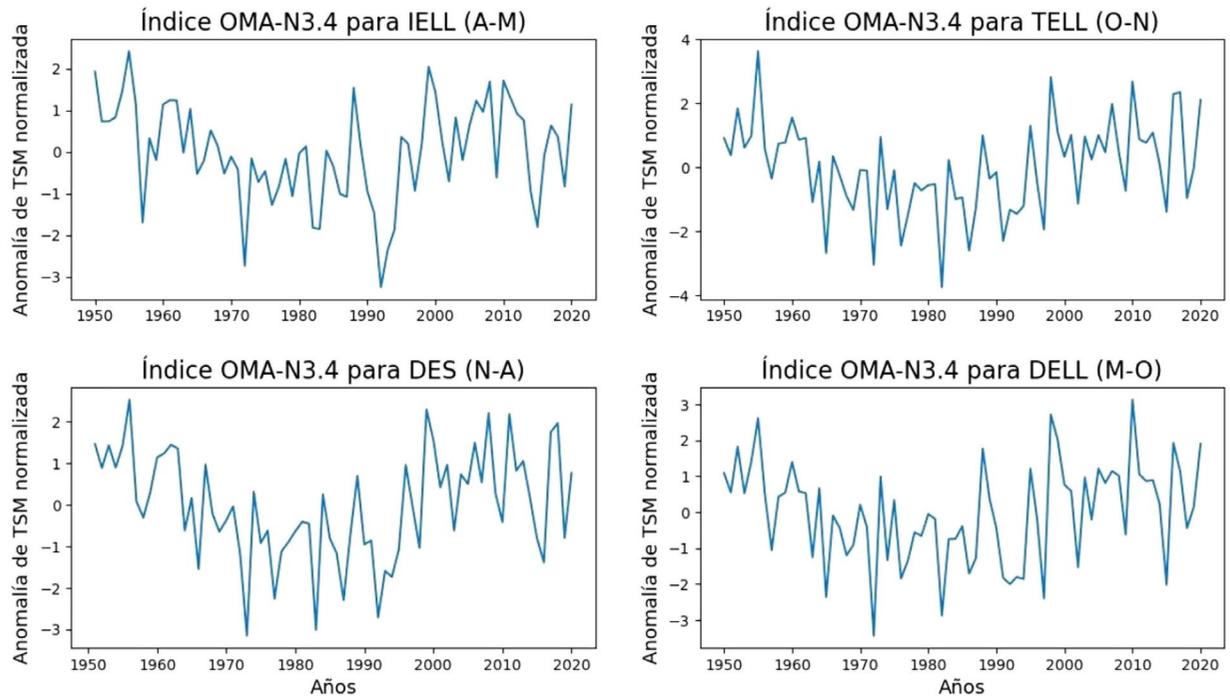


Figura 4. Índice OMA-N3.4 para 1950-2020 promediado en los periodos de abril-mayo para el IELL, de octubre-noviembre para el TELL, de noviembre (año anterior)-abril (año posterior) para la DES y de mayo-octubre para la DELL.

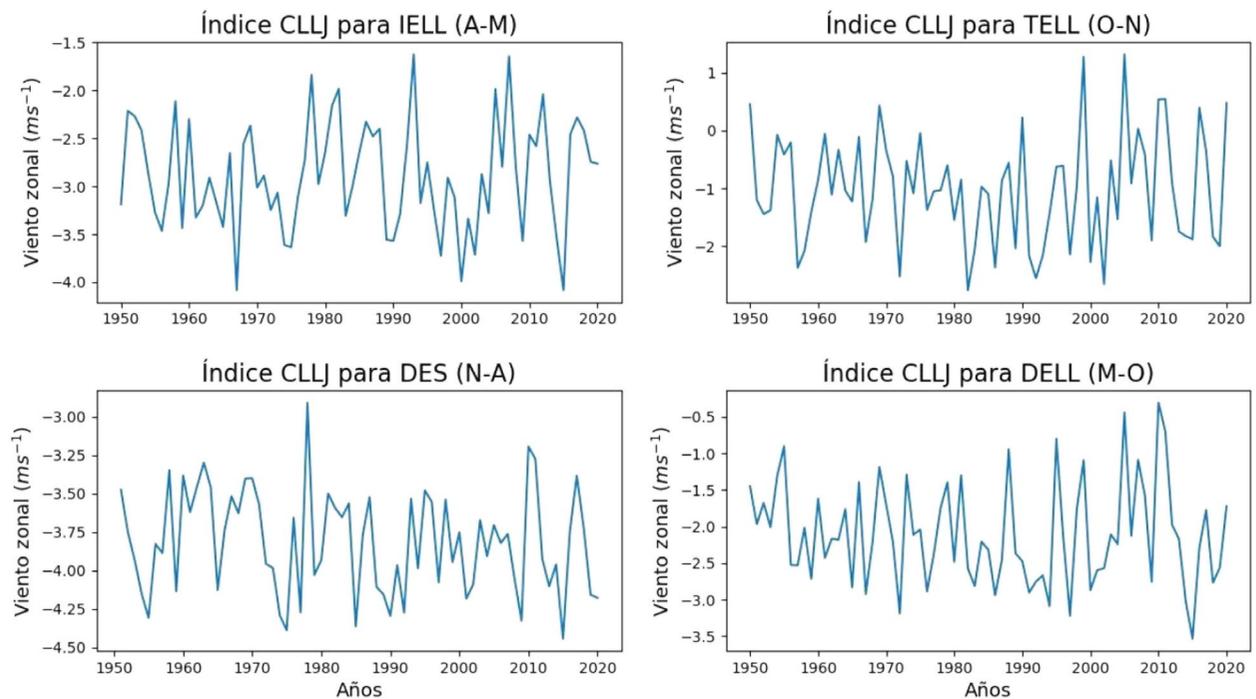


Figura 5. Índice CLLJ para 1950-2020 promediado en los periodos de abril-mayo para el IELL, de octubre-noviembre para el TELL, de noviembre (año anterior)-abril (año posterior) para la DES y de mayo-octubre para la DELL.

