

## TÓPICOS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS



Edición especial Volumen 19 ISSN 2953-738X **Junio 2020** Eventos hidrometeorológicos extremos San José, Costa Ri



# TÓPICOS METEOROLÓGICOS Y OCEANOGRÁFICOS



Volumen 19

ISSN 2953-738X

**Junio 2020** 

Edición especial

## Eventos hidrometeorológicos extremos

Periodos 1700-1899 y 1980-2017

Ministerio de Ambiente y Energía Instituto Meteorológico Nacional

Coordinación general: Ing. José Alberto Retana Barrantes

Edición: Dra. Gladys Jiménez Valverde

Revisión:

Ing. José Alberto Retana Barrantes, Ing. Katia Carvajal Tovar, Dra. Gladys Jiménez Valverde y Rodrigo Granados Jiménez

> Diseño y diagramación: Rodrigo Granados Jiménez

Imágenes de portada:

Foto de sequía: IMN / Rodrigo Granados Jiménez Foto de inundación: Cruz Roja Costarricense / Carlos Herrera Artavia

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.

<sup>\*</sup> Los artículos publicados en Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos expresan la opinión del autor y no necesariamente del Instituto Meteorológico Nacional

#### **CONTENIDO**

Pág. Artículo

5 Prólogo

JOSÉ ALBERTO RETANA BARRANTES

[1] Eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica en los siglos XVIII y XIX: Una aproximación a la reconstrucción histórica

RODRIGO GRANADOS JIMÉNEZ

35 Análisis descriptivo de los fenómenos y eventos hidrometeorológicos extremos de mayor frecuencia en Costa Rica en el período 1980-2017

RUBÉN MORALES AGUILAR

47 Análisis de la mortalidad ocasionada por el impacto de eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica, periodo 1980-2017

KATTIA CARVAJAL TOVAR

67 Análisis de afectados por eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica, en el periodo 1980-2017

GLADYS JIMÉNEZ VALVERDE

#### **Prólogo**

#### JOSÉ ALBERTO RETANA BARRANTES<sup>1</sup>

#### 1. INTRODUCCIÓN

A principios de la década de los años 70 del siglo XX, se produjeron una serie de eventos importantes de carácter meteorológico en diferentes partes del mundo, que van desde sequías extremas entre 1970 y 1972 en Australia, Indonesia, Brasil, Centroamérica, India y el Sahara; hasta inundaciones récord en Kenia, Brasil, Ecuador y Perú (Glantz, 1998).

Dos factores contribuyeron con la gran difusión que tuvieron estos sucesos: primero, por los impactos significativos en diferentes sectores tanto sociales y productivos, como naturales, y segundo, por la incipiente industria de nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC), asociada al auge de ordenadores digitales. La difusión de estos eventos, fue crucial para el desarrollo del conocimiento científico del último tercio del siglo XX y para la planificación operativa de la atención de emergencias, generadas por eventos climáticos.

Los eventos meteorológicos extremos (EME) de aquella época, fueron los detonantes de una dinámica sin precedentes en el estudio de la variabilidad climática, las tele conexiones globales, el cambio del clima y la comprensión técnica de los impactos relacionados.

En épocas más recientes, los eventos extremos han sido la puerta de entrada de la gestión de los riesgos en el ámbito de la adaptación al cambio del clima. Cuando se mejora el conocimiento de algún fenómeno atmosférico, y de los eventos, incidentes y daños que causan; así como de la frecuencia de aparición y las zonas geográficas que son afectadas más recurrentemente, se crea a la vez un insumo de información necesaria para la debida gestión del riesgo climático.

Gestionar el riesgo ante eventos extremos del clima, tiene como fin disminuir al máximo la posibilidad de pérdida de bienes preciados en los sistemas vulnerables. El mayor de estos bienes en los sistemas humanos es la vida. Por lo tanto, mejorar el conocimiento sobre eventos extremos del clima es una tarea técnica de suma importancia para el resguardo de la población.

Esta edición especial de la revista Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos, ha sido dedicada enteramente al tema de Eventos Meteorológicos Extremos, tanto al estudio del fenómeno detonante como a los impactos causados. A continuación se presentan cuatro artículos de investigación científica, que pretenden explorar las relaciones entre eventos meteorológicos extremos (EME) y algunos impactos asociados a los sistemas sociales.

#### 2. FUENTE DE INFORMACIÓN

La fuente de información de todos los artículos, es la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional sobre eventos meteorológicos extremos (IMN, 2019a). Esta base se construyó para dos períodos de referencia. Uno antiguo que va de 1700

<sup>1</sup> Ingeniero agrónomo. Investigador del Departamento de Desarrollo. Instituto Meteorológico Nacional. Correo electrónico: jretana@imn.ac.cr.

#### EVENTO DE CARÁCTER **INCIDENTE:** DAÑO: FENÓMENO METEOROLÓGICO: **METEOROLÓGICO:** Acontecimiento Pérdidas e impactos Manifestación atmosférica Es la consecuencia física de un anormal producto de producto del conocida y consecuente con fenómeno. Se relaciona con los la magnitud extrema acontecimiento anormal. un sistema meteorológico diferentes elementos meteorológicos: de un evento. Es un Puede generar, pérdidas, de escala espacial sinóptica temperatura, lluvia, viento, radiación, desequilibrio impactos en los sistemas humedad, pero registrados con momentáneo que humanos y naturales. Se a global, y de escala temporal del orden de magnitudes extremas. Se enmarca tiene localización puede cuantificar. semanas a meses. dentro del concepto de meteoro. geográfica.

Figura 1. Encadenamiento de los elementos de un evento extremo.

a 1949, y otro contemporáneo que se extiende de 1950 al 2017. Para la elaboración del período contemporáneo, se partió del acopio, actualización y depuración de información existente en dos sistemas anteriores. El primero surge en el 2008 cuando el IMN presenta un estudio sobre clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica (IMN-CRRH, 2008). Con el fin de obtener estadísticas sobre fenómenos atmosféricos que alimenten la sección de variabilidad climática, se construyó una base de datos de eventos extremos con base en la información de los boletines meteorológicos mensuales, para un período de análisis de 1980-2007. De forma paralela, el CRRH publica una base de información noticiosa sobre el impacto de diferentes fenómenos meteorológicos para el período 1950-2007 (Ortiz, 2007). Tomando como base estas dos fuentes de información se creó una arquitectura coherente para consolidar una sola base partiendo de un fenómeno generador, eventos registrados, incidentes y daños documentados. La información fue revisada y actualizada utilizando además de los boletines meteorológicos mensuales, fuentes noticiosas y documentos oficiales de la Comisión Nacional de Emergencias. Se sistematizó la operatividad de la base.

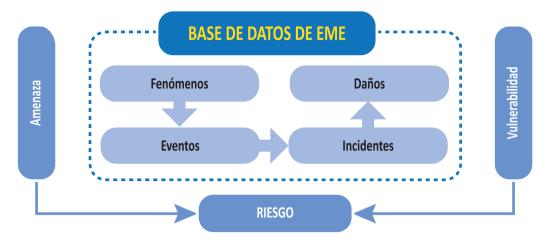
Un segundo período, complejo en su construcción por la dificultad de encontrar información relacionada, va desde 1700 a 1949. La reconstrucción histórica parte de la compilación de

datos en documentos resguardados en el Archivo Nacional de Costa Rica (ANCR), el Archivo Histórico Arquidiocesano Bernardo Augusto Thiel (AHABAT), en la hemeroteca de la Biblioteca Nacional de Costa Rica y en algunas publicaciones científicas especializadas. A pesar de las limitaciones de la información en cuanto al verdadero fenómeno atmosférico generador de los impactos y la ubicación espacial de los eventos, se siguió la arquitectura propuesta con el fin de consolidar una sola base para un período 1700-2017.

Por otra parte, la información sobre impactos sociales proviene del estudio de Quirós y Villalobos (2018), quienes desarrollaron tres bases de datos sobre mortalidad, personas evacuados y damnificadas relacionados con eventos meteorológicos para el período 1980-2017, a partir de fuentes noticiosas y reportes de la Comisión Nacional de Emergencias.

La arquitectura de la base de datos descansa en lo dispuesto por IMN (2019b). La esquematización del encadenamiento de elementos se presenta en la figura 1.

Por tanto, un EME está compuesto por un fenómeno meteorológico que altera la intensidad de los meteoros que lo caracterizan a tal punto, que provoca un acontecimiento fuera de la normalidad causando daños cuantificables en los sistemas vulnerables. De esta forma, un huracán



**Figura 2.** Esquema de riesgo a partir de los componentes de una base de datos de eventos meteorológicos extremos (EME).

por sí solo no corresponde con un evento extremo. El ejemplo concreto sería: un huracán produce lluvias intensas que causan una inundación la cual destruye un puente. Este escenario es un evento extremo a causa de un fenómeno atmosférico. Esta es la lógica de la base de datos.

En la figura 2 se presenta el esquema de construcción y concatenación de los elementos de riesgo (amenaza y vulnerabilidad), de una base de datos con características climáticas.

#### 3. ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS

La base de datos EME IMN, es un esfuerzo institucional que recorre una línea de tiempo trazada con el trabajo minucioso y esmerado de muchas personas. Generaciones diferentes se logran reunir en una fuente de conocimiento. Ellos son los responsables de rescatar información valiosa, trasladarla del papel hacia el formato digital para incluirla en una plataforma informática que permite la sistematización y operatividad futura de los datos.

A todos ellos el agradecimiento profundo por el aporte realizado: Basilio Ortiz, Nury Sanabria,

Hugo Gómez, Rodolfo Dávila, Cristina Araya, William Arias, Juan Abel Miranda, Johnny Solano, Rafael Pacheco, Víctor Castro, Freddy Calderón, Manuel Solera, Luis Fernando Alvarado, Ana Rita Chacón, Gladys Jiménez, Karina Hernández, Katia Carvajal, Rodrigo Granados, Johan Córdoba, Luis Eduardo Quesada, Diego Mesén y José Retana.

#### 4. LAS INVESTIGACIONES

En cuanto a las investigaciones contenidas en este volumen de la revista, la primera investigación es de carácter histórico-descriptivo, si bien logra cuantificar algunas características del estudio. Es una recopilación de información sobre EME para el período 1700 a 1899. La fuente de la información son los Archivos Nacionales y periódicos de la época. Es una sugestiva línea de tiempo, que va conduciendo al lector por períodos históricos tempranos de nuestra comunidad colonial y republicana. Resulta interesante la documentación sobre impactos en los diferentes sectores, la forma de afectación y la percepción del evento meteorológico. Obviamente carece del detalle técnico y científico de los fenómenos, pero recrea la visión del impacto redactado en los documentos antiguos. La conclusión es clara en el hecho de que estos eventos nos han acompañado

y seguirán acompañándonos, producto del clima y la variabilidad que caracteriza nuestra franja geográfica.

El segundo estudio, es un análisis estrictamente estadístico de los fenómenos y eventos meteorológicos más frecuentes para el período 1980-2017. Tal como se detalló al inicio, los fenómenos están relacionados con eventos. En la base de datos se registran 14 fenómenos y 21 eventos. Se identificaron los cinco fenómenos y los cuatro eventos hidrometeorológicos más frecuentes. La importancia de este análisis radica en la construcción de la climatología mensual de estos fenómenos y eventos, en cuanto a su frecuencia en el país. Además, se logró determinar las zonas (región climática y provincias) más impactadas por estos eventos. Esta es una base importante para la gestión de los riesgos, asociados con fenómenos de carácter meteorológico.

En el tercer y cuarto estudio de esta investigación se exploran los impactos a partir de los fenómenos meteorológicos extremos, para el período 1980-2017. En el encadenamiento estructural propuesto, el fenómeno provoca el evento, el que a su vez causa una situación anormal en el entorno. El impacto en muertes y afectados es el resultado final de la cadena. Las muertes presentan una contabilización concreta: número de personas fallecidas durante la situación anómala. Los afectados por un EME están compuestos por el número de personas que fueron damnificadas, evacuadas o bien sufrieron algún efecto negativo en su condición temporal, como por ejemplo traslado o reubicación. Estos estudios son clave, no solamente por la descripción de eventos en la línea temporal (años, períodos decadales), sino porque logran detallar los fenómenos de mayor relevancia en cuanto a su impacto por muertes y personas afectadas. La ubicación geográfica (provincias y cantones) con mayor afectación, resulta de vital importancia para la planificación de actividades de prevención y para la gestión general del riesgo climático.

## 5. CONSIDERACIONES GENERALES

Si bien es cierto existe una amplia documentación alrededor del tema de impactos de eventos meteorológicos extremos, los estudios aquí desarrollados presentan la particularidad de que se basan en información de una gran riqueza técnica, en cuanto a la identificación del fenómeno meteorológico detonante y el evento resultante. El tejido del documento enforma general, puede leerse desde el valor histórico de las reconstrucciones de eventos pasados, la fortaleza estadística de la documentación reciente y la operatividad de la descripción de impactos asociados, referidos no solo al conteo de casos, sino la ubicación espacial y temporal de los eventos.

Los estudios que se presentan, son una aplicación de la sistematización de la información, sin duda alguna, una de las herramientas de mayor valía en la gestión de los riesgos relacionados con fenómenos de carácter meteorológico.

#### 6. LITERATURA CITADA

Glantz, M. (1998). Corrientes de Cambio: El Impacto de "El Niño" sobre el Clima y la Sociedad. Oficina de Asistencia para Desastres. USAID – COI/UNESCO.

Instituto Meteorológico Nacional. (2019a). Base de Datos de Eventos Meteorológicos Extremos EME. Departamento de Desarrollo y Unidad de Informática. IMN. San José, Costa Rica.

Instituto Meteorológico Nacional. (2019b).

Conceptualización y concatenación de los elementos meteorológicos de la Base de Datos de Eventos Meteorológicos del IMN.

Taller interno. IMN. 4p.

IMN-CRRH. (2008). Clima, Variabilidad y Cambio Climático en Costa Rica. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. IMN-CRRH-MINAET-PNUD. San José, Costa Rica. 75p.

- Ortiz, L. (2007). Base de datos: Eventos hidrometeorológicos extremos y sus impactos en Costa Rica. 1954-2007. Comité Regional de Recursos Hidráulicos. CRRH-SICA-UNEP-AIACC.
- Quirós, G., y Villalobos, J. (2018). Análisis de género sobre la mortalidad e impactos
- humanos derivados de los eventos extremos de los últimos años en el país. IMN-PNUD. San José, Costa Rica.
- Retana, J. (2012). Eventos hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio de clima. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*. Vol. 11 (1): 52-64.

## Eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica en los siglos XVIII y XIX: Una aproximación a la reconstrucción histórica

#### RODRIGO GRANADOS JIMÉNEZ1

#### Resumen

Se realizó una revisión documental de fuentes de información primaria para identificar eventos hidrometeorológicos extremos, ocurridos en Costa Rica durante los siglos XVIII y XIX, a fin de obtener un panorama histórico de las incidencias generadas, los daños causados, la frecuencia en que se han presentado, así como las regiones y localidades afectadas. La información obtenida se ordenó por periodos de 25 años, para un mejor análisis de los datos, a excepción del periodo colonial que se agrupó de 1700 hasta 1821. Los datos colectados arrojaron información valiosa para determinar años y zonas geográficas particularmente afectadas por comportamientos extremos del clima, que generaron inundaciones o sequías, en su mayoría en el Valle Central costarricense.

PALABRAS CLAVE: HIDROMETEOROLOGÍA, EVENTOS CLIMÁTICOS, INUNDACIONES, SEQUÍAS, TORNADOS, HISTORIA AMBIENTAL, HISTORIA DEL CLIMA.

#### **Abstract**

A documentary review of primary information sources was done for identifying extreme hydrometeorological events that occurred in Costa Rica during the 18th and 19th centuries, in order to get a historical overview of the generated incidents, the caused damages, the frequency in which they had been presented and the affected regions and localities. The information obtained was ordered for periods of 25 years for a better analysis of the data, except for the colonial period that was grouped from 1700 to 1821. The collected data yielded valuable information to determine some years and geographical areas particularly affected by extreme weather behaviors that generated floods or droughts, mostly in the Central Costa Rican Valley.

**KEY WORDS**: HYDROMETEOROLOGY, CLIMATE EVENTS, FLOODS, DROUGHTS, TORNADOS, ENVIRONMENTAL HISTORY, CLIMATE HISTORY.

#### 1. INTRODUCCIÓN

El ser humano ha interactuado desde siempre con su entorno natural, favoreciéndose de los recursos que este le provee, pero a la vez, ha sido afectado por condiciones naturales extremas que no puede controlar y que influyen directamente en su bienestar. Esa doble interacción ha determinado sus acciones hacia el medio que le rodea y su consecuente desarrollo individual y social en la dinámica de los pueblos.