de los meses abril y mayo, para el TELL fue el promedio de los meses octubre y noviembre, mientras la DELL al definirse como la cantidad de días entre el IELL y TELL se calculó el promedio de los meses mayo, junio, julio, agosto, setiembre y octubre, mientras que para la DES al definirse como la cantidad de días entre el TELL (del año anterior) y el IELL (del año en posterior) se calculó el promedio de los meses noviembre y diciembre del año anterior y enero, febrero, marzo y abril del año posterior, tomando este índice como el asociado al año posterior. De las figuras 2 a 5 se observa el comportamiento de estos índices asociados a las fuentes de variabilidad climática en el periodo de 1950-2020.

## 2.3. Proceso metodológico

### 2.3.1 Análisis de componentes principales (CP) aplicado sobre las series de IELL, TELL, DELL y DES

Debido a la gran cantidad de puntos de rejilla que presentan los datos de CHIRPS sobre la región de interés, es necesario aplicar algún método que permita la simplificación de los datos para una manipulación más sencilla. Se usó el método de análisis de CP como se indica en Wilks (2019), el cual consiste en la generación de la matriz de covarianza o correlación del conjunto de datos, luego se calculan los autovalores y autovectores de esta matriz, y posteriormente, utilizando la matriz de autovectores y el conjunto original de datos, se genera un nuevo conjunto de variables ortogonales, en el que, por lo general, las primeras CP explican la mayoría de la varianza del conjunto original, reduciendo el número de puntos por estudiar. Esto ayudó a simplificar significativamente el análisis.

En el trabajo de Fallas y Alfaro (2012) se aplicó un análisis de CP para reducir la información de 146 estaciones meteorológicas a lo largo de todo América Central en tan solo 2 nuevas

variables, esto muestra la utilidad del método en la simplificación de una gran cantidad de datos. Para este trabajo se logran disminuir las series de tiempo para el IELL, el TELL, el DES y el DELL sobre la región de Guanacaste con datos de resolución de  $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ , a una única serie de tiempo para cada índice (ver sección 3 más adelante).

Para aplicar el análisis de CP lo primero que se hizo fue calcular las anomalías normalizadas de los índices IELL, TELL, DELL y DES. Posteriormente para cada índice se calculó su matriz de correlación debido a que esta trabaja con datos estandarizados. A las matrices de correlación se les calcularon los respectivos autovalores y autovectores. Finalmente, para obtener el nuevo conjunto de datos se realiza la multiplicación matricial descrita en la ecuación 1.

$$TC = X * E \quad (E. 1)$$

Donde:

*TC*: nuevo conjunto de datos

*X*: conjunto de datos originales (índice normalizado)

*E*: matriz de autovectores.

Se calcularon y graficaron los *scree-plot* (Wilks, 2019) como la razón entre el autovalor de cada CP y la suma de todos los autovalores de todas las CP multiplicado por 100 y se toman las CP que explican más varianza según el *scree-plot*. Posteriormente, se calculó la correlación de Pearson entre las CP con su respectivo índice, los resultados se graficaron en mapas para estudiar las regiones que presentan mayor influencia de las CP, mostrando únicamente las correlaciones significativas al 95% ( $\alpha = 0.05$ ).

### 2.3.2 Análisis de tablas de contingencia

El análisis de contingencia usado es detallado por Alfaro et al. (2004), esta metodología busca una correlación significativa entre una variable dependiente y una independiente mediante

el uso de la función de correlación cruzada. El método de tablas de contingencia divide la variable independiente en  $M$  categorías y la dependiente en  $N$  categorías resultando en una cantidad de categorías conjuntas  $M \times N$ , para posteriormente calcular las frecuencias empíricas  $f_0$  correspondientes a la cantidad de parejas que pertenecen a cada una de las  $M \times N$  categorías conjuntas. Para este se realizaron varias tablas de contingencia tomando como variable dependiente las CP asociadas a los índices IELL, TELL, DELL y DES, mientras que las variables independientes fueron los índices de variabilidad climática N3.4, OMA, OMA-N3.4 y CLLJ en su respectivo periodo.

Alfaro et al. (2004) recomienda el uso de una cantidad baja de categorías para lograr un análisis más estable, lo cual sería para este trabajo  $M = N = 3$ , resultando en un total de 9 categorías conjuntas.

Tal división permite trabajar el conjunto de datos en *terciles* con un manejo más sencillo de las cantidades de posibles escenarios, además brinda un entendimiento más claro de parte del público en general con términos como condiciones normales (N), arriba de lo normal (AN) o bajo lo normal (BN), separadas por los percentiles 33 y 67 ( $P_{33}$  y  $P_{67}$ , respectivamente) de las variables.

Además, se realiza una prueba  $\chi^2$  para determinar la discrepancia entre las frecuencias observadas ( $f_{ij}$ ) y las esperadas ( $e_{ij}$ ) de la tabla de contingencia. Para el caso de tablas  $3 \times 3$  el número de grados de libertad corresponden a 4. Considerando que la frecuencia total de la tabla es  $n$  y que esta sea construida de manera aleatoria, la frecuencia asociada a cada casilla es  $n/9$  y se calcula el  $\chi^2$  asumiendo la hipótesis nula de que no hay relación entre las variables. De manera