Uno de los elementos naturales que han afectado la supervivencia de los seres humanos y que le han obligado a adaptarse, es el clima, definido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como las condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y periodo de tiempo determinados (OMM, 2011). Sin embargo, alrededor de los valores normales del clima, se presentan oscilaciones propias de la variabilidad que en algunos casos pueden llegar a ser extremos. Los eventos meteorológicos extremos (EME)

<sup>1</sup> Estudiante de la carrera de Historia en la Universidad de Costa Rica, y genealogista. Departamento de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional. Correo electrónico: rgranados@imn.ac.cr.

pueden impactar negativa y significativamente el entorno de las comunidades humanas.

Por su parte, los eventos hidrometeorológicos extremos (EHE), tal y como los define Retana (2012), son aquellos eventos que involucran alguna forma de precipitación que sobrepasa los valores umbrales o extremos de la variable climática, ya sea el déficit o el superávit y se asocian a la magnitud del impacto. Normalmente son efectos negativos en la dimensión ambiental, económica y social en una región específica, llamados comúnmente desastres. Es decir, los EHE son fenómenos atmosféricos que provocan excesos de lluvias o altas temperaturas, que impactan por ejemplo, las actividades agrícolas, la pesca, la ganadería y la infraestructura de las sociedades humanas, ya sea por la gran cantidad de agua que cae en un determinado momento generando inundaciones o por periodos extensos de ausencia lo que ocasiona las seguías.

Por consiguiente, el habitante de lo que hoy es Costa Rica ha experimentado desde tiempos inmemorables la ocurrencia de EHE, que han ocasionado desastres afectando a los pueblos de las diversas regiones del país. Lamentablemente, no se tienen registros de los EHE ocurridos en el país antes de la llegada de los españoles, ya que no es sino a partir del siglo XVI que se empiezan a documentar estos eventos, con algunas referencias o relatos de su ocurrencia, gracias al método de escritura y documentación que ellos trajeron.

Sin embargo, a falta de documentación, estudios posteriores a 1980 con otros métodos de investigación realizados por especialistas de disciplinas como la meteorología, climatología, paleo climatología, geografía, geología, biología, arqueología e historia, entre otras, han evidenciado la ocurrencia de fenómenos climáticos globales y regionales que afectaron el clima de la región centroamericana en siglos anteriores al XVIII, con condiciones extremas, inundaciones y sequías, que impactaron considerablemente las civilizaciones precolombinas y

posteriormente las coloniales<sup>1</sup>. El geógrafo Robert H. Claxton citado por Arrioja (2019), sostiene "que las condiciones atmosféricas que predominaron entre los siglos XVI y XIX se distinguieron por cambiar a cada momento". Menciona además, que los climatólogos Joëlle L. Gergis y Anthony M. Fowler manifiestan que "los episodios más extremos de ENOS en América Central ocurrieron en la segunda mitad del siglo XVIII"<sup>2</sup>.

El impacto de los EHE no ha afectado de igual manera a todo el país. Existen regiones y subregiones climáticas, donde los factores geográficos, oceanográficos y atmosféricos condicionan de forma muy particular la ocurrencia y los impactos de este tipo de eventos. Hasta mediados del siglo XX, las regiones climáticas de Costa Rica eran definidas a grandes rasgos por los regímenes de lluvias del Caribe y del Pacífico, incluyendo este último tanto la zona central del país como el litoral Pacífico. En la década de 1960 se establecieron seis regiones climáticas y para finales de la década del 2000 se actualizaron a las siete actuales: Zona Norte, Caribe Norte y Caribe Sur para la vertiente del Caribe; y Región Central, Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Sur para la vertiente del Pacífico (IMN, 2008).

El régimen de precipitación que afecta el Caribe costarricense se caracteriza por presentar una sola época lluviosa, con mínimos relativos en los meses de marzo y octubre. Por su parte, la vertiente del Pacífico tiene dos periodos claramente definidos: la temporada lluviosa que comprende los meses de mayo a octubre, y la temporada seca que se extiende de diciembre a marzo, los meses de abril y noviembre corresponden a meses de transición (IMN, s.f.).

La época de mayor precipitación en ambas vertientes, es asociada por los habitantes del país con los temporales, que son lapsos de "mal tiempo con gran cantidad de lluvia". La lluvia puede hacer aumentar el caudal de los ríos (crecidas) y en muchas ocasiones, las aguas se desbordan

de sus cauces provocando inundaciones (Ilenas), principalmente en zonas medias y bajas de las cuencas de los ríos, afectando a las poblaciones que se desarrollan en sus cercanías.

Las lluvias intensas, no siempre provocan inundaciones, sin embargo, pueden causar otras situaciones de afectación para la población como: pérdidas considerables en la agricultura y la ganadería, impactos socioeconómicos por obstrucción de caminos o destrucción de viviendas por derrumbes al colapsar laderas por acumulación de agua, que incluso llegan a ocasionar pérdidas de vidas humanas.

Por otra parte, durante los periodos prolongados de déficit en la precipitación, se producen las sequías que causan serios daños en los ecosistemas, afectan negativamente los cultivos y la crianza de ganado, lo que a su vez ocasiona que se den cosechas pobres con la correspondiente disminución de alimentos, y si este escenario se extiende por periodos muy prolongados las consecuencias son hambrunas, enfermedades, plagas y hasta migraciones masivas de población. Además, dichas sequías afectan la generación hidroeléctrica y provocan el desabastecimiento de agua para el consumo humano (Retana, et al. 2019).

Para el ser humano los EHE provocan evacuaciones, huida de personas, poblaciones o parte de ellas, de un lugar ante la situación de riesgo, generando damnificados, pérdida de bienes materiales de primera necesidad como la casa, fuentes de ingreso y hasta la vida. Es por esto, que el objetivo del presente estudio es recopilar y organizar cronológicamente, datos sobre eventos hidrometeorológicos extremos ocurridos en Costa Rica, durante los siglos XVIII y XIX, a partir de diferentes fuentes de consulta. Esta información resulta de gran importancia para la comprensión histórica del riesgo climático, la presión ejercida y las respuestas sociales que se han dado a través del tiempo.

#### 2. METODOLOGÍA

El abordaje metodológico de esta investigación, parte de la compilación de datos a partir de fuentes primarias como son el Archivo Nacional de Costa Rica (ANCR), el Archivo Histórico Arquidiocesano Bernardo Augusto Thiel (AHABAT) y la hemeroteca de la Biblioteca Nacional de Costa Rica, con el fin de identificar la ocurrencia y los impactos de eventos hidrometeorológicos extremos antiguos ocurridos en Costa Rica. Los datos recopilados fueron: los años y los meses de los registros, el evento meteorológico, el incidente ocasionado, los daños reportados, las localidades afectadas (identificadas por provincias, cantones, distritos y poblados), las regiones climáticas afectadas, los datos de fallecidos o damnificados y los costos estimados de los daños cuando se mencionan. La investigación se realizó en el marco del proyecto "Análisis de la mortalidad diferenciada por sexo y otros impactos humanos derivados de los eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica", liderada por el IMN con el apoyo del PNUD.

El periodo contemplado en este estudio son los siglos XVIII y XIX. Es preciso señalar, que esta investigación no profundiza en las interrelaciones entre ambiente y sociedad, o en los impactos socioeconómicos y políticos en la cotidianidad del costarricense afectada por los eventos hidrometeorológicos extremos. Se abordan únicamente los casos más destacados, debido a que generaron respuestas por parte de la sociedad u autoridades de gobierno para atender las emergencias debido a la magnitud de su impacto.

A pesar de que la división político-administrativa de Costa Rica se implementó en 1848 y esta se ha modificado considerablemente hasta el presente, así como las siete regiones climáticas actuales son del siglo XXI, se han aplicado estas categorizaciones en la distribución de los EHE registrados, aunque en su tiempo tales divisiones no existieran. Lo anterior con el fin de agrupar

los reportes por regiones climáticas, provincias, cantones y distritos, presentar los datos en una regionalización homogénea en diferentes periodos de tiempo, lo que permitirá entender mejor el comportamiento histórico de los EHE. La decisión se toma, a partir del argumento de que tales divisiones son artificiales y que el comportamiento del clima es independiente a estas regionalizaciones, sino que obedece a elementos atmosféricos y factores geográficos.

#### 3. RESULTADOS

## 3.1. Eventos hidrometeorológicos extremos en el periodo colonial: 1700-1821

La evidencia documental que se puede asociar a la existencia de eventos hidrometeorológicos extremos de 1700 hasta 1821, año de nuestra independencia, es escasa. Es claro, que para la época colonial la provincia de Costa Rica no estuvo exenta a los embates de la naturaleza, pero es difícil encontrar registros que refieran a la ocurrencia de EHE. Sin embargo, ha quedado documentación de aquellos eventos que derivaron en circunstancias que afectaron a la población y que fueron de atención para las autoridades políticas de la época.

La mayoría de los registros encontrados en estos 121 años, corresponden a la vertiente del Pacífico. Uno de los eventos ocasionados por los extremos hidrometeorológicos entre 1700 a 1821 fue la sequía, de la cual se registraron dos episodios ocurridos en Costa Rica entre 1768-1769 y 1796-1802, y que también impactaron el reino de Guatemala<sup>3</sup>. Como lo describe Arrioja (2019), en esos dos periodos se afectaron los cultivos de la época y hubo una proliferación de plaga de langosta, de la cual se reportó presencia en Cartago y el Pacífico Norte. En ambos casos, la plagas iniciaron en Nicoya y León, donde se dieron los primeros reportes de su existencia, y se extendieron por el litoral Pacífico hacia el

norte hasta Chiapas afectando todo el reino de Guatemala (Arrioja, 2019).

Respecto al extremo lluvioso, las inundaciones fueron frecuentes. El registro más antiguo es de 1725 y obedece a un relato sobre una inundación ocurrida en la población de Ujarrás, causada por el desborde del río Páez, el 15 de enero de 1725, la cual inundó el pueblo a poco más de medio metro de altura<sup>4</sup>. En 1762 también hay reportes de inundación en la región de Puerto Barranca (río Barranca y desembocadura), en una demanda realizada por el ciudadano Pedro Joaquín de Montoya en contra del Estado, por haber perdido sus cosechas producto de las inundaciones ocasionadas por el furioso temporal de octubre. Ese temporal también afectó al comerciante Miguel Antonio Unanué. Un año después, es Pedro Joaquín de Montoya quien recibe una demanda por parte de Felipe de Paz Soldán, vecino de Panamá, en la cual solicita se le paguen unas cargas de tabaco que iba a embarcar en el puerto de las Barrancas y que se perdieron por la inundación provocada por el temporal ya citado<sup>5</sup>.

Las excesivas lluvias también afectaron la producción agrícola con pérdidas económicas y obligaron a decisiones políticas importantes, como es el caso de la emisión de un impedimento de exportación del nueve de enero de 1728, derivado del intenso temporal que afectó las cosechas del Valle Central. En esa fecha, el procurador general de la provincia, el capitán Juan Sancho de Castañeda, puso una prohibición ordenando al teniente general de la provincia y al teniente gobernador de los valles de Barva, que bajo ningún pretexto permita la exportación de víveres a Nicaragua y al valle de Bagaces. La restricción se dio precisamente porque la cosecha de maíz, trigo y otros granos del año anterior al impedimento fue muy escasa, debido a la excesiva lluvia presentada en los meses de octubre y noviembre de 1727. La medida tenía un fin claro, evitar una hambruna en los pobladores del Valle Central. Finalmente, el gobernador de Costa Rica para ese entonces, Baltazar Francisco de Valderrama, decreta una prohibición de salida de granos y "manda sembrar de socorro en el valle de Barva y su jurisdicción" en un intento de reemplazar la cosecha perdida<sup>6</sup>.

El deterioro de los caminos por las intensas lluvias o temporales en la Costa Rica colonial, es uno de los daños mayormente reportado. En 1802, Tomás de Acosta le informa al Capitán General de Guatemala, que del 15 al 22 de octubre hubo un fuerte temporal de viento y lluvia en Savegre que descuajó árboles y obstruyó el camino y la comunicación con las reducciones de Boruca, Térraba y Guadalupe<sup>7</sup>. Para 1809, se da cuenta de una inundación ocasionada por el río Reventazón en diciembre de ese año y de los daños ocurridos<sup>8</sup>.

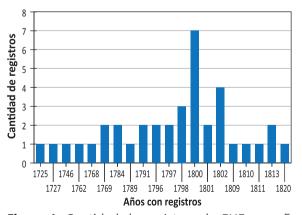
En mayo de 1813, Juan de Dios de Ayala transcribe al Ayuntamiento de Cartago una petición del Cabildo de Heredia, para que coopere en la reparación de la cuesta de río Grande que se desplomó a consecuencia de la Iluvia. La economía de la zona se vio afectada. Los comisionados enviados a revisar los daños, notificaron el 17 de mayo de 1813 que el camino nuevo en la cuesta del río Grande se había perdido a causa de las Iluvias, y que el camino viejo está intransitable, no habiendo entonces comunicación con Puntarenas, Haciendas de Landeche, Bagaces y quedando suspendido el comercio habitual con Nicoya y Nicaragua<sup>9</sup>.

En algunas localidades se tomaban las medidas preventivas para evitar afectaciones por la temporada lluviosa, aunque no necesariamente fueran provocadas por la ocurrencia de un EHE. Por ejemplo, a principios de septiembre de 1820, la Municipalidad de Alajuela ordenaba a sus gobernados que les dieran a las acequias que pasaban al frente de sus propiedades, el hondo suficiente para evitar desbordamientos una vez que entrase la temporada de lluvias y con ello evitar posibles inundaciones<sup>10</sup>. Esta medida deja entrever que la precipitación en octubre y noviembre, principalmente, era considerable a punto de llenar las acequias de agua y por lo tanto,

si estas estaban de hondo bajo u obstruidas, iban a desbordarse por la ciudad.

Para la región Caribe, se encontraron cuatro registros relacionados con Matina, principal asentamiento en la región y "el área cacaotera por excelencia en nuestro país"11 en el periodo colonial. Uno es un testimonio dado en Cartago el seis de julio de 1746, donde se relata la ruina de la capilla del Fuerte de San Fernando de Matina, causada por fuertes vientos y ocurrida el 17 de mayo de 1746<sup>12</sup>. El 19 diciembre de 1800, según la compilación hecha por González Víquez<sup>13</sup> hubo un fuerte temporal de viento y agua, con excesiva lluvia toda la noche que generó la crecida extraordinaria de los ríos y su posterior desbordamiento, dejando con ello considerables pérdidas. El tercer reporte es del 1° de agosto de 1810, donde se pone en autos la inundación del valle de Matina producida por un temporal<sup>14</sup>, y el último de 1811 donde nuevamente el Gobernador Tomás de Acosta reporta la llegada de emergencia al puerto de Matina de la goleta San Miguel, que salió de Kingston, Jamaica, rumbo a Chagres Refiere, Panamá, y que su capitán pidió auxilio en el puerto de Matina porque un temporal le destrozó las velas<sup>15</sup>.

En la figura 1 se muestran los años con registros sobre EHE de 1700 a 1821 y la cantidad de reportes asociados para cada año.

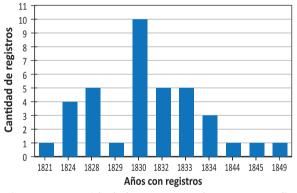


**Figura 1**. Cantidad de registros de EHE por año, período 1700 - 1821. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

## 3.2. Sequías, lluvias, inundaciones y otros eventos en el periodo 1821 a 1849

Este subperiodo de estudio, corresponde al segundo cuarto del siglo XVIII con los años de 1822 a 1824 incluidos y un dato específico de 1821, que corresponde a una sequía que se agrupa, por su aproximación temporal, con las otras presentadas en el subperiodo.

En estos 28 años se presentaron los dos extremos meteorológicos, primero un extremo seco en algunos años entre 1821 a 1832, y luego un extremo lluvioso a lo largo del periodo. Para este subperiodo, se encontraron más referencias que para el anterior, con una concentración en el año de 1830 que duplicó los otros años con registros que fueron 1828, 1832 y 1833 (ver figura 2).



**Figura 2.** Cantidad de registros de EHE por año, período 1822 - 1849. Elaboración propia con datos de IMN (2019).

#### 3.2.1 Las sequías entre 1821 a 1832

De acuerdo con Apaestegui (2015), se presentaron fenómenos de El Niño en los años 1821, 1824, 1829 y 1832. Para Retana y Villalobos (2000) y Retana et al., (2014), estos fenómenos se relacionan actualmente con sequías y periodos secos prolongados, sobre todo en el Pacífico Norte y Región Central de Costa Rica. Es posible que la explicación de las sequías reportadas en diversas zonas del país, que afectaron principalmente

la producción y cosecha de granos, estén relacionadas con la ocurrencia de esta anomalía ya que los reportes encontrados coinciden con los años Niño indicados por Apaestegui.

La primera referencia de sequía es de 1821, un decreto del tres de septiembre en donde se manda a reponer la cosecha de maíz perdida por la sequía en Santa Bárbara, Heredia<sup>16</sup>. Para 1824 se vuelve a registrar otra sequía, pero esta vez los reportes son de San José, Cartago y Alajuela. En Cartago se giró una orden el 10 de septiembre a los alcaldes de Quircot, Cot y Tobosi, para que gestionaran y pidieran a la población que "siembren frijoles debido a que el maíz escaseó por la falta de lluvias" <sup>17</sup>. En Alajuela, el 27 del mismo mes, se envió una orden para sustituir mediante otros productos el arroz y los frijoles perdidos por una sequía<sup>18</sup>.

La sequía en ese año también afectó a Guanacaste y se evidencia en la petición que realiza en diciembre de 1824 el diputado presbítero Nicolás Carrillo ante el Congreso Constitucional<sup>19</sup>, para ausentarse del mismo con el fin de asistir personalmente una hacienda de ganado mayor que posee en Bagaces, la cual había sufrido pérdidas considerables debidas a la sequía y al calor que se presentaron en noviembre. En la solicitud (ver figura 3) el diputado Carrillo manifiesta:

"...que como el invierno que acaba de pasar fue sumamente escaso en aquel partido, con la sequía de aguas y los gravísimos calores que por esta causa se originaron, se introdujo una furiosa peste en los ganados, que pereció, sino más de la mitad del mismo de ellos, a lo menos su mitad, siendo constante que la citada Hacienda se componía de mil reses, poco más o menos"<sup>20</sup>.

Un episodio más de sequía se presentó en 1828 y afectó a la población de Santa Cruz, Partido de Nicoya, donde hubo ruina en las siembras de ese

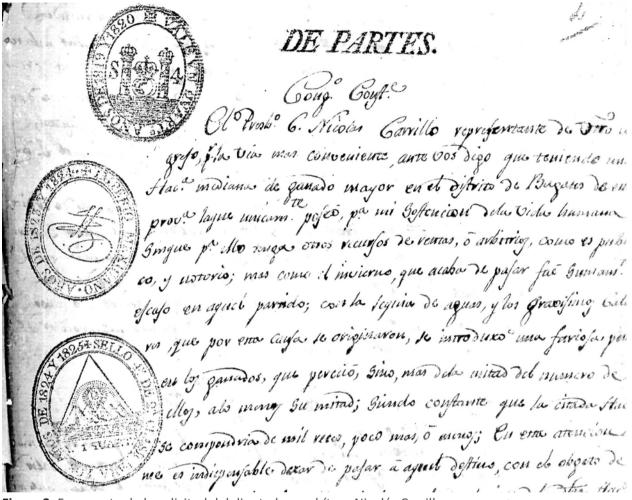


Figura 3. Fragmento de la solicitud del diputado presbítero Nicolás Carrillo. Fuente: ANCR.

año y escasez en los alimentos<sup>21</sup>. El evento tuvo tal impacto que las autoridades políticas de la localidad pidieron ayuda a otras comunidades, para proveer de granos a los vecinos de Santa Cruz<sup>22</sup>, tal como se evidencia en un documento de la Municipalidad de San José del cuatro de julio de 1828, en la que el Concejo del municipio toma resolución de la solicitud de ayuda que el alcalde segundo de Santa Cruz pedía al jefe superior de San José. En la resolución se indica:

"la suma escases de granos y otras especies, y peor situación que se tiene por la falta de lluvias en aquel Partido Santa Cruz, corriendo sus habitantes la suerte más digna de compasión el mismo Jefe Político movido a la consideración que merecen aquellos afligidos habitantes estimula a esta Municipalidad para que se socorran aquellas necesidades y se acordó contestarle no se omitirá grano para el efecto, y que por tanto dona las providencias..."<sup>23</sup>

Los últimos reportes de sequías de este periodo, son de febrero de 1832 y corresponden al pueblo de San Pedro de Barva, Heredia, que sufrió disminución de agua y se vieron afectas las nacientes de agua de la región, a tal punto que el 13 de marzo de 1832, Don Blas Pérez cedió las aguas con que trabajaba su molino a los vecinos de San Pedro por la sequía que sufrían<sup>24</sup>.

#### 3.2.2 El extremo lluvioso y consecuencias

En 1828, tres meses antes de la sequía en Santa Cruz, el pueblo de Ujarrás en Cartago sufría daños por las inundaciones causadas por los ríos Birrís, Macho, Paz y Agua Caliente<sup>25</sup>. Dos años después, en octubre de 1830, la misma comunidad sufriría nuevamente por los excesos de lluvia, que llevaron a la pérdida de sementeras de maíz y otros granos. Igual suerte corrió Guanacaste<sup>26</sup>.

Por otra parte, desde inicios de la década de 1820 Ujarrás se vio afectado por las inundaciones que provocaban las fuertes lluvias. En 1825, los vecinos de Ujarrás se quejaron ante la Municipalidad por los problemas que les causaba el río Ucús (Reventazón), el cual en las inundaciones había destruido sus casas<sup>27</sup>. En 1828, un informe enviado al Congreso por el Jefe Político de Ujarrás, José María Peralta, hace la solicitud del traslado de la villa. Peralta argumentaba que "una lluvia necia y dilatada, un invierno fuerte, bastan para que nadie pueda estar seguro"<sup>28</sup> y la villa quedase arruinada por las aguas de los ríos Páez y Macho. Luego de un proceso de varios años, un decreto legislativo del 20 de marzo de 1832 ordena que, por las constantes inundaciones, la villa de Ujarrás sea trasladada a los Llanos de Santa Lucía, bajo el nombre de Paraíso<sup>29</sup>. Sin embargo, en las razones del traslado apremian situaciones de interés económico y político de algunos dirigentes de Ujarrás y familias poderosas de Cartago, con un trasfondo agrario, ya que, aunque la villa si se veía afecta por las inundaciones, los moradores de esta no estaban completamente de acuerdo con la reubicación y no la consideraban necesaria (Benavides, 1999, p. 184).

Las inclemencias del clima, principalmente las lluvias que generaban crecidas y avenidas de los ríos, afectaban a la población, así, en enero de 1828 la Municipalidad de San José, le planteaba al Jefe Político Superior la imperiosa necesidad de construir un puente sobre el río Virilla, ya que "las desgracias que el tráfico por el paso del

río Virilla causa continuamente sacrificando la humanidad de distintos modos, pues en tiempo de invierno la inundación del río casi siempre priva su paso..."<sup>30</sup>. Ese mismo año, pero en la región Caribe, el 18 de noviembre, José María Peralta da cuenta de una inundación ocurrida en el Valle de Matina, e indica que esta se suscita casi anualmente y que se experimenta en el mes de noviembre, diciembre y a fines de marzo, siendo por la unión de los ríos Barbilla y Chirripó donde más afectación se ve<sup>31</sup>.

Del año 1829 se tiene un reporte del 30 de noviembre, en el que la Municipalidad de Cartago manda a reparar las paredes del cabildo por haber sido destruidas por el temporal recién pasado<sup>32</sup>.

Las lluvias de octubre de 1830, obligaron a los cartagineses a tomar medidas para reponerse de las pérdidas ocurridas en los cultivos de granos. En una nota del 12 de noviembre de 1830, dando respuesta al Gobierno Superior que solicitaba información a las Municipalidades sobre el estado de las cosechas, José María Peralta, Gobernador de Cartago, dejaba en claro que "las continuas lluvias perjudicaron las sementeras en su mayor parte, y que de consiguiente no prometen el surtimiento que era de esperarse"33.

Una reacción política importante ante la posible disminución de alimento, se dio en la Municipalidad de San José, en su sesión número 88 del 29 de noviembre de 1830<sup>34</sup>, cuando se atiende una nota del Jefe Político Superior en la que solicitaba se aumenten "las sementeras de granos para que el pueblo no experimente la escasez que se anuncia...", y de permiso para que los vecinos puedan cultivar "pagándole sus respectivos derechos como lo hacen las personas a quienes se les ha permitido sembrar distintos granos en el potrero de Pavas, en aquellas orillas señaladas al efecto y ocupadas actualmente con un común de maíz y frijoles", en tierras contiguas al Rincón del Rosario propiedad de Lorenzo Castro y en terrenos ofrecidos por los señores Eusebio Rodríguez y Juan y Manuel Mora; los terrenos del primero en la Candelaria y el terreno de los Mora en Pacaca.

Las lluvias se extendieron hasta el 1 de noviembre, provocando inundaciones y la crecida del río Agua Caliente que, en la localidad del mismo nombre, destruyó un puente de cuatro arcos y asustó a los habitantes del pueblo por los estrepitosos ruidos que ocasionaban las piedras arrastradas por la corriente<sup>35</sup>. En Alajuela, ese lluvioso octubre, además de las inundaciones que destruyeron diversas plantaciones, provocó la proliferación de calenturas en los habitantes de la ciudad<sup>36</sup>.

El 31 diciembre de 1832 en una nota extraída del boletín *Relación de Negocios*, que informaba de los asuntos del Gobierno, daba cuenta de un tornado que destruyó la aduana de Matina (ver figura 4). En la nota se ordena al Comandante de Destacamento de Matina, que con la Guarnición ahí destacada y los presos a su cargo reparen la Aduana destruida por el torbellino<sup>37</sup>.

En Santa Cruz, Guanacaste, para octubre y noviembre de 1833 se reportaron lluvias intensas y vendavales. El regidor de la villa, informaba el seis de octubre de los estragos causados por las lluvias, dando cuenta de que, a causa de ellas, las casas y el templo (iglesia católica) habían sido destrozados. Así mismo, el seis de noviembre

Finalmente, se previno al Comandante del Destacamento de Matina que con la Guarnicion y presidarios de su cargo procurase repasar la Casa de la Aduana destruida por el Torbellino que alli se sufrió, y que cuidase asimismo no se esperimentara alguna avería en los efectos comerciales que alli halla, y en las armas o peltrechos.

San José Diciembre 31 de 832

**Figura 4.** Referencia al torbellino en Matina. Fuente: Relación de los Negocios (diciembre, 1832).

la Municipalidad de Santa Cruz informa al Jefe Político que, por la lluvia y los vientos se han caído árboles obstruyendo los caminos y que el Concejo Municipal ordenó a los vecinos limpiasen sus respectivas calles<sup>38</sup>. Los sucesos en Santa Cruz no fueron eventos aislados y son de los pocos que para la época se logran asociar a un fenómeno meteorológico: un huracán. El 12 de noviembre de 1833, Pedro Caamaño, Secretario Municipal de la Villa de Guanacaste, envió una nota al Jefe Político Superior, informándole de las necesidades que está sufriendo la Villa de Nicaragua a causa del "huracán" y temporal que la han azotado<sup>39</sup>. La fuerza de un huracán es la que justificaría los fuertes vientos que derribaron árboles en la región y destruyeron casas.

Para 1834, la Asamblea del Estado Libre de Costa Rica en un decreto del 21 marzo, estableció en su artículo 1º que "el Gobierno instará al Supremo Federal a trasladar el Puerto de Punta-Arenas al de Caldera con las preminencias que la Ley le concede, así mismo las comodidades que ofrece el local como los riesgos que amenazan al de la Punta". La amenaza, como se indica en el considerando 1 del mismo decreto era que "la población del Puerto de Punta-Arenas [sic] se halla amenazada por su localidad del consiente peligro de una inundación como años atrás a sucedido" 40.

El traslado se oficializa con la Ley No. 59 del 9 de abril de 1834, pero no se ejecutó y más tarde, en 1840 se rehabilita el Puerto. La amenaza consistía en que el río Barranca se desbordara por su poca profundidad y que el mar inundara el poblado, por las características propias de la "lengüeta" de tierra en la que se asienta la ciudad. Los altos oleajes podrían haber sido una de las causas de este riesgo y estos podrían haber estado relacionados al fenómeno ENOS, ya que tal como señalan Villalobos y Retana (2001) "durante años con presencia del fenómeno El Niño, el nivel del mar tiende a ser mayor en la costa pacífica debido a la expansión térmica generada por el aumento de la temperatura superficial del océano. Esto

permite que las transgresiones marinas por oleaje sean más frecuentes en algunos puntos de la vertiente".

No todas las afectaciones de los EHE son materiales o económicas, algunas veces simplemente interrumpen o alteran la realización de actividades sociales, como les ocurrió en mayo de 1844 a las autoridades de Cartago. En ese mes, las lluvias pusieron en aprietos las fiestas cívicas que se organizaron en Cartago del 19 al 22 de mayo, con el fin de celebrar la promulgación y juramento a la Carta Fundamental (Constitución Política del Estado Libre de Costa Rica, del 9 de abril de 1844). Las autoridades y pueblo de Cartago organizaron un convite general (celebración social), al que asistieron funcionarios públicos y vecinos de San José, Alajuela y Heredia.

El día 19 de mayo se reunieron en San José los invitados de las otras provincias, para salir juntos rumbo a Cartago. Ese día la lluvia se hizo presente e interrumpió su marcha, retrasando en varias horas su arribo a Cartago donde muchos de los vecinos que les esperaban se tuvieron que retirar a sus casas. El recibimiento habría sido majestuoso conforme a lo que se tenía planeado, pero "la lluvia que por desgracia fue muy continua ese día, en que ya no pudo hacerse otra cosa que dar a los huéspedes cómodo alojamiento por los primeros vecinos de la ciudad"41. Por la noche, la lluvia impidió que se pudiera continuar con el espectáculo de los juegos artificiales y la música de barrios que manifestaban el placer de todos los que estaban animados.

El día 20 de mayo hasta eso del medio día hubo mucha celebración, pero en la tarde no se pudieron realizar las actividades planeadas, ni hubo diversión alguna por las copiosas lluvias. La asistencia al baile organizado esa noche no fue mucha, pero igual terminó a las 2 a.m. del día 21, con la participación de quienes se hicieron presentes a pesar de los aguaceros. Los días 21 y 22 el clima fue más agradable, la lluvia no se hizo

presente y se pudieron realizar las actividades previamente organizadas. Los invitados se regresaron a sus ciudades el 23 de mayo por la mañana llenos de satisfacción y encaminados por una lúcida comitiva de cartagineses que los acompañó por una legua (4 km)<sup>42</sup>.

### 3.3. Lluvias intensas y temporales en el periodo 1850-1874

Las referencias a EHE en estos 25 años, aluden a lluvias intensas y temporales. Solo hay un reporte sobre "calores" registrado en 1859, que no corresponde a un EHE, sino más a un efecto humano que climático, el cual incrementaba la sensación de calor de la temporada seca en los josefinos. Muy coloquial en su redacción, la nota que aparece en el periódico *Crónica de Costa Rica* del 30 de marzo de 1859 dice:

CALORES. --Estamos en un verdadero purgatorio: los agricultores preparándose a las siembras de mayo, queman los campos antes que las aguas empiecen, rodeándonos así con un inmenso círculo de fuego; ya no es solo el labrador quien obtiene los frutos de la tierra con el sudor de su frente, supuesto que todos sudamos<sup>43</sup>.

En 1855 se reportó lluvia en San José en el mes de febrero, y los hacendados se vieron ligeramente afectados con algunas pérdidas en sus cultivos<sup>44</sup>. El cinco de octubre de 1857, Demetrio Viales reportó desde Nicoya al jefe político de la provincia que "las muchas lluvias y el llenarse demasiado todos los ríos del tránsito de esta a esa provincia me hicieron no mandar el correo ordinario en su debido tiempo"<sup>45</sup>, demostrando con ello, como la excesiva lluvia afectaba parte de las actividades ordinarias de los costarricenses de aquellos años.

La temporada lluviosa de 1861 fue intensa, "furiosa". Llovió en la región Central desde

principios del mes de octubre hasta principios del mes siguiente. Las lluvias generaron la crecida de ríos, derrumbes en los cerros y montañas, afectando los puentes y los caminos, obstruidos en varios lugares como el Aguacate, Escazú, Desamparados y Cartago. El señor Manuel Zavaleta daba a conocer el siete de octubre al Gobernador de San José, que en Desamparados el río Tiribí se había desbordado el tres de octubre destruyendo completamente los puentes en San Antonio, en el camino que comunica con San Francisco y el de la isla camino para Aserrí, dejando en mal estado el que está en el camino hacia San José. La crecida fue tan grande que destruyó algunas casas y falseó otras en donde se introdujeron las aguas<sup>46</sup>.

La agricultura también se afectó por la rigurosa estación lluviosa de ese año. Se perjudicó considerablemente la cantidad y calidad del grano de café, por lo que la cosecha disminuyó, aunque se estimaba que se recogerían de 90 a 110 mil quintales. Gran cantidad de la cosecha de maíz se perdió, por lo que el comercio supuso que con la reducción del grano vendría un aumento en el precio del producto<sup>47</sup>.