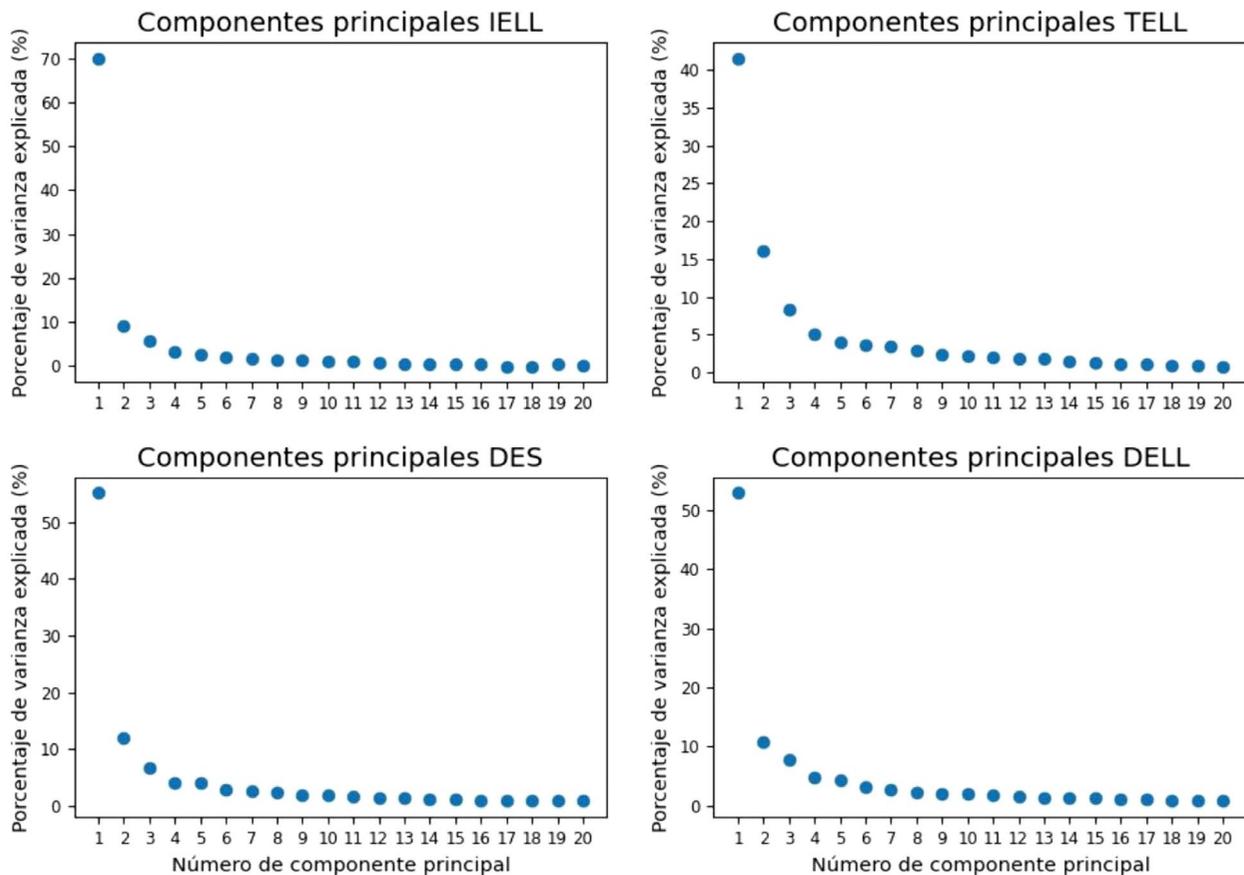


Figura 6. Porcentaje de varianza explicada para las primeras 20 CP asociadas al IELL, TELL, DES y DELL obtenidas a partir de la base de datos de CHIRPS en la región de Guanacaste para el periodo 1981-2020.

que, si el estadístico  $\chi^2$  resultante es mayor que el valor crítico determinado por la distribución  $\chi^2$ , se rechaza la hipótesis nula, indicando que las frecuencias observadas y esperadas difieren significativamente, para este trabajo se usaron valores de  $\alpha = 0.05$  considerando resultados significativos al 95%.

Para determinar la significancia estadística de cada categoría de la tabla de contingencia se utilizó una prueba de Montecarlo. El método toma las variables dependientes e independientes que son puestas a prueba y en base a ellas genera nuevas variables aleatorias, construye una nueva tabla de contingencia cada vez que genera un nuevo par de variables aleatorias y determina las categorías que son más confiables de obtener en cada bucle. El proceso es recomendable de ejecutar en bucles de 10000 a 200000 veces. Esta metodología se ha aplicado en otros trabajos que utilizan tablas de contingencia para estudiar la relación entre fuentes de variabilidad climática e índices de precipitación (e.g. Alfaro, 2014; Alfaro & Hidalgo, 2017).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 6 muestra los gráficos *scree-plot* para las primeras 20 CPs asociadas a los índices de la época seca y lluviosa. El cuadro 1 muestra en detalle el porcentaje de la variabilidad explicada por la CP 1 y 2 (CP1 y CP2, respectivamente), donde se aprecian bajos valores de la CP2 con respecto a la CP1.

Las figuras 7 y 8 muestran la correlación entre la CP1 y CP2 contra su respectivo índice de estación seca o lluviosa. Se puede apreciar como la CP1 presenta una alta correlación contra su respectivo índice (IELL, TELL, DES y DELL) en todo Guanacaste, mientras la CP2 presenta en general correlaciones menores, además de que gran parte de la región no alcanza una significancia estadística superior al 95% ( $\alpha > 0.05$ ). Considerando que la CP1 explica mayor cantidad de varianza en la región, se utiliza únicamente esta para comparar contra las fuentes de variabilidad climática. El cuadro 2 muestra la correlación entre la CP1 asociada al IELL, TELL, DES y DELL y los índices OMA, N3.4, OMA-N3.4 y CLLJ.