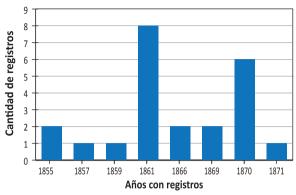
En ese lluvioso 1861, pero en la madrugada del día 24 de octubre, la quebrada Agres en Escazú inundaba la ciudad producto de derrumbes y por la cantidad de agua que bajaba de los cerros Campana y Piedra del Minero (Piedra Blanca). La inundación dejó muchas familias arruinadas, con casas destruidas, trapiches y plantaciones como cañaverales desaparecidos y tres personas fallecidas y varias desaparecidas<sup>48</sup>. Puntarenas también sufrió inundaciones por las fuertes lluvias y parte de su población se refugió en Esparza mientras bajaba la crecida de las aguas. En Cartago ese temporal generó la crecida del río Reventado, que inundó para finales de octubre algunos poblados de la ciudad<sup>49</sup>. En noviembre, don Juan J. Bermúdez le informa a Alberto Fahon que se han perdido 60 burradas de leña a causa de las torrenciales lluvias<sup>50</sup>.

El Director de Obras Públicas recibió entre noviembre de 1866 y enero de 1867 varias cartas de ciudadanos de diversos lugares, reportando daños en puentes y caminos a causa de las intensas lluvias, entre ellas una de Adalberto Johanning desde el camino al Atlántico, sección Angostura, en la que indica que "El temporal, aunque no duró más que cinco días, hizo crecer todos los ríos, el Reventazón llegó casi al piso del puente"51.

El 23 de junio de 1869, en nota 189, José Joaquín Vega informaba al Director General de Obras Públicas que a pesar de las constantes lluvias en San Mateo, el camino de Concepción a Chacarita no presentaba novedad, pero que el río Barranca estaba con mucha agua y como solo había una barca pequeña para pasar el río y que las crecidas eran en la tarde, ordenó "a los barqueros que de las siete de la noche en adelante a ninguna persona se pasará siempre que el río estuviese grande"52. En Alajuela, un temporal generó una inundación en agosto de ese mismo año que causó pérdidas materiales en las casas de algunos ciudadanos<sup>53</sup>.

En la vertiente del Pacífico, del 17 al 23 de octubre de 1870, se da cuenta de un fuerte temporal que interrumpió la realización de diversas actividades por las constantes lluvias. Un mes después, en la otra vertiente del país, según informe del Gobernador de la comarca de Limón, el 28 de noviembre un temporal que inició el 16 de ese mes destruyó el panteón del lugar e impidió que se pudiese hacer una visita a Matina por parte del Concejo Municipal<sup>54</sup>. Al año siguiente, la misma Gobernación de Limón informaba de un temporal en Tortuguero<sup>55</sup>.

Para finalizar este subperiodo comprendido entre 1850 y 1874, la figura 5 muestra cómo destacan los años de 1861 y 1870, con más registros sobre EHE que el resto de los años, donde las menciones son básicamente una por año.



**Figura 5**. Cantidad de registros de EHE por año, en el período 1850 – 1874. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

#### 3.3.1 Fenómenos meteorológicos de 1850 a 1874

Para estos 25 años, existe información técnica sobre la trayectoria probable de algunos ciclones tropicales. La cercanía de estos fenómenos podría justificar los impactos documentados para Costa Rica en esos años. Tal y como se observa en la figura 6, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) registra entre 1851 y 1874

tres fenómenos cercanos al país, que pudieron afectarlo indirectamente. El primero es un huracán de categoría 1, que se desarrolló del 26 de agosto al 1 de septiembre de 1864 y que atravesó el mar Caribe, en dirección este-oeste, iniciando en las Antillas menores y terminando en Belice. El segundo huracán, con la misma dirección que el anterior, se presentó entre el 13 y el 18 de agosto de 1866; inició en las Antillas menores como categoría 2 y terminó en México como tormenta tropical. Sin embargo, los reportes que se tienen por lluvias intensas en Costa Rica datan de noviembre de 1866.

El tercer fenómeno es una tormenta tropical, que se formó en medio del mar Caribe el 31 de octubre de 1874, un poco alejada de las costas de Panamá y Colombia, pasó por Puerto Rico como huracán categoría 2 y terminó atravesando Cuba el tres de noviembre como tormenta tropical.

A pesar de que se tiene documentación de un temporal intenso en nuestro país para 1861, no hay registro en la NOAA de algún huracán que coincida con las fechas del reporte. Por otra parte, en octubre de 1865 se desarrolló una



**Figura 6.** Trayectoria de los ciclones tropicales que pudieron haber afectado indirectamente a Costa Rica, en los años 1864, 1865, 1866 y 1874. Fuente: https://coast.noaa.gov/hurricanes/.

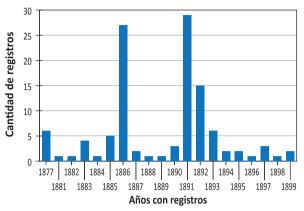
tormenta tropical frente a la costa caribe de Panamá (Colón) que pudo haber afectado al país, la cual inició el 18 de octubre y se mantuvo en la zona centroamericana hasta el 21, y luego tomó rumbo a Cuba. Sin embargo, para 1865 no se ha encontrado información de EHE.

### 3.4. Eventos Hidrometeorológicos Extremos en el período 1875-1899

En el periodo comprendido entre 1875 y 1899 existen reportes de varios EHE. En ese tiempo, los registros son abundantes gracias a las referencias publicadas en los periódicos que circularon en la época. Destaca una sequía ocurrida entre 1877-1878, temporales en 1886 en todo el país y lluvias continuas en 1891, que concluyeron con la inundación de Taras, El Molino y otros barrios de Cartago y de la ciudad de Carrillo en Guanacaste. Los años de 1886, 1891 y 1892, son los que más referencias tienen sobre EHE, como se muestra en la figura 7. Además, en varios años se registran pérdidas humanas causadas principalmente por cabezas de agua o crecidas de ríos.

El temporal de 1886 fue inusualmente prolongado. De acuerdo con la reconstrucción climática realizada por Goebel (2009), solo en la ciudad de San José se registraron 3.843 mm de lluvia acumulada<sup>56</sup>, mientras que el promedio para el periodo de 1875 a 1899 rondaba los 1.800 mm. Aunque este dato no puede ser generalizado, aporta una referencia importante para considerar la precipitación de ese año como un verdadero evento extremo. El temporal provocó tanto daño que fue noticia desde finales de septiembre hasta principios de diciembre, meses en que se mantuvo en los diarios alguna publicación relacionada a su ocurrencia. Por la documentación sobre los impactos del temporal, es posible afirmar que el evento extremo tuvo una extensión territorial considerable.

Lo inusual del temporal de ese año y la cantidad de precipitación, podría tener su justificación en



**Figura 7.** Cantidad de registros de EHE por año, en el periodo 1875 - 1899. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

un fenómeno mayor: La Niña, el cual incrementó la precipitación en la vertiente del Pacífico. Según Mora y Amador (2000), el fenómeno climático tuvo una duración de 19 meses y se presentó desde abril de 1886 hasta octubre de 1887<sup>57</sup>.

El evento La Niña, también se hizo presente entre junio de 1889 a mayo de 1890, de marzo a diciembre de 1892 y de febrero a septiembre de 1893<sup>58</sup>, años en los que la precipitación anual en San José sobrepasó los 2.000 mm<sup>59</sup>. De los años mencionados con presencia de La Niña, solo de 1886 y 1892 se tiene suficiente cantidad de registros (ver figura 7), que respaldan la magnitud del impacto que pudieron tener las lluvias. Del año de 1891 también hay considerables registros, pero en su mayoría se relacionan a la inundación de Cartago, en octubre de ese año.

#### 3.4.1 La vertiente del Caribe

En la región Caribe, se presentaron situaciones por lluvias donde hubo afectación material en los años 1885, 1886, 1887, 1892 y 1894, por inundaciones y derrumbes, reportándose daños o destrucción de edificios, puentes, lanchas y vaporcitos<sup>60</sup>. Por ejemplo, en 1885 un temporal azotó la región y causó diversos daños en Limón y Matina



**Figura 8.** Trayectoria de los fenómenos meteorológicos que pudieron haber afectado indirectamente a Costa Rica en 1876 y 1892. Fuente: https://coast.noaa.gov/hurricanes/.

donde destruyó parte de la Aduana<sup>61</sup>. En 1892 la línea férrea al Atlántico se vio afectada por las continuas lluvias de octubre, ya que un lavado de la vía provocó el descarrilamiento del tren y causó daños en el trayecto Turrialba-Limón, lo que obligó a suspender el tráfico con el puerto. Para finales del siglo, las inundaciones eran frecuentes y amenazaban constantemente la infraestructura de Limón, por lo que, como medida de mitigación, el Gobierno ordenó en 1896, se ejecutaran obras para el saneamiento de la ciudad de Limón, entre las que se incluía el hacer rellenos y levantar las casas para protegerlas de las inundaciones. A este respecto, el capellán de la parroquia de Limón pide al presidente de la República, Rafael Iglesias Castro, que asigne 4.000 colones al presupuesto nacional para cubrir los trabajos que se deben realizar y proteger a la iglesia de las inundaciones que se producen en el lugar, debido a que la gente del pueblo es muy pobre y debe de utilizar su dinero para su subsistencia<sup>62</sup>.

En Sarapiquí (región Norte), debido a las lluvias torrenciales, José María Figueroa describe

ampliamente una inundación en la zona ocasionada por el desborde del río Sarapiquí en diciembre de 1894, en la que menciona el momento de la inundación de esta manera: "A las 2 y 25 a.m. la elevación de las aguas llegó a su mayor altura, no pudiendo elevarse más por el desborde sobre las partes menos elevadas del terreno, que quedaron inundadas"63. Por último, en Turrialba en 1899, la crecida extraordinaria del río del mismo nombre destruyó un puente en la hacienda La Dominica<sup>64</sup>.

A pesar de que la NOAA registra un huracán categoría 2 que ingresó a Nicaragua el día tres de octubre de 1876, como se muestra en la figura 8, línea a), al sur de la bahía de Bluefields, y que luego descendió a categoría 1 y salió de la zona continental como tormenta tropical, no se han encontrado referencias de afectación para Costa Rica en ese mes y año, no obstante de la cercanía del fenómeno. Eso se debería principalmente al hecho de que para 1876, esta región del país estaba despoblada y las afectaciones producidas no fueron reportadas por ninguna persona.

#### 3.4.2 La vertiente del Pacífico

En la vertiente Pacífica se reportaron EHE en 1877, 1878, 1886, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895 y 1899, con episodios de sequías, temporales, inundaciones y hasta tornados, que generaron muchos daños estructurales, tales como destrucción de puentes y casas, caminos dañados, derrumbes y zonas anegadas, en diversas partes del país. El Pacífico Norte fue el más afectado por la sequía de 1877-1878 y la Región Central fue la más afectada por temporales en 1886, 1891 y 1892.

Las actividades colectivas, como las sociales y políticas religiosas, no dejaron de verse afectadas por las fuertes lluvias. Algunas celebraciones de la Iglesia Católica no se llevaron a cabo por fuertes temporales. En 1883 en Nicoya no se celebró un Santo Jubileo por fuertes temporales y en 1885 en las localidades de Liberia, Palmares y Grecia, no se pudo realizar el Corpus Christi en la fecha correspondiente debido a las fuertes lluvias que caían en la región y tuvieron que realizarlas en otras fechas<sup>65</sup>. No existen registros de daños para mayo y junio de ese año.

A finales de la temporada lluviosa de 1886, en los meses de septiembre a noviembre, un "riguroso invierno" afectó varias zonas del país, en especial a la Región Central, aunque también hay evidencia de su afectación en el Caribe Norte, Pacífico Norte y Pacífico Central. Las intensas lluvias ocasionaron la crecida de los ríos e innumerables inundaciones, derrumbes sobre caminos y vía férrea, con su consecuente obstrucción. Hubo en diversas localidades colapso de puentes, caída de tapias y edificios públicos y casas parcialmente dañadas o destruidas. Incluso se llegó a temer que las cosechas se vieran afectadas y generaran escasez de alimentos, si no dejaba de llover. La figura 9 muestra una noticia relacionada a la época lluviosa de 1886, la cual reproducía un pronóstico para noviembre de ese año publicado en el Almanaque de Costa Rica, anuario muy popular en ese época elaborado por Guillermo Molina y que incluía condiciones del tiempo.

En la Región Central, en diciembre de 1890 una nota en El Imparcial cuenta del temporal que se vivió en Cartago<sup>66</sup>.

En 1891 se presentó otro temporal, quizás no tan "rudo" como el de 1886 si se comparan la cantidad de reportes de zonas afectadas y las incidencias entre uno y otro, pero que originó

con su importuna visita. Si hemos de atenernos á lo que nos dice el almanaque de Molina no hay esperanzas de que le veamos muy pronto la cara al sol. Noparece sino que don Guillermo dió el programa del tiempo, que se ha ejecutado con exactitud. —

Según ese ya célebre calendaio, hasta el diez del corriente lloverá bastante y casi seguidamente y habrá truenos.

Del 11 al 17 lloverá bastante y como en los días anteriores, seguidamente y habra tambien el agregado de truenos.

Del 18 al 24 tambien habrá varios días de lluvias y truenos y por consiguiente relámpagos para gusto de las señoras nerviosas

Del día de noche buena al 2 de diciembre habrá varios días de lloviznas y otros de buen tiempo.

Como se vé, por escasez de agua nadie podrá morirse, y mientras tanto los pateos estarán desiertos y las bellas josefinas deberán estár en espera de una que otra tarde de buen tiempo para salir á lucir las gracias que netura les prodigó.

**Figura 9.** Noticia sobre el pronóstico del tiempo para 1886. Fuente: La República, 9 de noviembre de 1886.

desastres en diferentes partes del país, los más notorios en Cartago y Carrillo. Por la ocurrencia de este temporal, la vía férrea volvió a sufrir desperfectos en Limón a causa de las lluvias; en La Unión se reportaron las crecidas de los ríos Tiribí y Chiquito; y en San José causó pérdidas en la planta eléctrica, precisados en 6.000 pesos y sufrió daños de consideración el puente sobre el río Virilla en la carretera a Carrillo<sup>67</sup>.

En Cartago, donde hubo mayor impacto por el temporal de 1891, el río Reventando inundó la parte oeste de la ciudad, después de que una laguna o presa formada a unos tres kilómetros al norte de Taras, colapsara en la mañana del 27 de octubre y bajara con gran fuerza inundando los barrios de Taras, El Molino, Concepción, Guadalupe y afectando el sur de Agua Caliente. La presa de agua, piedras, lodo y palos, se formó como consecuencia de un derrumbe de piedras y tierra sobre el cauce, generado por la saturación del suelo de cinco días consecutivos de torrenciales aguaceros. La tragedia en Cartago dejó la destrucción de casas, puentes, sementeras, plantaciones y la turbina eléctrica. También causó derrumbes en caminos y en la vía férrea; pérdida de animales y muchas personas con pérdidas de bienes. La cantidad de fallecidos no se precisó, pero entre ellos hubo una familia completa de cinco miembros que fue arrastrada con todo y casa<sup>68</sup>.

Otro impacto considerable del temporal de 1891 fue en la población de Carrillo, Pacífico Norte, localidad destruida por la inundación del río Tempisque. El tres de noviembre se reportaron 64 horas de copiosas lluvias que podían generar más desgracias para el país<sup>69</sup>. La inundación de Carrillo fue tan severa que destruyó la Aduana que funcionaba en ese lugar y el Resguardo (policía) establecido allí en diciembre de 1890, fue eliminado el cuatro de noviembre de 1891 por el decreto No. 44 de la Secretaría de Hacienda y Comercio, precisamente porque a partir de lo ocurrido con la población, se hacía innecesario debido a "la extinción del tráfico comercial a causa

de la suspensión de la Aduana, como por la ruina que de aquel lugar han originado las avenidas e inundaciones de los últimos días"<sup>70</sup>.

En octubre de 1892 se narra en La Prensa Libre, que San José ha estado de temporal cerrado todo el día y que los caminos de Puriscal se dañaron por las lluvias<sup>71</sup>.

Para 1893, San José se vio agitada por fuertes lluvias que derrumbaron el techo de una casa y por dos tornados, uno ocurrido el día 9 de octubre que atravesó la ciudad de oeste a este, asustando a algunos ciudadanos por los vientos tan fuertes que no se habían visto antes en la capital y con daños pequeños; el otro se suscitó el 10 de octubre en barrio Amón y tomó dirección hacia el sur, causando algunos daños en las "casillas" de bajo del río Torres y daños de consideración principalmente en los alrededores de La Dolorosa<sup>72</sup>. Ese mismo año, y también en octubre, desde Guanacaste se reportaba que hubo fuertes lluvias en todos los cantones de la provincia, que generaron en la mayoría de la población fiebres y disenterías<sup>73</sup>.

Para 1899, el Concejo Municipal del cantón de Santa Cruz, en la sesión número 23, artículo 2, trataba el problema causado por las inundaciones acaecidas en esa localidad los días 28 y 29 de noviembre de 1899, por el desbordamiento de los ríos Diría, San Juan, En Medio y Grande, a causa de los excesos de Iluvia. Además, se indica que todos los afectados eran personas pobres<sup>74</sup>. La afectación fue de consideración en Santa Cruz, dado que en la sesión número seis del Concejo Municipal del 1 de mayo de 1900, se indica que el Gobierno Supremo Gobierno Central concedió un auxilio a los damnificados por las inundaciones de los barrios San Juan, Arado, Limón, Santa Bárbara y distrito central del cantón de Santa Cruz, por 3.672 colones<sup>75</sup>.

En cuanto a las pérdidas humanas, en este periodo de 1875 a 1899 se reportaron en las noticias dos fallecimientos en Alajuela por ahogamiento, consecuencia de cabezas de agua ocurridas en los meses de noviembre de 1885 y octubre de 1895. La inundación de 1891 en Cartago dejó al menos cinco fallecidos, aunque se estimaron unos 11 decesos. En octubre de 1892, en San José un niño murió ahogado en el río Torres que se había crecido por los aguaceros y en Heredia un hombre de 18 años murió arrastrado por una cabeza de agua cuando intentaba cruzar el río crecido<sup>76</sup>.

Parte del temporal de octubre de 1892, pudo estar influenciado por un fenómeno meteorológico importante. Como se aprecia en la figura 8, línea b), la NOAA registra del 5 al 16 de octubre un huracán que ingresó al Caribe en dirección este-oeste y que tocó tierra en la zona limítrofe entre Nicaragua y Honduras, afectando considerablemente el Cabo Gracias a Dios, el 11 de octubre. Una noticia publicada en La Prensa Libre del 11 de noviembre de 1892, da cuenta del huracán que arrasó la localidad del Cabo Gracias a Dios. Las fechas entre la nota y el reporte de la NOAA, parecen no coincidir y podrían obedecer a imprecisiones en las fechas de la reconstrucción del fenómeno o en la temporalidad de la nota periodística, porque parece tratarse del mismo evento.

#### 3.4.3 La sequía y la plaga de langostas

En los años 1877 y 1878, Costa Rica se vio afectada por un fenómeno Mega-Niño de carácter global, que originó en el país un déficit en las precipitaciones de junio de 1877 hasta agosto de 1878 (Díaz y Alfaro, 2016). Además, según Díaz, Alfaro y Leitón (2019) se produjo una sequía y un aumento en la temperatura, que favoreció el proceso de gregarización de la langosta centroamericana (Schistocerca piceifrons), convirtiéndose en plaga al punto de expandirse por amplias zonas del territorio costarricense, afectando principalmente el Pacífico Norte y la Región Central.

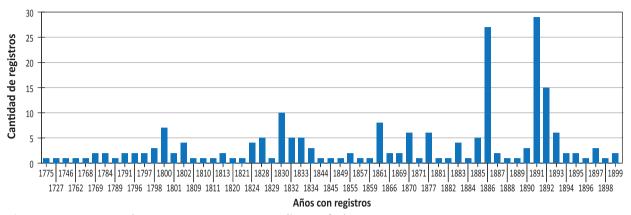
Adicional a este episodio, hay otros reportes de plagas que podrían estar asociadas a sequías o aumento en las temperaturas. Una es de murciélagos en 1890, reportada por Miguel Bejarano en correspondencia del 22 de enero y en la cual pide se realice una conjuración hacia la misma<sup>77</sup> y la otra es una correspondencia del presbítero Juan Paz Solórzano en 1896, en la que comenta que ha desaparecido la plaga de langostas en Carrillo, Guanacaste<sup>78</sup>.

#### 3.5. Análisis de los datos recolectados

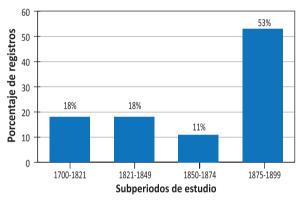
Los EHE se asocian con la magnitud del impacto generado al ser humano, es decir, a la gravedad con que afectan las actividades habituales de las personas. Con ese postulado de referencia, de 1700 a 1899 se lograron recuperar 211 registros que aluden a la ocurrencia de un EHE o a circunstancias asociadas a ellos, que afectaron a las poblaciones de la época de diversas maneras. En la figura 10 se puede observar la cantidad de registros encontrados por año y como destacan en particular 1800, 1830, 1861, 1886, 1891 y 1892, en cantidad de referencias asociadas a EHE.

En cuanto a la concentración, referencias por subperiodo de estudio, en la figura 11 se muestra que el 53% de los datos corresponden al segmento 1875-1899, periodo que coincide con el auge de la prensa en Costa Rica.

En el cuadro 1 se muestra, como en los 200 años estudiados, el principal evento registrado fue el extremo lluvioso con el 59% de las referencias contra un 22% para la sequía. El incidente principal correspondió a la inundación con un 31% de las menciones, mientras que los daños fueron más diversos, destacando los perjuicios sobre la agricultura, los daños materiales en casas y edificios, el deterioro o destrucción de caminos, carreteras y puentes, los que en conjunto sumaron el 60% de los daños referenciados.



**Figura 10**. Registros de EHE en Costa Rica por año, período 1700 - 1899. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).



**Figura 11.** Distribución porcentual de los registros sobre EHE en Costa Rica, por subperiodos de estudio de 1700 a 1899. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

Como para la época colonial la población que generó la información se encontraba establecida en el Valle Central, Guanacaste, Matina y Puntarenas, todos los reportes provienen de estas zonas, a excepción de uno de la región de Savegre, en el Pacífico Central. Como se muestra en la figura 12, no hay datos en el periodo colonial para las regiones del Pacífico Sur, Zona Norte y Caribe Sur. Únicamente se obtuvieron referencias sobre EHE en todos los subperiodos de estudio, para las regiones climáticas Región Central, Caribe Norte y Pacífico Norte.

Cuadro 1. Principales eventos, incidentes y daños ocurridos de 1700 a 1899

<b>Eventos principales</b>	Porcentaje	Incidentes principales	Porcentaje	Daños principales	Porcentaje
Temporal	46%	Inundación	31%	Agricultura	22%
Lluvias intensas	25%	Afectación a la vegetación	13%	Daños materiales	22%
Sequía	20%	Interrupción de actividades	11%	Carreteras, caminos y puentes	16%
Otros (vientos fuertes o vendavales, vientos descendentes, lluvias débiles entro otros)	8%	Efecto sobre estructura vial	9%	Suspensión de actividades	7%
		Otros (plagas y enfermedades agropecuarias, efectos estructurales, servicios públicos, cabezas de agua, entre otros)	35%	Otros (personas afectadas, suspensión de obras, línea férrea, salud, entre otros)	33%

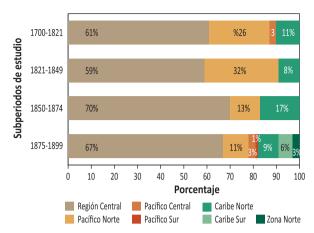
Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

Después de 1875 se empiezan a dar reportes sobre EHE, acaecidos en poblaciones de regiones como el Caribe Norte (Limón), Caribe Sur (Turrialba, Juan Viñas), Zona Norte (Sarapiquí, San Carlos) y Pacífico Norte (Guanacaste). Para el Pacífico Sur solo se tiene referencia de un EHE, ocurrido en 1881 en la localidad de Térraba.

La figura 12 evidencia, que la Región Central predomina con los reportes en todos los subperiodos estudiados y que hasta 1850 el Pacífico Norte reportó bastante información respecto a los EHE. Para el periodo 1875-1899, aparece información de todas las regiones climáticas del país.

Los reportes sobre EHE se concentran en la Región Central, en todos los subperiodos estudiados. Para los periodos 1850-1874 y principalmente 1875-1899, hay más información de diferentes regiones del país al combinarse la aparición de diarios y la expansión demográfica, como son los reportes provenientes de la Región Caribe Sur. Sin embargo, como se puede observar en la figura 12, el Valle Central domina las referencias a los EHE en ambos subperiodos, con el 67% o más de los registros debido a que la población se concentrada en esta región.

En relación a la división político-administrativa, el 34% de los registros hacen referencia a la provincia de Cartago, el 19% a San José, un 15% a Guanacaste, el 10% a Limón y Heredia, para Puntarenas y Alajuela el 9% para cada una. Los cantones más afectados fueron Cartago con un 27% de las referencias, San José con un 10%, Heredia, Santa Cruz, Nicoya, Puntarenas y Limón con 5% cada uno y los cantones de Matina y Alajuela con 4% cada uno. El resto de los cantones tienen reportes inferiores al 4%. Los registros en su mayoría indican que las afectaciones son sobre la ciudad cabecera del cantón, por lo que al analizar las referencias por distrito Cartago aparece con un 26% y San José con un 9%, porcentajes casi iguales al dato del cantón. Santa Cruz, Nicoya y Limón con



**Figura 12.** Relación porcentual de los registros sobre EHE por región climática de Costa Rica, por subperiodos de estudio de 1700 a 1899. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

un 5% y Heredia, Matina y Puntarenas con un 4% de los registros sobre EHE<sup>79</sup>.

Por último, la figura 13 presenta una línea de tiempo construida con los datos recabados, los cuales develan hechos importantes ocurridos en años específicos y que tuvieron repercusiones importantes en la sociedad costarricense. Se encontró que para los años 1886 y 1891 hay más de 25 reportes para cada uno. Luego están los años de 1892 y 1830 con más de 10 referencias y, los años de 1800, 1828, 1832, 1833, 1861, 1870, 1877, 1885 y 1893 con una cantidad de entre cinco a ocho reportes acerca de EHE. El resto de los años presentan menos de cuatro reportes o ninguno.

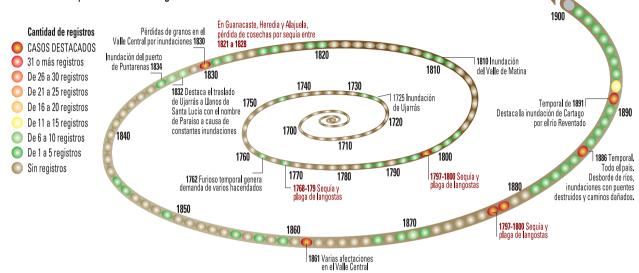
#### 4. CONCLUSIONES

Aún faltan documentos por revisar de fuentes de información disponibles para los siglos XVIII y XIX, que podrían arrojar más datos para incrementar la información sobre EHE en estos 200 años.

En Costa Rica se tienen suficientes referencias de EHE de mediados de 1950 al presente. A partir de 1950 y a medida que se retrocede en los años

#### **Eventos Meteorológicos Extremos en Costa Rica**

Línea de tiempo de eventos registrados de 1700 a 1899



**Figura 13.** Línea de tiempo de eventos hidrometeorológicos extremos registrados en Costa Rica, en los siglos XVIII y XIX. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

hasta 1880, la información es considerablemente menor. Para los años anteriores a 1880 son pocas las referencias halladas.

La constante en la información encontrada para el periodo colonial, ha sido que en ella media algún interés político o económico que generó el registro del EHE, más que los aspectos sociales o humanitarios como ocurre a partir de 1880.

Posterior a la independencia, la frontera colonizable se expande fuera del Valle Central y se empiezan a poblar lugares como el Valle de los Palmares (San Ramón, Palmares y Naranjo), el sur de la provincia de San José y el este de Cartago (Alvarado, Jiménez y Turrialba), lo que favorece no solo la expansión demográfica del país, sino también el reporte de EHE al haber presencia humana en estas zonas.

El volumen de información recuperada sobre la ocurrencia de EHE, está estrictamente relacionada al surgimiento de la prensa en Costa Rica, pues es a partir de la publicación regular de

periódicos en la segunda mitad del siglo XIX que se logran obtener más referencias. Para antes de 1880, prácticamente la información sobre sequías, inundaciones, tornados, temporales, lluvias intensas, avenidas o crecidas y cabezas de agua, se reportaban en las comunicaciones oficiales de gobierno, entre funcionarios de las carteras gubernativas o en peticiones particulares, clamando al Gobierno por ayuda ante una determinada situación.

El desarrollo de la prensa, cambia la cultura de la divulgación mediática de sucesos de carácter no político a partir de la década de 1880 en los diarios, ya que, aunque para la década de 1830 ya hay circulación de algunos boletines o periódicos que luego desaparecen y vuelven a aparecer hacia la década de 1860 de manera más permanente, en estos se publicaba información que casi en su totalidad era de carácter político.

La Región Central del país, es la que se vio más favorecida con la aparición de los diarios, ya que, al ser estos publicados en su mayoría en San José y algunos pocos en Cartago, Alajuela y Heredia, la información sobre EHE y las afectaciones sobre la población se ponen en conocimiento de los lectores con más frecuencia, principalmente si estos sobrepasan la cotidianidad o regularidad de los eventos, y un simple temporal se convierte en "invierno o temporal riguroso" generando lluvias intensas y prolongadas, con la consecuente crecida de ríos y posteriores inundaciones en muchos casos, o bien, simplemente porque la lluvia ha dejado de caer y la temporada seca se ha prolongado o intensificado.

En la década de 1880, los diarios amplían la cobertura del contenido informativo, volviéndose hechos noticiosos las situaciones como las inundaciones, las cabezas de agua, las plagas, las muertes y las actividades sociales, entre otros. Incluso empiezan a dar cuenta de los embates de la naturaleza, ocurridos en las regiones recién colonizadas o en poblaciones ya establecidas.

Finalmente, la afectación de los EHE varía en las épocas por circunstancias favorables o no, generadas por el progreso, desarrollo y tecnificación de la sociedad. Esto implica que, lo que en un siglo pudo haber sido un EHE, para otro siglo no lo es. Un ejemplo es el daño reportado a los caminos y la transitabilidad sobre ellos. Varios de los registros encontrados en los últimos 30 años del siglo XIX, relacionados con el estado de los caminos, indican que se dejaban de hacer actividades, se suspendía el comercio o labores porque los caminos estaban intransitables. La cantidad de lluvia caída en un temporal ocurrido en 1880 sobre un camino de tierra o lastre, tiene que haber impactado más gravemente que la misma cantidad de precipitación sobre ese mismo camino de asfalto 100 años después.

La aparición del asfalto a finales de la década de 1870 y su posterior universalización para la construcción de carreteras, mejoraron la durabilidad y la transitabilidad de las rutas de comunicación y disminuyeron la afectación por la cantidad de lluvia caída sobre ellas, al desaparecer los barriales y lodazales que se formaban. Algunas afectaciones persistentes por la ocurrencia de EHE, son los derrumbes sobre los caminos, los cuales obstruyen el paso de las vías de comunicación a pesar del correr de los años.