Cuadro 1. Porcentaje de varianza explicada por la CP1 y CP2 asociada al IELL, TELL, DES y DELL

% de variabilidad explicada	IELL	TELL	DES	DELL
CP 1	70.04	41.56	55.11	52.96
CP 2	9.11	16.10	11.97	10.75

Cuadro 2. Correlación de Pearson entre la CP1 asociada al IELL, TELL, DES y DELL y los índices OMA, N3.4, OMA-N3.4 y CLLJ en su respectivo periodo.

Índices	Correlación de Pearson CP1	Índices	Correlación de Pearson CP1
OMA vs IELL	-0,32	OMA-N3.4 vs IELL	<b>-0,46</b>
OMA vs TELL	0,24	OMA-N3.4 vs TELL	<b>0,39</b>
OMA vs DES	-0,33	OMA-N3.4 vs DES	<b>-0,47</b>
OMA vs DELL	0,31	OMA-N3.4 vs DELL	<b>0,54</b>
N3.4 vs IELL	0,27	CLLJ vs IELL	0,36
N3.4 vs TELL	-0,33	CLLJ vs TELL	-0,36
N3.4 vs DES	0,30	CLLJ vs DES	0,32
N3.4 vs DELL	<b>-0,50</b>	CLLJ vs DELL	<b>-0,52</b>

\* Valores en negrita indican significancia estadística al 99% ( $\alpha < 0.01$ ).

\*\* Valores en itálica indican significancia estadística al 95% ( $\alpha < 0.05$ ).

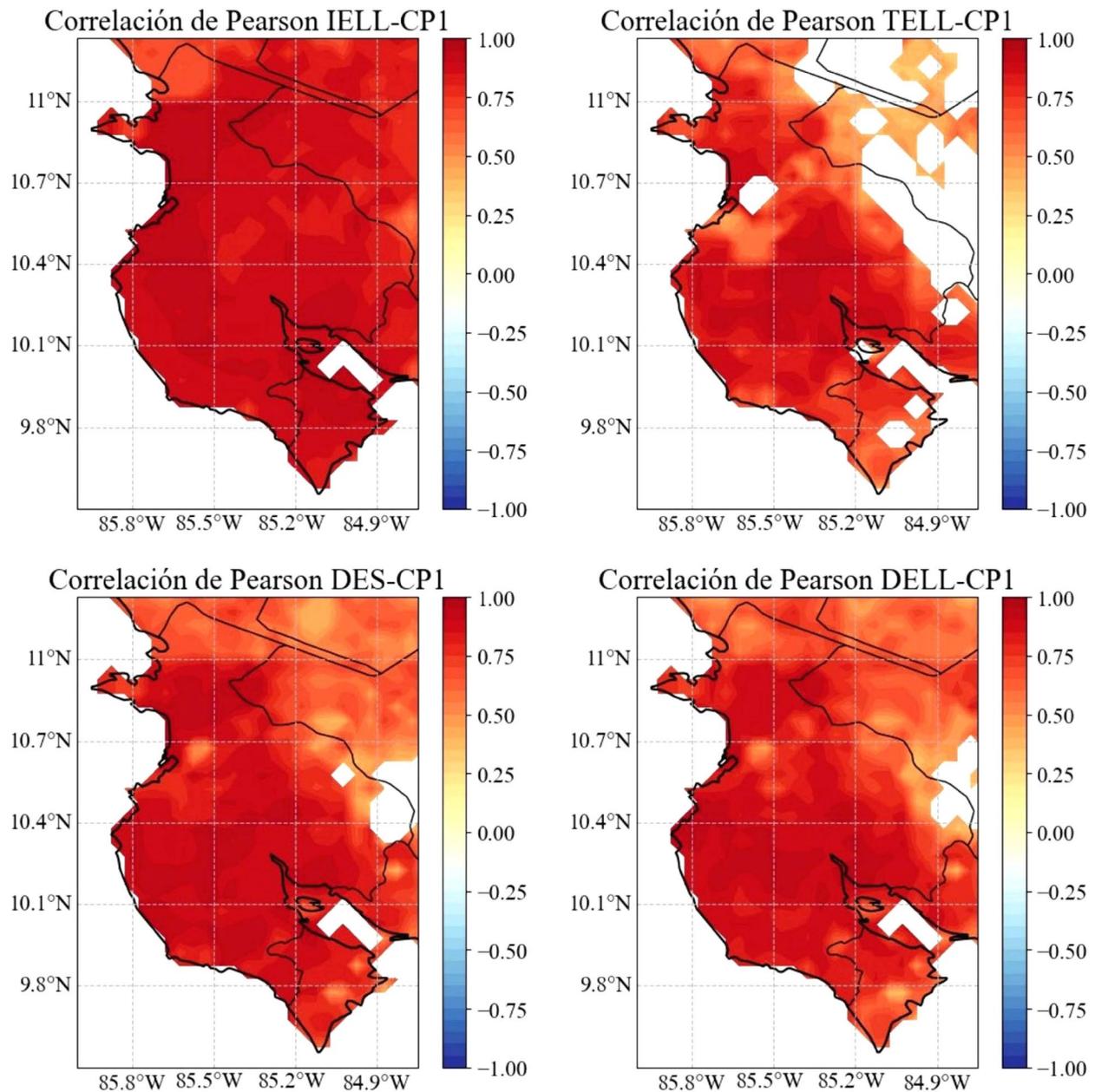


Figura 7. Correlación de Pearson entre el IELL, TELL, DES y DELL con su respectiva CP1 asociada para los datos de CHIRPS en la región de Guanacaste para el periodo 1981-2020. Las zonas en blanco representan regiones de significancia estadística inferior al 95% ( $\alpha > 0.05$ ).

Comparando el índice de la OMA sobre el Atlántico se encuentran correlaciones significativas con el IELL, DES y DELL. La correlación negativa del IELL sugiere que una OMA positiva (negativa) se asocia a un IELL temprano (tardío). Las correlaciones positivas y negativas de la DES y DELL respectivamente, indican que eventos

positivos (negativos) de la OMA se asocian a DELL más largas (cortas), mientras lo contrario ocurre con la DES. Coincidiendo con resultados como los de Alfaro et al. (1998) y Alfaro y Cid (1999).