#### 5. REFERENCIAS

- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (s.f.). NOAA Historical Hurricane Tracks. Recuperado en agosto de 2019 de https://coast.noaa.gov/hurricanes/. NOAA, Estados Unidos.
- Arrioja Díaz Viruell, L. F. (2019). Bajo el crepúsculo de los insectos: clima, plagas y trastornos sociales en el reino de Guatemala (1768-1805). El Colegio de Michoacán, México.
- Archivo Histórico Arquidiocesano Bernardo Augusto Thiel. (s.f.). *Consulta de diversos documentos*. AHABAT. San José, Costa Rica.
- Archivo Nacional de Costa Rica. (s.f.). *Consulta de diversos fondos*. ANCR. San José, Costa Rica.
- Apaestegui, J.; Takahashi, K.; Ortlieb, L.; Siffedine, A. y Macharé, J. (2015). El fenómeno de El Niño durante el último milenio. *Boletín Técnico Instituto Geofísico del Perú (IGP)*, 2(2).
- Benavides, M.J. (1999). De Ujarrás a Paraíso: análisis del traslado de una población: 1821-1850. Tesis para optar por la licenciatura en historia, Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Sociales. Escuela de Historia. San José, Costa Rica.
- Biblioteca Nacional de Costa Rica (s.f). *Hemeroteca*. Consulta en línea.
- Campos, M.A. (s.f.). Costa Rica en la Colonia: El Comercio de Mulas y Cacao. Publicación electrónica. Recuperada de https://www.academia.edu/20416120/Costa\_Rica\_en\_la\_Colonia\_El\_Comercio\_de\_Mulas\_y\_Cacao
- Castillo, A.Y.; Suárez, J.H. y Mosquera, J. (2017). Naturaleza y sociedad: Relaciones y tenden-

- cias desde un enfoque eurocéntrico. *Revista Luna Azul*, 44, 348-371. DOI: 10.17151/luaz.2017.44.21. Universidad de Caldas, Colombia. Recuperado de http://190.15.17.25/lunazul/index.php?option=com\_content&view=article&id=243
- Díaz, R. y Alfaro, E. (2016). El Mega-Niño de 1877 y 1878 y su impacto social en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 15(2), 22-32.
- Díaz, R.; Alfaro, E. y Leitón, L. (2019). La plaga de langostas *Schistocerca* sp. (Orthoptera: Acridae) y su relación con el Mega Niño de 1877-1878 en Costa Rica. UNED *Research Journal*, 11 (2), 54-64.
- Goebel, A. (2009). "Una lluvia de males: el régimen de precipitaciones en la Costa Rica del "progreso". Trayectoria, representaciones sociales e impacto socioeconómico (1860-1940)". Revista de Historia, (59-60), enerodiciembre 2009, 57-97.
- González, C. (1910). Temblores, terremotos, inundaciones y erupciones volcánicas en Costa Rica 1608-1910. Reimpresión de 1994. Editorial Tecnológica de Costa Rica, ITCR. Cartago, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2019). Base de Datos de Eventos Meteorológicos Extremos EME. Departamento de Desarrollo y Unidad de Informática. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008). *Clima,* variabilidad y cambio climático en Costa Rica. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (s.f.). Clima en Costa Rica. El clima y las regiones climáticas de Costa Rica. IMN. Recuperado de https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31165/clima-regiones-climat.pdf/cb3b55c3-f358-495a-b66c-90e677e35f57
- La República. (Noviembre, 1886). Crónica local.
  Recuperado de http://www.sinabi.go.cr/
  ver//biblioteca%20digital/periodicos/
  la%20republica/La%20Republica%201886/
  La%20Republica\_9%20nov%201886.pdf#.
  Xtmt52ozZAg

- Mora, I. y Amador, J. (2000). "El ENOS, el IOS y la corriente en chorro de bajo nivel en el oeste del Caribe". *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 7(1), 27-39.
- Organización Meteorológica Mundial. (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. OMM-N°1. Tiempo-Clima-Agua. OMM. Ginebra, Suiza.
- Relación de los negocios despachados por Gobierno Supremo del Estado. (Diciembre, 1832). Recuperado de http:// www.sinabi.go.cr/ver/biblioteca%20 digital/periodicos/relacion%20de%20 los%20negocios%20despachados/ relacion%20de%20los%20negocios%20 despachados%20por%20el%20 gobierno%201832/l-Relacion%20de%20 los%20negocios%20despachados%20 por%20el%20gobierno%20supremo%20 diciembre\_31%20dic%201832.pdf#. XtmfdWozZAg
- Retana, J.A. (2012). Eventos hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio en el clima. *Ambientales* 44, 5-16.
- Retana, J.A.; Alvarado, L.; Sanabria, N.; Córdoba, J.; Villalobos, R.; Solano, J.; Rojas, N.; Hernández, K.; Solera, M. y Jiménez, E. (2014). Seguridad alimentaria y el cambio climático en Costa Rica: Granos Básicos. Instituto Meteorológico Nacional, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Ministerio de Ambiente y Energía.
- Retana, J.A. y 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*, 7(2), 117-124.
- Valverde, A. (2008). La ciudad de Puntarenas: una aproximación a su historia económica y social, 1858-1930. CIHAC, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Villalobos, R. y Retana, J.A. (2001). *El Niño: Una revisión bibliográfica*. Proyecto: Mejora-

- miento de la capacidad técnica para mitigar los efectos de futuros eventos de la variabilidad climática en Costa Rica. El Niño. CRRH-CEPREDENAC-IMN. San José, Costa Rica.
- Zuta, S. (2001). El clima y su influencia en el desarrollo de los pueblos. *Hidráulica y termofluidos*. Año 2, (2). Universidad Mayor de San Marcos (UNMSM), Facultad de Ciencias Físicas. Lima, Perú.

#### 6. NOTAS

- 1 Arrioja Díaz Viruell, Luis Alberto. *Bajo el crep*úsculo de los insectos. p. 65 y 66.
- 2 Arrioja Díaz Viruell, Luis Alberto. Bajo el crepúsculo de los insectos. p. 69 y 70.
- 3 Arrioja Díaz Viruell, Luis Alberto. Bajo el crepúsculo de los insectos. Para más detalles sobre las plagas asociadas a las sequias presentadas en 1768-1769 y 1796-1805 ver la obra citada.
- 4 ANCR. Fondo Albúm José María Figueroa. No. 1, tomo 1, folio 1-074f.
- 5 ANCR. Fondo Complementario Colonial. No. 004426, folio 37.
- 6 ANCR. Fondo Cartago, No. 331, folio 4.
- 7 González Víquez, Cleto. 1910. Temblores, terremotos..., p. 19.
- González Víquez, Cleto. 1910. Temblores, terremotos..., p. 20.
- 9 ANCR. Fondo Municipal, Cartago. No. 439.
- 10 ANCR. Fondo Municipal, Alajuela. No. 444.
- 11 Campos Arce, Minor Andrés. Costa Rica en la Colonia: El Comercio de Mulas y Cacao. p. 2.
- 12 ANCR. Fondo Cartago. No. 474, folio 20 y 560.
- 13 González Víquez, Cleto. 1910. Temblores, terremotos..., p. 18.
- 14 ANCR. Fondo Municipal. Cartago. No. 336
- 15 El capitán de la goleta era Francisco Chávez. ANCR. Fondo Complementario Colonial No. 7231, folio 6v.
- 16 ANCR. Fondo Municipal. No. 841.
- 17 ANCR. Fondo Provincial Independiente (PI), No. 1438, folios 29 y 29v.
- 18 ANCR. Fondo Municipal. No. 514.
- 19 El documento de Carrillo no tiene fecha, pero se deduce que la solicitud la hizo en diciembre de 1824, probablemente a finales, ya que indicó que su viaje lo haría el 7 de enero de 1825 y que cede la mitad de su sueldo para que el Estado lo use a como le convenga. La fecha del documento se corrobora con una nota

- del 19 de enero de 1825 donde el Jefe Supremo de la Asamblea indica que "el diputado Presbítero Nicolás Carrillo avisa que goza de licencia para ausentarse a su hacienda y que cede en beneficio del Estado la mitad de las dietas que tiene devengadas" (ANCR. Fondo Municipal. No. 52).
- 20 ANCR. Fondo Asamblea Legislativa. No. 248, folio 2.
- 21 ANCR. ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación (MG). No. 8579 y Fondo Municipal. No. 355, folio 53-54.
- 22 ANCR. Fondo Municipal. No. 474, folio 65.
- 23 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación (MG). No. 8579, folio 77 y 78.
- 24 ANCR. Fondo Municipal. No. 196 folio 86, y No. 227 folio 42682.
- 25 ANCR. Fondo Municipal. Ujarrás. No. 366.
- 26 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación (MG). No. 10660, folio 107.
- 27 ANCR. Fondo Municipal, No. 36091 y Archivo Parroquia de Paraíso, Libro 2, folio 36.
- 28 ANCR. Fondo Congreso, No. 1639, folio 2.
- 29 ANCR. Fondo Asamblea Legislativa. No. 1639.
- 30 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación, No. 8579, folio 26 y 27.
- 31 González Víquez, Cleto. 1910. *Temblores, terremotos...*, p. 23.
- 32 ANCR. Fondo Municipal (MU) No. 357.
- 33 ANCR. Fondo Municipal (MU) No. 385.
- 34 ANCR. Fondo Municipal, No 318, folio 105 a 106v.
- 35 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación (MG). No. 3565.
- 36 ANCR. Fondo Gobernación. No. 23832, folio 1 y 2.
- 37 Relación de los negocios. 1832. 31 de diciembre, p. 2.
- 38 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación (MG), No. 13492, folio 6, y No. 13495, folio 17.
- 39 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación, No. 13495, folio 45.
- 40 ANCR. Fondo Asamblea Legislativa, No. 1863, folio 10 y 10v; y No. 21112, folio 7 y 8.
- 41 Mentor Costarricense, No. 51, p. 169.
- 42 Mentor Costarricense, No. 51, p. 169.
- 43 Crónica de Costa Rica, Año 2, No. 200, p. 2.
- 44 *Eco de Irazú*, Tomo 1 (No. 9), p. 262. 10 de febrero de 1855.
- 45 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación. No. 25339, folio 25.
- 46 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación. No. 23381, folio 1
- 47 La Gaceta. 1861. 16 de diciembre, p. 3.
- 48 La Gaceta. 1861. 27 de octubre, p. 2. La Prensa. 1924. 8 de noviembre, p. 5.

- 49 La Unión Católica. 1891. 29 de octubre, p. 2.
- 50 ANCR. Fondo Secretaría de Guerra y Marina (SECGyM), No. 9917.
- 51 ANCR. Fondo Secretaría de Fomento (SECFOM), No. 4740, folio 1.
- 52 1869 ANCR, Secretaría de Fomento, No. 4110, folio 7.
- 53 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación. No. 29235.
- 54 ANCR, Fondo Secretaría de Fomento, No. 9850, y fondo Secretaría de Policía No. 005287.
- 55 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación, No. 028359.
- 56 Goebel McDermott, Anthony. Una Lluvia de males... p. 64.
- 57 Mora, Ileana y Amador, Jorge. 2000. "El ENOS, el IOS y la corriente en chorro... p. 35.
- 58 Mora, Ileana y Amador, Jorge. 2000. "El ENOS, el IOS y la corriente en chorro... p. 35.
- 59 Goebel McDermott, Anthony. Una Lluvia de males... p. 64.
- 60 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación, No. 39495; AHABAT. Fondos antiguos, Caja 404, tomo 1, folio 172; La Gaceta. 1888. 9 de febrero, p. 1; La República. 1892. 31 de octubre, p. 2 y 13 de diciembre, p. 2; El Anunciador Costarricense. 1892. 1 de noviembre, p. 1.
- 61 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación. No. 039495 y AHABAT. Fondos antiguos, caja 325, tomo 1, folio 103.
- 62 AHABAT. Fondos antiguos, Caja 399, tomo 1, folio 162.
- 63 ANCR. Fondo Albúm José María Figueroa, tomo 1, folio 51f.
- 64 ANCR. Fondo Expedientes Judiciales, Juzgado Civil de Cartago, No. 1022.

- 65 AHABAT caja 297, tomo 1, folio 545 y caja 336, tomo 1, folios 552 y 563.
- 66 El Imparcial. 1890. 24 de diciembre, p. 3.
- 67 Biblioteca Nacional de Costa Rica. Albúm de Granados, Tomo 3, folio 113.
- 68 La Gaceta. 1891. 9 de diciembre, p. 2.
- 69 La Unión Católica. 1891. 8 de noviembre, p. 1.
- 70 La Gaceta. 1891. 5 de noviembre, p. 1253.
- 71 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación (MG). No. 55286; *La Prensa Libre*. 1892. 19 de octubre, p. 2. y 15 de noviembre, p. 1.
- 72 La República. 1893. 10 de octubre, p. 2; El Independiente Demócrata. 1893. 11 de octubre, p. 3; y El Heraldo de Costa Rica. 1893. 22 de octubre, p. 2.
- 73 ANCR. Fondo Secretaría de Policía (SECPOL), No. 14929..
- 74 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación, No. 23282, folio 15, 20 y 93-94v.
- 75 ANCR. Fondo Ministerio de Gobernación, No. 23282, folio 20.
- 76 Otro Diario. 1885. 3 de noviembre, p. 4 y 28 de noviembre, p. 3; Diario de Costa Rica. 1885. 18 de noviembre, p. 3; La Patria. 1895. 10 de octubre, p. 3; La Unión Católica. 1895. 11 de octubre, p. 2; El Anunciador Costarricense. 1892. 1 de octubre, p. 1, La Prensa Libre. 1892. 5 de octubre, p. 1 y 21 de octubre, p. 4.
- 77 AHABAT. Fondos antiguos, caja 395, folio 9.
- 78 AHABAT. Fondos antiguos, caja 428, tomo 1, folio 101, libro 385.
- 79 IMN. Base de datos de eventos hidrometeorológicos extremos (diciembre, 2019).

# Análisis descriptivo de los fenómenos y eventos hidrometeorológicos extremos de mayor frecuencia en Costa Rica en el período 1980-2017

#### RUBÉN MORALES AGUILAR<sup>1</sup>

#### Resumen

Utilizando la base de datos de eventos meteorológicos extremos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), se analizó el comportamiento de los cinco fenómenos hidrometeorológicos más frecuentes y su relación con los cuatro eventos de mayor relevancia en Costa Rica, en el período 1980-2017. Se entiende que un fenómeno es un sistema atmosférico de gran escala, responsable de generar diferentes eventos, donde los elementos meteorológicos como la precipitación, la temperatura y el viento, entre otros, toman valores extremos provocando impactos. Los fenómenos de mayor frecuencia son las ondas tropicales, las bajas presiones, los frentes fríos, la Zona de Convergencia Intertropical y las vaguadas; estos fenómenos producen principalmente cuatro eventos: lluvias intensas, temporales, tormentas convectivas y granizos. El fenómeno más frecuente son las ondas tropicales, los principales eventos asociados con estas son las lluvias intensas y los temporales; poseen una distribución mensual relacionada con la climatología de la precipitación diferenciada para las vertientes pacífica y caribe. Limón y Puntarenas son las provincias que se ven afectadas con mayor frecuencia por estos fenómenos.

PALABRAS CLAVE: EVENTOS EXTREMOS, INUNDACIONES, LLUVIAS INTENSAS, VARIABILIDAD CLIMÁTICA.

#### **Abstract**

Using extreme meteorological events database of National Meteorological Institute, the behavior of five of the most frequent phenomena and their relationship with four relevant events was analyzed (1980-2017). The phenomenon is a large-scale atmospheric system responsible for different events. Meteorological elements (precipitation, temperature, winds), take extreme values that could produce impacts. The selected phenomena are tropical waves, low pressures system, cold fronts, Intertropical Convergence Zone and trough. These phenomena mainly produce four events: heavy rainfull, temporary rains, convective storms and hail. The most frequent phenomenon is tropical waves and its mainly associated events are intense and temporary rains. They have a monthly distribution related to the differentiated precipitation climatology for both regimes: pacific and caribbean. The provinces that are most frequently affected by these phenomena are Limón and Puntarenas.

KEY WORDS: EXTREME EVENTS, FLOODS, HEAVY RAINS, CLIMATIC VARIABILITY.

#### 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con IPCC (2007) y Houghton et al. (2001), los eventos meteorológicos extremos se definen como fenómenos atmosféricos anómalos, que se producen en determinado lugar y época del año, con una baja frecuencia de aparición de

acuerdo con su curva de distribución estadística. Según esta definición, son eventos observables, pero poco comunes en una zona. Además, si las posibilidades permiten que sean registrados y parametrizados, es probable que su intensidad o magnitud logre superar los valores promedio. En este sentido, Abarbanel, Koonin, Levine,

<sup>1</sup> Estadístico. Departamento Red Meteorológica y Procesamiento de Datos. Instituto Meteorológico Nacional. Correo: rmorales@imn.ac.cr.

MacDonald y Rothaus (1992), indican que los valores grandes o pequeños asumidos por una variable aleatoria a partir de un conjunto finito de mediciones, se denominan valores extremos.

En la misma línea de la parametrización, Ávila y González (2014) y el IPCC (2012), indican que los eventos meteorológicos extremos ocurren cuando el valor de una variable meteorológica se ubica por encima o por debajo de un valor umbral, muy cercano a los extremos superiores o inferiores de los valores observados. Esto es, cuando la magnitud registrada de un evento meteorológico sale de su comportamiento común y alcanza estados límites; por lo tanto, al sobrepasar estos límites los eventos son considerados como extremos, siendo que en muchos casos repercuten en el sistema ocasionando desastres.

Con un enfoque más operativo en lo que a la atención de emergencias y gestión del riesgo se refiere, Retana (2012) señala, que los eventos meteorológicos extremos deben ser entendidos como un escenario compuesto por tres elementos: el fenómeno de variabilidad climática que origina los impactos (observación), la intensidad de este fenómeno (parametrización) y las consecuencias en los sistemas (impacto). De esta forma, el riesgo se describiría a partir de la amenaza (tipo e intensidad de fenómeno de variabilidad climática) y la vulnerabilidad (sensibilidad del sistema medida por el impacto o los daños cuantificables) (Retana, 2012).

Los eventos extremos pueden estar referidos a cualquier elemento del clima, como son la precipitación, la temperatura, el viento, entre otros. Los eventos hidrometeorológicos extremos (EHE) son aquellos que involucran alguna forma de precipitación (líquida o sólida) y que están relacionados con sus valores umbrales o extremos, tanto el déficit como el superávit (Retana, 2012).

Para gestionar el riesgo que implica el impacto de un fenómeno extremo, es necesario tener información básica que alimente la planificación de las medidas preventivas, las medidas de atención y las acciones de adaptación. En este sentido, las bases de datos sobre eventos extremos, permiten extraer y analizar información para caracterizar la amenaza a la cual se enfrentan los sistemas sociales y productivos, y proporcionar un mejor criterio de atención basado en los patrones históricos y actuales de los fenómenos, sus tendencias y la referencia de escenarios climáticos probables (Pérez et al., 2016).