Con el índice N3.4 sobre el Pacífico Ecuatorial se obtienen correlaciones significativas con el TELL

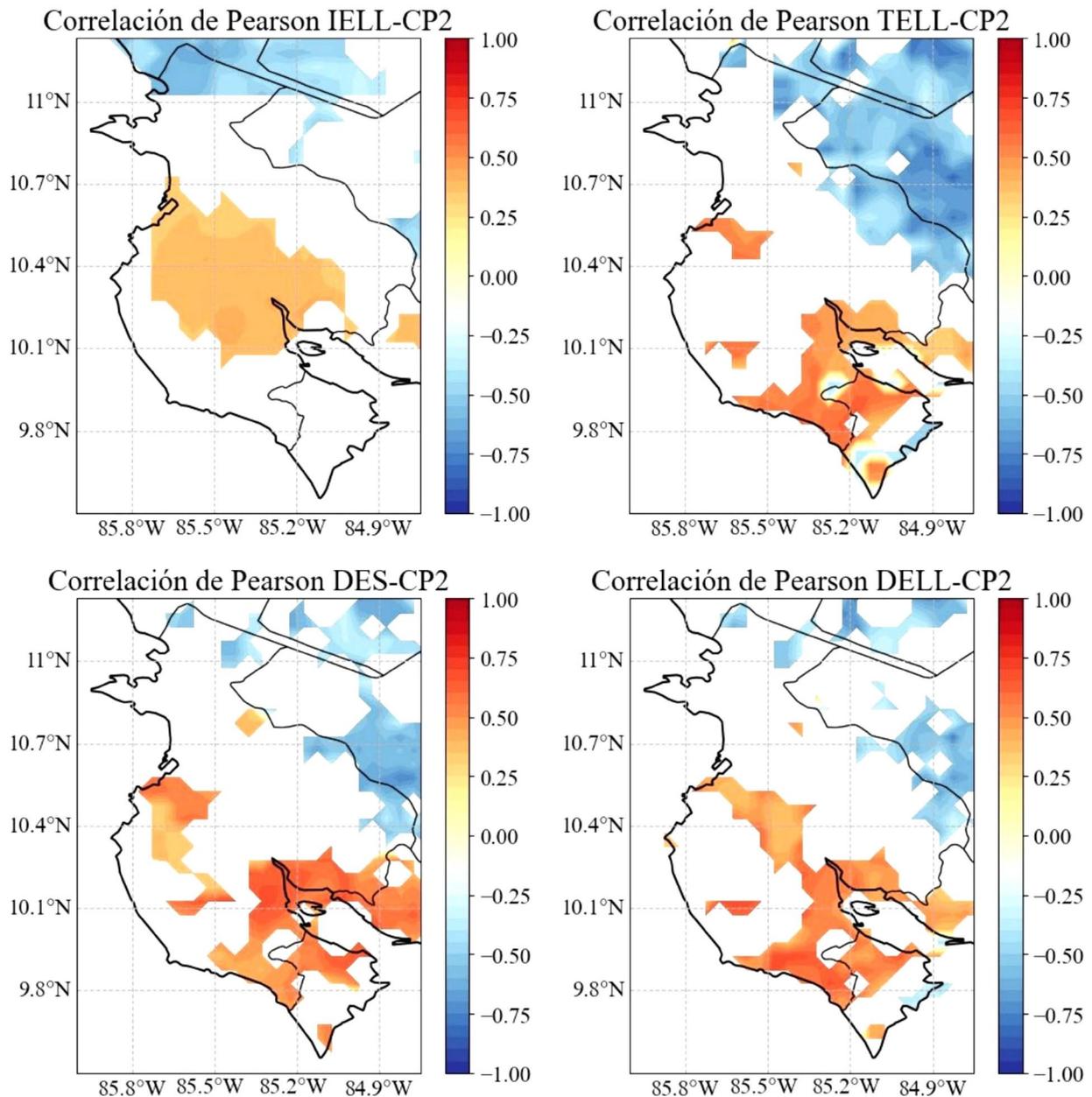


Figura 8. Correlación de Pearson entre el IELL, TELL, DES y DELL con su respectiva CP2 asociada para los datos de CHIRPS en la región de Guanacaste para el periodo 1981- 2020. Las zonas en blanco representan regiones de significancia estadística inferior al 95% ( $\alpha > 0.05$ ).

y la DELL, con comportamientos contrarios a los vistos en la OMA. La correlación entre N3.4 y TELL es negativa sugiriendo que el TELL ocurre más temprano (tarde) con eventos positivos (negativos) del N3.4 coincidiendo con resultados previos en el Pacífico ecuatorial (Alfaro & Cid, 1999; Gouirand et al., 2020). El índice DELL presenta una correlación

negativa, asociando un N3.4 positivo (negativo) a DELL más cortas (largas).

Las TSM combinadas del Atlántico y Pacífico ecuatorial, muestran mejores resultados que al analizar los índices por separado, con correlaciones significativas más altas. Al obtener índices

OMA-N3.4 positivos (negativos) se esperan IELL tempranos (tardíos) asociados a un calentamiento (enfriamiento) relativo del Atlántico respecto al Pacífico ecuatorial. Un comportamiento inverso ocurre con el TELL, cuando el índice OMA-N3.4 es positivo (negativo) el TELL ocurre más tarde (temprano). Con respecto a la DELL y DES se tiene un comportamiento similar al obtenido con los océanos por separado, el índice OMA-N3.4 positivo (negativo) implica una DELL más larga (corta) y una DES más corta (larga).