La EM-DAT que es la base de datos internacional sobre desastres de la Universidad Católica de Lovaina (Bélgica), recopila información sobre desastres naturales y tecnológicos, procedentes de fuentes públicas. A partir de esta base de datos, se reporta el comportamiento anual de los desastres a nivel mundial. En el período 2008-2017, la base de datos EM-DAT registró 3.751 peligros naturales, de los cuales el 84% tienen origen relacionado con el clima; en este apartado, las inundaciones y tormentas representan el 66% de los peligros naturales (IFRC, 2018). El peso de los eventos hidrometeorológicos extremos es considerable en las estadísticas de desastres, si a esto sumamos el hecho de que los EHE en el futuro tienen una alta probabilidad de aumentar en su frecuencia y magnitud, como producto del calentamiento global (IPCC, 2007; Klein, Zwiers y Zhang, 2009), se comprende mejor la importancia de obtener información al respecto, con miras hacia la adaptación.

El IMN recopiló una serie de información relativa a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos de carácter extremo, que han impactado el territorio nacional. Entre las variables registradas, la base cuenta con la identificación de dos elementos relacionados los fenómenos meteorológicos y los eventos causados por esos fenómenos. El fenómeno consiste en un sistema atmosférico conocido, con una escala espacial sinóptica o planetaria y cuya duración es del orden de las semanas, meses o años. El evento corresponde

con la manifestación de la variable meteorológica (Iluvia, viento, temperatura), con una extensión espacial de microescala o mesoescala y con una duración temporal que va desde minutos hasta días (IMN, 2019).

#### 2. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es caracterizar estadísticamente, los EHE relacionados con los fenómenos meteorológicos extremos (FME) de mayor frecuencia en Costa Rica, de acuerdo con la información sistematizada que posee el Instituto Meteorológico Nacional.

#### 3. METODOLOGÍA

De la base de datos del IMN, se identificaron los cinco fenómenos con mayor frecuencia y los eventos relacionados con ellos en el período 1980-2017. Se aplicó estadística descriptiva para caracterizar el comportamiento de los fenómenos y eventos hidrometeorológicos en estudio, lo cual implica el uso de frecuencias absolutas y relativas porcentuales, para comprender su evolución en el tiempo, así como su distribución a nivel de provincias y regiones climáticas de Costa Rica.

#### 4. RESULTADOS

La cantidad de FME recopilados por parte del IMN, para el periodo 1980-2017 fue de 1.184 de los cuales un 73,5% corresponde a las vaguadas, la zona de convergencia intertropical, los frentes fríos, las bajas presiones y las ondas tropicales u ondas del este. Por otra parte, la cantidad de eventos registrados fue de 1.264, de estos el 72,1% corresponde a granizos, tormentas convectivas, temporales y lluvias intensas.

Los fenómenos seleccionados obedecen a la importancia relativa que poseen en el registro

del IMN; los eventos por su parte, además de su sustancial peso relativo, también cumplen la condición de ser categorizados como eventos de precipitación, los cuales están estrechamente relacionados con impactos y pérdidas en diferentes sectores sociales, productivos y naturales: vidas humanas, agricultura, ganadería, infraestructura vial, viviendas, entre otras (Campos y Quesada, 2017).

Para efectos de la sistematización de la información, el IMN identificó los fenómenos meteorológicos como sistemas de gran escala espacial y temporal. Si bien es cierto, en algunos casos la conceptualización oficial no obedece al enfoque clásico de "fenómeno", si es posible relacionar grandes áreas caracterizadas por condiciones atmosféricas particulares, sistemas de escala sinóptica y global, con resoluciones temporales que van desde días a semanas, hasta de meses a años, tal como se observa en la figura 1. También, se conceptualizan los eventos meteorológicos como sistemas que se presentan en escalas espaciales de menor tamaño, que varían en todas las escalas de tiempo, los que se describen en esta investigación van desde segundos hasta días (IMN, 2019b).

Según el IMN (2020), las definiciones de los cinco fenómenos meteorológicos causantes de eventos hidrometeorológicos extremos más frecuentes en Costa Rica, entre 1980 y 2017 son:

- Onda del este: fenómeno relacionado con una perturbación migratoria en forma de onda, de los vientos del este tropical. También se conocen como ondas tropicales.
- Depresión: corresponde con un área de baja presión, una baja u hondonada. Este concepto también se usa para designar una etapa en el desarrollo de un ciclón tropical, y es conocido como depresión tropical para diferenciarla de otras características sinópticas.



Figura 1. Escalas temporales y espaciales de fenómenos y eventos meteorológicos (IMN, 2019).

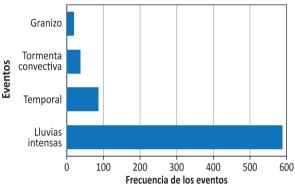
- Frente frío: frente no ocluido que se mueve de manera tal, que la masa de aire frío sucede a la masa de aire cálido.
- Zona de Convergencia Intertropical: área en los hemisferios norte y sur donde convergen los vientos alisios, generalmente se localiza entre los 10 grados al Norte y Sur del ecuador geográfico. Es una amplia área de baja presión, donde tanto la fuerza de Coriolis como la baja presión gradual son débiles, permitiendo la formación ocasional de perturbaciones tropicales.
- Vaguada: es un área alargada de baja presión atmosférica, que se asocia con un área de circulación ciclónica mínima.

Según los registros del IMN, en el período 1980-2017 los fenómenos hidrometeorológicos extremos de mayor frecuencia para el país son los categorizados como: ondas tropicales, bajas presiones, frentes fríos, zona de convergencia intertropical y vaguadas, y representan un total de 871 fenómenos cuya distribución se muestra en la figura 2. Lo anterior, coincide lo mencionado por IMN-CRRH (2008) para el periodo 1980-2006, con la salvedad de la zona de convergencia intertropical que se menciona en el presente, lo cual se debe a la conceptualización de fenómeno que se utiliza actualmente.

De estos FME se derivan para el mismo período 731 eventos; en la figura 3 se observa que el evento con mayor frecuencia registrada son las



**Figura 2.** Fenómeoos meteorológicos ocurridos en Costa Rica, en el periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

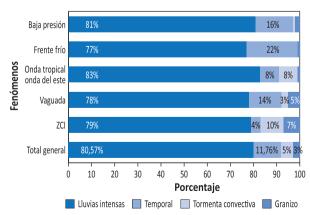


**Figura 3.** Eventos hidrometerológicos extremos ocuridos en Costa Rica, en el periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

Iluvias intensas (589), seguido de temporales (86), tormentas convectivas (37) y finalmente el granizo (19). Estos resultados van en la misma línea que se describen en IMN-CRRH (2008), donde se afirma que los frentes fríos aportan más del 14% de la lluvia del país, los sistemas de baja presión más de un 12%, las vaguadas un 3% y las ondas un 2%. Se menciona también, que la ZCI es uno de los factores más influyentes en el régimen de precipitación del Pacífico, destacando en el sur del país. Los mismos autores confirman, la relación estrecha que poseen estos fenómenos con el aumento en la probabilidad de precipitación en el país y que además se caracteriza su intensidad.

Los eventos de interés generados por los fenómenos meteorológicos bajo estudio, se distribuyen en: un 81% de lluvias intensas, un 12% como temporales, un 5 % como tormentas convectivas y un 3% como granizos, lo que corresponde a un total de 731 eventos. Lo anterior se muestra en la figura 4, junto con la composición de cada tipo de fenómeno según el evento que generó. Es importante resaltar para cada fenómeno sus principales eventos derivados, en el caso de la zona de convergencia intertropical serían las Iluvias intensas y las tormentas convectivas, mientras que las vaguadas, los frentes fríos y las bajas presiones presentarían mayor frecuencia de lluvias intensas y temporales, y finalmente las ondas tropicales u ondas del este han generado lluvias intensas y una posibilidad similar de tormentas convectivas y temporales.

El comportamiento de estos fenómenos y eventos hidrometeorológicos extremos, durante el período en estudio, exhibe una tendencia creciente que en cierta medida podría estar ligada a un aumento en la disponibilidad, la calidad y el detalle de los registros, debido a un desarrollo progresivo de las tecnologías de información y comunicación (ver figura 5). La mayor presencia de estos fueron reportados durante el año 2003, ambos con una frecuencia por encima de



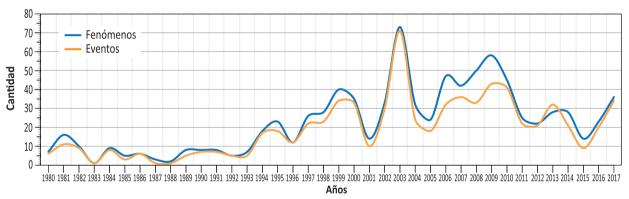
**Figura 4.** Porcentaje en que los fenómenos meteorológicos generaron EHE, en Costa Rica para el periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

los 70 acontecimientos. La tendencia conjunta de los FME y EME no ha sido estudiada para el país, sin embargo, se parte de sus componentes individuales entre ellos los frentes fríos y las bajas presiones tal como lo indican Zárate (2005), IMN-CRRH (2008) y Alvarado (2011).

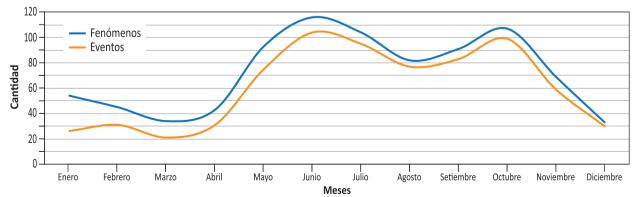
Es importante destacar, que este registro de fenómenos y eventos hidrometeorológicos extremos de 38 años, por sí solo no puede considerarse como un indicador del cambio climático, ya que para tener robustez estadística es necesaria una mayor evidencia temporal (Retana, 2012). No obstante lo anterior, no es atrevido destacar que la serie también muestra un patrón de variabilidad heterocedástico, lo que aunado a su tendencia indicaría que las series no son estacionarias. Aun cuando lo anterior

no está entre los objetivos de este análisis, es indispensable para realizar la mayoría de modelos de series temporales, gracias a los cuales y con base en el comportamiento de la variable de interés y la ayuda de otras variables explicativas, se pueden pronosticar sus valores futuros con cierto grado de certeza.

La estacionalidad de los fenómenos y eventos hidrometeorológicos extremos considerados, se puede caracterizar al representar el total de casos por mes; el valor máximo de las series ocurre en el mes de octubre y el valor mínimo en abril (figura 6). Tanto los fenómenos como los eventos al estar relacionados con la precipitación, describen un comportamiento estacional similar al de las lluvias en la vertiente del Pacífico (IMN-CRRH, 2008), esto significa, que se presentan pocos casos entre



**Figura 5.** Distribución anual de fenómenos y eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica, durante el periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).



**Figura 6.** Distribución mensual de fenómenos y eventos meteorológicos extremos en Costa Rica, para el periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

enero y abril. Luego de mayo hay un aumento y el primer máximo se da en junio. Durante el veranillo que ocurre entre julio y agosto, se produce una disminución relativa de casos y a partir de setiembre y octubre se presenta el segundo máximo, mientras que noviembre y diciembre son meses hacia la baja.

Los fenómenos y eventos bajo estudio, se caracterizan a nivel mensual; la representación de las frecuencias relativas porcentuales para los datos registrados en el período de estudio se muestra en las figuras 7 y 8.

La distribución de los fenómenos a nivel mensual, permiten recrear una climatología valiosa para la operatividad de la gestión de riesgo y la atención de emergencias. Por ejemplo, los frentes fríos que afectan principalmente la Zona Norte y la Región Caribe son sistemas que están relacionados con la estacionalidad del invierno del hemisferio norte. Según las estadísticas, los frentes más tempranos pueden afectar desde octubre y los más tardíos podrían llegar a presentarse incluso en mayo (ambos con una baja probabilidad de ocurrencia).

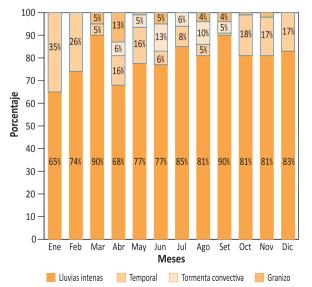
100 7% 90 7% 18% 10% 80 -13% 26% 40% 70 18% 22% Porcentaje 22% 60 399 14% 81% 50 -40 47% 7% 33% 18% 19% 599 30 30% 13% 18% 20 -13% 16% 10 Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Set Oct Nov Dic Meses ■ Vaguada ■ Frente frío □ Baja presión □ ZCI ■ Onda tropical

**Figura 7.** Composición relativa según incidencia mensual de fenómenos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica, en el periodo 1980-2017. Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

El período crítico de atención va desde noviembre hasta abril, siendo los meses de diciembre y enero los que presentan mayor probabilidad de ocurrencia, lo que concuerda con lo descrito por Retana (2012).

En el caso de los efectos provocados por la cercanía de la ZCI, estos se distribuyen a lo largo de casi todo el año; sin embargo, abril y mayo son los meses donde la ZCI es la mayor fuente de impacto si se comparan los cinco fenómenos de estudio. En Costa Rica, su importancia se ve reflejada en la influencia que ejerce sobre el inicio, desarrollo y finalización de la temporada lluviosa, la cual comienza en marzo en la parte sur del país y alcanza dos meses después la región norte (IMN-MINAET, 2009).

En los meses de junio, julio y agosto, la mayor probabilidad de afectación la tienen las ondas tropicales, en comparación con la ZCI, las bajas presiones o las vaguadas. Las bajas presiones y las vaguadas pueden presentarse en cualquier mes del año (Retana, 2012); en el caso específico de las vaguadas, los meses donde su presencia



**Figura 8.** Composición relativa de los meses según eventos hidrometeorológicos registrados en el período de 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

es mayor con respecto a los otros fenómenos hidrometeorológicos son abril, agosto y setiembre; mientras que las bajas presiones son el fenómeno más frecuente en los meses de setiembre y octubre.

Los eventos no presentan un patrón de comportamiento mensual, que pueda ser asociado con algún régimen de precipitación en particular, estos representan la integración de los dos regímenes (Pacífico y Caribe). Por ejemplo, al menos el 65% de los EME causados por fenómenos atmosféricos, en cada mes, se debe a lluvias intensas, esta característica de intensidad de la lluvia hace suponer que los altos porcentajes presentados entre los meses de diciembre a marzo, corresponden a lluvias en la vertiente del Caribe o en la Zona Norte, que son los meses más lluviosos en estas regiones climáticas (IMN-CRRH, 2008).

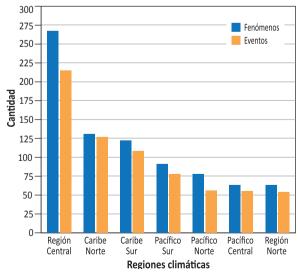
Los temporales del Caribe son comunes durante los primeros meses del año, asociados en su mayoría a los frentes fríos que se presentan en esta época del año, esto concuerda con los datos presentados para este evento durante los meses de diciembre, enero y febrero en la figura 8. Los meses de setiembre y octubre son los de mayor precipitación en el Pacífico, mientras que en el Caribe se presenta una disminución relativa (IMN-CRRH, 2008), es de esperar que las lluvias intensas de estos meses correspondan a eventos del Pacífico.

En la figura 9 se categorizan los fenómenos y eventos según la región climática, para el caso de los fenómenos fue posible contabilizar 815 casos, mientras que se ubicaron 693 eventos. La Región Central destaca con la mayor cantidad de casos registrados, mientras que las regiones Pacífico Central y Norte cuentan con el menor número de registros. La concentración de casos en la Región Central, puede deberse a un efecto de densidad poblacional, ya que donde hay más concentración de población se espera un mayor reporte de inci-

dentes y daños debidos por ejemplo, a la mayor demanda de servicios e infraestructura pública y privada, la alta presencia de contaminación ambiental, el colapso de las vías principales y secundarias y el desarrollo de anillos de pobreza, entre otros (Campos y Quesada, 2017).

En las figuras 10 y 11, se presenta el detalle del comportamiento estacional de los fenómenos y los eventos, en ellas se incluyen la totalidad de casos a nivel mensual para la Región Pacífico Sur, Región Pacífico Central, Región Pacífico Norte, Región Norte, Región Central y Regiones Caribe Norte y Sur. En general, los picos de fenómenos y eventos coinciden con los picos climatológicos de los acumulados de lluvia mensual, para cada región.