Trabajos previos (Alfaro, 2002; Alfaro et al., 1998) mencionan que la migración latitudinal temprana o tardía de la ZCIT es uno de los moduladores más importantes para los IELL y TELL tempranos o tardíos en la región. Alfaro et al. (1998) detalla que eventos cálidos en el Atlántico inducen bajas presiones relativas que disminuyen el flujo alisio asociado al anticiclón del Atlántico Norte, favoreciendo sobre América Central el establecimiento de la ZCIT y propiciando las precipitaciones en la región, mientras que un océano Pacífico Ecuatorial cálido intensifica el flujo alisio del noreste favoreciendo la migración al sur de la ZCIT disminuyendo las precipitaciones, por lo que se esperan situaciones contrarias con TSM frías en ambos océanos, de manera que si la OMA y ENOS están en fase tienden a anularse sus efectos y caso contrario se fortalecen. Lo anterior se ve reflejado en las correlaciones oceánicas del cuadro 2, especialmente en el índice OMA-N3.4 por lo que el comportamiento en conjunto de ambos océanos tiene mayor relevancia sobre el establecimiento de la época seca y lluviosa que considerar solo uno de ellos.

Para analizar el CLLJ se debe considerar que los vientos zonales son negativos hacia el oeste, para facilitar la interpretación de las correlaciones, los vientos zonales fueron multiplicados por -1 de forma que una correlación positiva se asocia a una anomalía positiva del CLLJ y por tanto vientos zonales más intensos. Del cuadro 2 se puede apreciar como un CLLJ intenso (débil) se

relaciona a IELL tardíos (tempranos) y con TELL tempranos (tardíos), mientras una DELL más corta (larga) y una DES más larga (corta) se relaciona a un CLLJ más intenso (débil). Sugiriendo que un CLLJ intenso (débil) induce condiciones secas (húmedas) sobre la provincia de Guanacaste.

Hidalgo et al. (2015) y Quirós e Hidalgo (2016) encontraron que cuando el CLLJ es intenso la ZCIT tiende a desplazarse hacia el suroeste propiciando condiciones secas en la vertiente Pacífico de América Central, por lo que un CLLJ intenso podría favorecer condiciones como un IELL tardío, un TELL temprano, una DES larga y una DELL corta en Guanacaste, esperando lo contrario con un CLLJ débil. Hidalgo et al. (2015) propusieron un modelo conceptual para explicar tal correlación, el modelo se describió anteriormente. Esto también se relaciona con el comportamiento del ENOS, ya que Amador (2008) indica que durante fases cálidas (frías) del ENOS se espera un CLLJ intenso (débil) relacionado con anomalías de precipitación negativas (positivas) en la vertiente Pacífico de América Central. Según explica Maldonado et al. (2016) esto puede deberse a que eventos ENOS son capaces de modular las anomalías de presión superficial a nivel del mar cerca de la costa Este de Estados Unidos y de la baja presión de Aleutianas afectando la intensidad del CLLJ.

El análisis de contingencia presentado en el cuadro 3 muestra resultados que concuerdan con las correlaciones de Pearson del cuadro 2 para el caso de la DELL con los índices OMA-N3.4 y CLLJ. Estos fueron los índices cuyo análisis fue estadísticamente significativo tanto en la tabla de contingencia como en sus categorías.

Para el índice OMA-N3.4 (cuadro 3, arriba) los escenarios más posibles son (BN, BN), (N, N) y (AN, AN). El primer escenario (BN, BN) indica que bajo condiciones del índice OMA-N3.4 por debajo de su percentil 33 ( $P_{33}$ ) lo más probable es una DELL más corta de lo normal. El segundo escenario (N, N) sugiere que si el índice OMA-N3.4 se encuentra

Cuadro 3. Tablas de contingencia de las probabilidades empíricas condicionales (%) para la CPI de la DELL de CHIRPS según los índices OMA-N3.4 (arriba) y CLLJ (abajo). Los valores entre paréntesis son las frecuencias empíricas absolutas y las categorías usadas son bajo lo normal (BN), neutral (N) y arriba de lo normal (AN), separadas por los percentiles 33 y 67, mostrados en los paréntesis en negrita.

		DELL		
		BN (<-6.04)	N	AN (>4.85)
<b>OMA-N3.4 (M-O)</b> $\chi^2=12.47$ (0.986)	<b>BN (&lt;-0.53)</b>	69(9)***	23(3)*	8(1)**
	<b>N</b>	21(3)*	50(7)**	29(4)
	<b>AN (&gt;0.86)</b>	8(1)***	31(4)	62(8)***
		DELL		
		BN (<-6.04)	N	AN (>4.85)
<b>CLLJ (M-O)</b> $\chi^2=9.63$ (0.953)	<b>BN (&lt;2.10 ms<sup>-1</sup>)</b>	15(2)**	23(3)*	62(8)***
	<b>N</b>	29(4)	50(7)**	21(3)*
	<b>AN (&gt;2.57 ms<sup>-1</sup>)</b>	54(7)**	31(4)	15(2)**

\* Significancia estadística al 90% ( $\alpha < 0.10$ ).

\*\* Significancia estadística al 95% ( $\alpha < 0.05$ ).

\*\*\* Significancia estadística al 99% ( $\alpha < 0.01$ ).

entre su  $P_{33}$  y  $P_{67}$  se esperarían DELL normales. Mientras que el tercer escenario (AN, AN) indica que bajo condiciones del índice OMA-N3.4 por encima de su  $P_{67}$  lo más probable es que la DELL sea más larga de lo normal. Aunque también se pueden destacar las condiciones contrarias que serían las categorías (BN, AN) y (AN, BN) que indicarían que bajo un índice OMA-N3.4 negativo (positivo) es muy poco probable que la DELL sea más larga (corta) de lo normal.

Para el caso del CLLJ (cuadro 3, abajo) el comportamiento es contrario, destacando los escenarios (BN, AN), (N, N) y (AN, BN). El primer escenario (BN, AN) sugiere que un índice del CLLJ por debajo de su  $P_{33}$  es más probable asociarlo a una DELL más larga de lo normal. El segundo escenario (N, N) indica que si el índice CLLJ se encuentra entre su  $P_{33}$  y  $P_{67}$  no se favorece una DELL más corta o larga. Mientras el tercer escenario (AN, BN) indica que bajo condiciones del índice CLLJ por arriba de su  $P_{67}$  lo más probable es que la DELL sea más corta de lo normal. Finalmente, también se deben destacar las condiciones contrarias (BN, BN) y (AN, AN) indicando que bajo un CLLJ débil (intenso) es muy poco probable que la DELL sea más corta (larga) de lo normal.

## 4. CONCLUSIONES

Con el análisis de CP se obtienen varias correlaciones significativas entre los índices de variabilidad climática y la CP1 asociada al IELL, TELL, DES y DELL en los datos de CHIRPS. El índice OMA muestra una correlación positiva significativa con IELL, la DES y la DELL, mientras que el índice N3.4 presenta correlaciones negativas significativas con el TELL y DELL. Sin embargo, las correlaciones más significativas se obtienen con la combinación de ambos índices OMA-N3.4. Los resultados indican que un calentamiento (enfriamiento) relativo del Atlántico con respecto al Pacífico ecuatorial tiende a favorecer IELL más tempranos (tardíos), TELL más tardíos (tempranos), DES más cortas (largas) y DELL más largas (cortas). Mientras que el índice CLLJ presenta correlaciones inversas, donde un CLLJ más intenso (débil) favorece IELL más tardíos (tempranos), TELL más tempranos (tardíos), DES más largas (cortas) y DELL más cortas (largas). Todo esto posiblemente ligado al movimiento latitudinal de la ZCIT y los eventos convectivos en la región influenciados por las condiciones del océano Atlántico, océano Pacífico y la intensidad del CLLJ.

Finalmente, estos resultados de como el IELL, TELL, DELL y DES son modulados por ENOS, OMA y el CLLJ son especialmente relevantes ya que la dependencia del recurso hídrico impacta directamente actividades productivas como la agricultura, ganadería y generación eléctrica, además de la disponibilidad hídrica para la población, de modo que tal información podría ayudar en la gestión y toma de decisiones referentes al recurso hídrico en Pacífico Norte de Costa Rica. Además, debido a las condiciones especialmente áridas presentes en la región Chorotega, al encontrarse dentro del CSC (Quesada et al., 2019) stretching south through Central America's Pacific coast down to northwestern Costa Rica (Guanacaste province, es de vital importancia realizar estudios pertinentes a los regímenes de precipitación en esta región. Como indica el Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] (2020) en la región Chorotega del país fuentes de variabilidad climática como ENOS, tienen implicaciones negativas en actividades dependientes de los recursos hídricos como ganadería y cultivos, por ejemplo, las sequías que afectaron al país entre 2014 y 2016, generaron pérdidas económicas de hasta 30 millones de dólares, especialmente en el sector agrícola (MAG, 2020). Ampliar el conocimiento en cuanto al IELL, TELL, DES y DELL y su relación con fuentes de variabilidad climática, puede resultar en información importante para los entes encargados del manejo adecuado de los recursos agrícolas e hídricos.

## 5. ÉTICA Y CONFLICTO DE INTERESES

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan de forma completa y clara en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

## 6. AGRADECIMIENTOS

A los proyectos EC497 (FEES-CONARE), B9454 (Fondo de Grupos), C0610 (Fondo de estímulo) y C2-103 inscritos a la Universidad de Costa Rica dentro de los cuales se enmarca este trabajo. A la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica debido a que esta investigación es parte del Trabajo Final de Graduación para la Licenciatura en Meteorología de Kendall Ugalde, también por darnos el tiempo de investigación para desarrollar este estudio. Al centro de investigación CIGEFI de la UCR por su apoyo logístico durante la recopilación y análisis de datos.

## 7. REFERENCIAS

- Alfaro, E. (2002). Some Characteristics of the Annual Precipitation Cycle in Central America and their Relationships with its Surrounding Tropical Oceans. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/15428>
- Alfaro, E. (2007). Escenarios climáticos para temporadas con alto y bajo número de huracanes en el Atlántico. *Revista de Climatología*, 7, 1-13.
- Alfaro, E. (2014). Caracterización del “veranillo” en dos cuencas de la vertiente del Pacífico de Costa Rica, América Central. *Revista de Biología Tropical*, 6(4), Article 4. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20010>
- Alfaro, E., & Cid, L. (1999). Análisis de las anomalías en el inicio y el término de la estación lluviosa en Centroamérica y su relación con los océanos Pacífico y Atlántico Tropical. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 6(1), Article 1. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/76679>
- Alfaro, E., Cid, L., & Enfield, D. (1998). Relaciones entre el inicio y el término de la estación lluviosa en Centroamérica y los océanos Pacífico y Atlántico tropical. *Investigaciones*

- marinas*, 26, 59-69. <https://doi.org/10.4067/S0717-71781998002600006>
- Alfaro, E., & Hidalgo, H. (2021). Inicio de la temporada de lluvias en América Central. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 20(1), Article 1.
- Alfaro, E., & Hidalgo, H. G. (2017). Propuesta metodológica para la predicción climática estacional del veranillo en la cuenca del río Tempisque en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 16(1), Article 1.
- Alfaro, E., Soley, F. J., & Enfield, D. (2004). *Uso de una Tabla de Contingencia para Aplicaciones Climáticas (Use of a Contingency Table for Climatic Applications)*. ESPOL y FUNDESPOL. <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/76751>
- Amador, J. A. (1998). A Climate Feature of the Tropical Americas: The Trade Wind Easterly Jet. *Revista Tópicos meteorológicos y oceanográficos*, 5(2), Article 2.
- Amador, J. A. (2008). The Intra-Americas Sea low-level jet: Overview and future research. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146, 153-188. <https://doi.org/10.1196/annals.1446.012>
- Amador, J. A., Alfaro, E. J., Rivera, E. R., & Calderón, B. (2010). Climatic Features and Their Relationship with Tropical Cyclones Over the Intra-Americas Seas. En J. B. Elsner, R. E. Hodges, J. C. Malmstadt, & K. N. Scheitlin (Eds.), *Hurricanes and Climate Change: Volume 2* (pp. 149-173). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9510-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9510-7_9)
- Calvo, O. D., Quesada, L. E., Hidalgo, H. G., & Gotlieb, Y. (2018). Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), Article 3. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.30828>
- Díaz, S. G. (2019). *Inicio de las lluvias de verano en las costas del Pacífico Mesoamericano*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3466119>
- Enfield, D., & Alfaro, E. (1999). The Dependence of Caribbean Rainfall on the Interaction of the Tropical Atlantic and Pacific Oceans. *Journal of Climate*, 12(7), Article 7. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<2093:TDOCRO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<2093:TDOCRO>2.0.CO;2)
- Fallas, B., & Alfaro, E. (2012). Uso de herramientas estadísticas para la predicción estacional del campo de precipitación en América Central como apoyo a los Foros Climáticos Regionales. 1: Análisis de tablas de contingencia. *Revista de Climatología*, 12, 61-79.
- Foli, B. A. K., Appeaning Addo, K., Ansong, J. K., & Wiafe, G. (2021). Evaluation of ECMWF and NCEP Reanalysis Wind Fields for Long-Term Historical Analysis and Ocean Wave Modelling in West Africa. *Remote Sensing in Earth Systems Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s41976-021-00052-3>
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—A new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Gotlieb, Y., Pérez, P. M., Hidalgo, H. G., & Alfaro, E. (2019). The Central American Dry Corridor: A Consensus Statement and its Background. *Revista Yu'am*, 3(5), Article 5.
- Gouirand, I., Moron, V., & Sing, B. (2020). Seasonal atmospheric transitions in the Caribbean basin and Central America. *Climate Dynamics*, 55(7), Article 7. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05356-6>
- Hidalgo, H. G., Alfaro, E., Amador, J. A., & Bastidas, Á. (2019). Precursors of quasi-decadal dry-spells in the Central America Dry Corridor. *Climate Dynamics*, 53(3), Article 3. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04638-y>

- Hidalgo, H. G., Durán-Quesada, A. M., Amador, J. A., & Alfaro, E. (2015). The caribbean low-level jet, the inter-tropical convergence zone and precipitation patterns in the intra-americas sea: A proposed dynamical mechanism. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 97(1), Article 1. <https://doi.org/10.1111/geoa.12085>
- Maldonado, T., Alfaro, E., Fallas, B., & Alvarado, L. (2013). Seasonal prediction of extreme precipitation events and frequency of rainy days over Costa Rica, Central America, using Canonical Correlation Analysis. *Advances in Geosciences*, 33, 41-52. <https://doi.org/doi.org/10.5194/adgeo-33-41-2013>
- Maldonado, T., Alfaro, E., & Hidalgo, H. G. (2018). A review of the main drivers and variability of Central America's Climate and seasonal forecast systems. *Revista de Biología Tropical*, 66(1-1), Article 1-1. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.33294>
- Maldonado, T., Alfaro, E., Rutgersson, A., & Amador, J. A. (2017). The early rainy season in Central America: The role of the tropical North Atlantic SSTs. *International Journal of Climatology*, 37(9), Article 9. <https://doi.org/10.1002/joc.4958>
- Maldonado, T., Rutgersson, A., Amador, J., Alfaro, E., & Claremar, B. (2016). Variability of the Caribbean low-level jet during boreal winter: Large-scale forcings. *International Journal of Climatology*, 36(4), Article 4. <https://doi.org/10.1002/joc.4472>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2020). *Programación Región de Desarrollo Chorotega 2020*. Liberia, Guanacaste. <http://www.mag.go.cr/regiones/chorotega/Caracterizacion-REGION-DE-DESARROLLO-CHOROTEGA.pdf>
- Quesada, L. E., Calvo-Solano, O. D., Hidalgo, H. G., Pérez-Briceño, P. M., & Alfaro, E. (2019). Dynamical delimitation of the Central American Dry Corridor (CADC) using drought indices and aridity values. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 43(5), Article 5. <https://doi.org/10.1177/0309133319860224>
- Quirós, E., & Hidalgo, H. G. (2016). Variabilidad y conexiones climáticas de la zona de convergencia intertropical del Pacífico Este. *Revista Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 15(1), Article 1.
- Rivera, P., Ochoa, W., González, B., & Salguero, M. (2019). Inicio y término de la época lluviosa (IELL, TELL) en los estratos de la zona cañera de Guatemala. *Tikalía*, 37(2), Article 2.
- Trenberth, K. E., & Stepaniak, D. P. (2001). Indices of El Niño Evolution. *Journal of Climate*, 14(8), Article 8. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<1697:LIOENO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<1697:LIOENO>2.0.CO;2)
- Ugalde, K. (2022). *Estudio del inicio y término de la estación lluviosa en el Pacífico Norte de Costa Rica en el periodo 1950-2020* [Tesis de licenciatura aprobada con distinción sobresaliente, Universidad de Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/10669/89114>
- Wilks, D. S. (2019). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (4.ª ed.). Elsevier Science.









## Instituto Meteorológico Nacional

Sitio web:  
[www.imn.ac.cr](http://www.imn.ac.cr)

Teléfono: (506) 2222 5616

Apartado postal: 5583-1000  
San José  
Costa Rica