Es posible identificar pocos casos de FME durante los meses de enero a marzo-abril, en las regiones con influencia pacífica (Pacífico Norte, Pacífico Central y Región Central) (IMN-CRRH, 2008). A partir de mayo y hasta junio se registra el primer máximo, seguido de una disminución relativa en los meses del veranillo (julio y agosto); hay un segundo máximo en setiembre y octubre,



**Figura 9.** Incidencia de fenómenos y eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica según región climática, en el periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

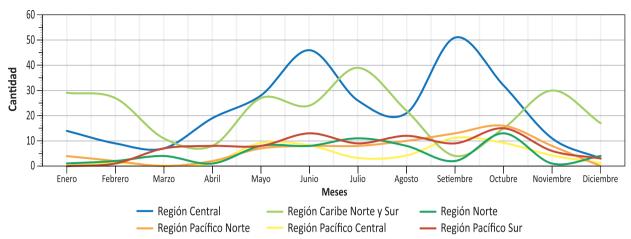


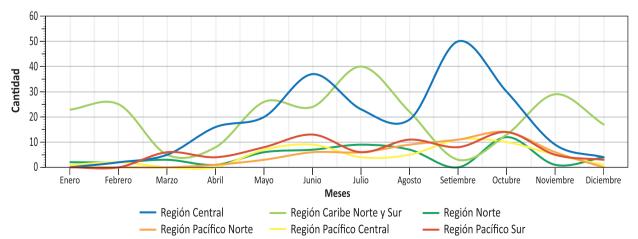
Figura 10. Distribución mensual de FME en Costa Rica, en el período 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

mientras en noviembre y diciembre tienden a disminuir.

El caso del Pacífico Sur es particular, porque presenta casos distribuidos a lo largo de todo el año; esta región es una de las más lluviosas del país. El período seco comprende de enero a marzo y las lluvias empiezan entre marzo y abril, además en la zona peninsular del Pacífico Sur el veranillo, característico del régimen pacífico, no es apreciable (IMN-CRRH, 2008). Estas características podrían explicar la distribución de los fenómenos hidrometeorológicos en dicha región.

En las regiones del Caribe y la Zona Norte, la distribución de fenómenos hidrometeorológicos puede relacionarse con su régimen de precipitación; incluso, la disminución relativa de estos fenómenos en los meses de marzo, abril, setiembre y octubre, podrían asociarse con la reducción de la precipitación propia de su climatología (IMN-CRRH, 2008).

Al igual que con los fenómenos, en los eventos es posible observar un comportamiento estacional mensual; para las regiones del Pacífico los meses de enero a abril registran la menor cantidad de EHE, estos van aumentando conforme se

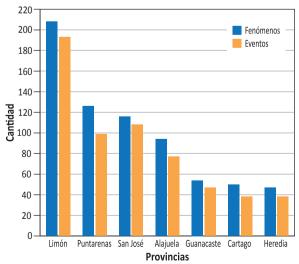


**Figura 11.** Distribución mensual de EHE en Costa Rica, en el período 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

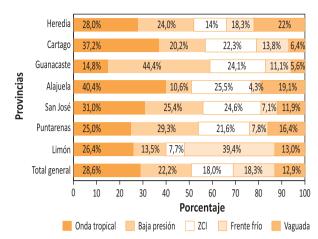
establece la época lluviosa, para setiembre y octubre se registran la mayor cantidad de eventos. En las regiones del Caribe y Zona Norte, el comportamiento de los eventos refleja también parte de la estacionalidad de las lluvias (IMN-CRRH, 2008).

En las figuras 12, 13 y 14, se detalla la composición relativa de fenómenos y eventos por provincia. Aunque es ampliamente conocido que el clima no discrimina entre unidades administrativo-políticas, se considera que estas poseen gran importancia informativa para la población en general, por lo que se consideró apropiado representarlas. Para describir la cantidad de fenómenos y eventos según la provincia donde ocurrieron, de los 871 fenómenos registrados, 695 cuentan con una ubicación geográfica. De los 731 eventos registrados, 600 cuentan con georreferenciación.

En la figura 12 se puede observar que Cartago, Heredia y Guanacaste, son las provincias con la menor cantidad de fenómenos y eventos contabilizados con cifras similares, luego en frecuencia ascendente el cuarto lugar es ocupado

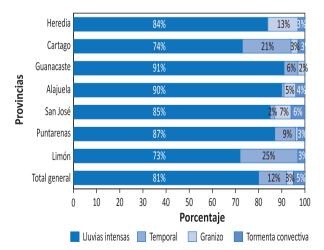


**Figura 12.** Incidencia de fenómenos y eventos hidrometeorológicos extremos en el periodo 1980-2017, según provincia. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).



**Figura 13.** Composición relativa según incidencia de FME en las provincias de Costa Rica, en el periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

por Alajuela, seguido por San José y Puntarenas, que presentan cifras altas y bastante similares, finalmente Limón es la provincia que presenta mayor cantidad en el período estudiado. Esto probablemente es debido a factores relacionados con su posición geográfica, relieve, extensión y climatología de lluvia, que corresponda a la región o regiones a las que pertenezca.



**Figura 14.** Composición relativa según incidencia de eventos hidrometeorológicos extremos (EHE) en las provincias de Costa Rica, en el periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

En la figura 13 se muestra que la provincia de Limón posee la mayor afectación por frentes fríos y ondas tropicales, en Cartago los fenómenos con mayor influencia son las ondas tropicales y la ZCI. En lo que respecta a San José y Puntarenas, en su mayoría se ven afectadas por ondas tropicales, bajas presiones y la ZCI. En Alajuela destacan las ondas tropicales y la ZCI, mientras que Heredia se ve mayormente impactada por las ondas tropicales, bajas presiones y vaguadas. Finalmente en Guanacaste inciden principalmente las bajas presiones y la ZCI.

Es importante resaltar, que las lluvias intensas son el principal evento que puede generar algún tipo de pérdida o desastre en todas las provincias, tal como se muestra en la figura 14. Se rescata la importancia relativa de los temporales principalmente en las provincias de Limón y Guanacaste por su traducción a frecuencia absoluta. En San José, Alajuela y Heredia son notables los reportes de granizo, finalmente se puede observar que las tormentas convectivas acontecen en proporciones muy similares en todas las provincias.

#### 5. CONCLUSIONES

En este estudio se describieron cinco fenómenos meteorológicos que involucraron 871 registros de historial, en el período 1980-2017, así como cuatro eventos hidrometeorológicos que generaron 731 registros. Los análisis muestran que las lluvias intensas y los temporales son los EHE preponderantes, independientemente del fenómeno de origen, la región climática, la provincia, el año o mes que se analice.

Al caracterizar temporal y espacialmente los FME y EHE, se encuentra evidencia de su comportamiento histórico y se valida la influencia que ejercen los dos regímenes de precipitación Pacífico y Caribe, sobre estos. La climatología de estos fenómenos y eventos unida a la climatología

de lluvia de cada región, y al criterio experto, podría ser información de gran utilidad en los diversos sectores implicados en la mitigación y adaptación a este tipo de acontecimientos.

Se considera además indispensable, llevar un registro detallado de estos fenómenos y eventos a fin de que se pueda utilizar en la elaboración de estudios de variabilidad climática, en donde se contemple su distribución espacio-temporal, períodos de retorno, intensidades, tendencia, estacionalidad, ciclicidad y componentes aleatorios, entre otros. Lo anterior, con el objetivo de seguir enriqueciendo el conocimiento que se posee en el tema, y generando herramientas para la toma de decisiones, ejecución, seguimiento y evaluación de las mismas a nivel país.

#### 6. LITERATURA CITADA

Abarbanel, H.; Koonin, S.; Levine, H.; MacDonald, G. & Rothaus, O. (1992). Federation of American Scientists. Recuperado de: https://fas.org/irp/agency/dod/jason/statistics.pdf

Alvarado, L., Contreras, W. y Jiménez, S. (2011). Escenarios de Cambio Climático regionalizados para Costa Rica. Departamento de Climatología e Investigación Aplicada. Instituto Meteorológico Nacional. 43p.

Ávila, B. y González, E. (2014). Percepción social de los eventos climáticos extremos: una revisión teórica enfocada en la reducción del riesgo. *Revista Trayectorias*. 16:39.

Campos, D. y Quesada, A. (2017). Impacto de los eventos hidrometeorológicos en Costa Rica, periodo 2000-2015. *Revista Geo UERJ.* 16:39.

Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (2018). Informe Mundial de Desastres. Sin que nadie quede atrás. ISBN: 978-2-9701289-0-8.

- Houghton, J.; Ding, Y.; Griggs, D.; Noguer, M.; Van der Linden, P. & Xiaosu, D. (2001). Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press. United Kingdom.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2009).

  Compendio sobre algunos fenómenos meteorológicos en Costa Rica.

  Recuperado de: https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Compendio+sobre+fen%C3%B3menos+meteorol%C3%B3gicos.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008). *Clima,* Variabilidad y Cambio Climático en Costa Rica. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. IMN-CRRH-MINAET-PNUD. 75p.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2019a). Base de Datos de Eventos Meteorológicos Extremos. Departamento de Desarrollo y Unidad de Informática. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2019b).

  Taller Interno para la concatenación de elementos de la Base de Datos de Eventos Meteorológicos Extremos. IMN. 4p. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2020). *Glosario Meteorológico*. Recuperado de: https://
  www.imn.ac.cr/51
- Klein, A.; Zwiers, F. & Zhang, X. (2009). Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. Climate data and monitoring. WCDMP N°72. World Meteorological Organization. WMO-TD N°1500. Geneva, Switzerland.

- Morales, R. (2019). Importancia estadística del registro de los eventos meteorológicos extremos. Departamento de Climatología e Investigación Aplicada. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2007). Cambio climático 2007. Base de las ciencias físicas. Resumen para responsables de políticas. Resumen técnico. Preguntas frecuentes. Contribución del Grupo de Trabajo 1 al Cuarto Informe de Evaluación. OMM-UNEP.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2012). Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Resumen para los responsables de políticas. Informe especial del grupo de trabajo I y II del IPCC.
- Pérez, P., Alfaro, E., Hidalgo, H. y Jiménez, F. (2016). Distribución espacial de impactos de eventos hidrometeorológicos en América Central. *Revista de Climatología*, Vol. 16 (2016): 63-75.
- Retana, J. (2012). Eventos hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio en el clima. *Ambientales 44.* pp. 5-16.
- Zárate, E. (2005). Comportamiento de los empujes fríos que alcanzan Centroamérica y el Caribe. Evaluación de impactos ocasionados por eventos extremos sobre el sector hídrico y medidas de adaptación bajo condiciones de cambio climático en América Central. Sistema de la Integración Centroamericana. Comité Regional de Recursos Hidráulicos-UCR. San José. 22 p.

## Análisis de la mortalidad ocasionada por el impacto de eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica, periodo 1980-2017

#### KATTIA CARVAJAL TOVAR<sup>1</sup>

#### Resumen

Costa Rica a lo largo de su historia ha sido afectada directa e indirectamente por diferentes fenómenos atmosféricos extremos, tales como huracanes, bajas presiones, frentes fríos, vaguadas, tormentas y ondas tropicales. Estos fenómenos han generado eventos relacionados con lluvias fuertes, las cuales han desencadenado inundaciones, deslizamientos y cabezas de agua, provocando la muerte de muchas personas en el país. Se analizó la mortalidad ocasionada por los efectos de estos eventos hidrometeorológicos extremos (EHE) en Costa Rica, desagregando los resultados por género, década, año, mes, provincia y cantón. Se utilizó la base de datos de Eventos Meteorológicos Extremos (EME) del Instituto Meteorológico Nacional.

El análisis indica que los hombres son los que más han muerto debido EHE. La década de 1990-1999 fue la que más decesos presentó, siendo el huracán César el fenómeno que más afectó. Los años en que más personas han perdido la vida han sido 1988, 1996, 2002, 2007, 2010, 2016 y 2017. Además, julio, octubre y noviembre son los meses con mayor probabilidad de ocurrencia de EHE y en los que más muertes se han reportado. Puntarenas (Corredores, Osa, Golfito y Montes de Oro), San José (Escazú, Pérez Zeledón, San José y Tarrazú) y Limón (Talamanca, Limón, Matina y Pococí) son las provincias y los cantones donde más personas han fallecido debido a estos eventos extremos.

PALABRAS CLAVE: EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS, INUNDACIÓN, CABEZA DE AGUA, DESLIZAMIENTO, LLUVIA, MORTALIDAD.

#### **Abstract**

Costa Rica, throughout to its history has been directly and indirectly affected by different extreme atmospheric phenomena, such as low pressures, cold fronts, troughs, storms and tropical waves. These phenomena have generated events related to heavy rains which have triggered floods, landslides and water heads, causing the death of many people in the country. Mortality caused by effects of those extreme hydrometeorological events (EHE) in Costa Rica was analyzed, disaggregating the results by gender, decade, year, month, province and canton. For this study, the Extreme Meteorological Events (EME) database by Instituto Meteorológico Nacional was used.

The analysis indicates that men are the most who have died due to EHE. 1990-1999 decade had most deaths, Hurricane Cesar was the phenomena that affected most in that decade. The years where more people lost their lives were 1988, 1996, 2002, 2007, 2010, 2016 and 2017. Moreover, July, October and November are the months with the highest probability of occurrence of EHE in which more deaths reported. Puntarenas (Corredores, Osa, Golfito and Montes de Oro), San José (Escazú, Pérez Zeledón, San José and Tarrazú) and Limón (Talamanca, Limón, Matina and Pococí) are the provinces and cantons where more people have died due to these extreme events.

**KEYWORDS**: EXTREME HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS, TRIGGERED FLOODS, LANDSLIDES, WATER HEADS, RAIN, MORTALITY.

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónoma. Departamento de Desarrollo. Instituto Meteorológico Nacional. Correo electrónico: kcarvajal@imn.ac.cr.

#### 1. INTRODUCCIÓN

Los eventos hidrometeorológicos extremos (EHE) se consideran como aquellos valores umbrales que desde el punto de vista climatológico producen una situación de emergencia, determinan un área de riesgo y establecen posibles impactos, manifestándose en costos sociales, productivos y económicos. En promedio para Costa Rica, un evento climático extremo, representa un aumento de un 29% o una disminución de un 24% del total de la lluvia anual; la distribución de esta lluvia también se ve alterada. La cantidad de días con lluvia, se pueden reducir o aumentar hasta en tres semanas (IMN, 2008a).

EI IPCC (2007), define a los eventos meteorológicos extremos (EME) como fenómenos raros, que ocurren en determinado lugar y época del año; las definiciones sobre lo que se considera raro pueden variar. Las características de una meteorología extrema varían según los lugares, si el efecto del evento meteorológico extremo persiste en el tiempo, puede clasificarse como evento climático extremo; sin embargo, actualmente los eventos meteorológicos o climáticos extremos están referidos no tanto a su probabilidad de ocurrencia, sino más bien a la magnitud de su impacto (Retana, 2012).

Retana (2012) definió los EHE basado en tres aspectos: el fenómeno de variabilidad climática responsable de la perturbación extrema del elemento meteorológico, la intensidad de esa perturbación y la consecuencia de ese extremo en algún sistema socio productivo. La combinación de estos tres aspectos produce un escenario de evento extremo. No todo fenómeno de variabilidad climática genera un evento extremo, aún si la intensidad del fenómeno es alta, no asegura un impacto definitivo, ya que esto depende del grado de vulnerabilidad del sistema presionado.

De acuerdo con UNISDR (2015), las manifestaciones extensivas del riesgo asociadas con eventos

hidrometeorológicos y climáticos están creciendo progresivamente, en especial, en las cantidades anuales de personas afectadas y de viviendas dañadas por cada 100 mil habitantes, mientras que las cantidades anuales de pérdida de vidas humanas y viviendas destruidas por cada 100 mil habitantes no muestran un aumento considerable, lo cual es contrario a la tendencia mundial, al menos en los datos de mortalidad. Durante el periodo 1990-2013, los eventos hidrometeorológicos asociados con manifestaciones intensivas del riesgo concentraron el 78% de la pérdida de vidas y el 75% de las personas afectadas en América Latina y el Caribe.

Las mayores afectaciones sociales y económicas en Costa Rica se deben a los EHE principalmente asociados a los huracanes del Caribe, los sistemas de bajas presiones y los frentes fríos (Retana, 2012); las depresiones tropicales, las tormentas tropicales, las ondas tropicales y las vaguadas, son fenómenos que también han ocasionado eventos extremos sobre el territorio nacional (IMN, 2008a).

El país presenta importantes condiciones de vulnerabilidad ante los fenómenos atmosféricos debido a su condición geográfica, geológica, geomorfológica y climatológica (Campos y Quesada, 2017). Se debe tener presente que en Costa Rica hay dos regímenes bien definidos de precipitación, el régimen de la Vertiente del Pacífico y el régimen de la Vertiente del Caribe; ambos están caracterizados por una distribución distinta de la estación lluviosa, así como por un distinto horario de la precipitación (Manso et al., 2005).

Un aspecto interesante que se puede tomar en cuenta cuando se habla de eventos extremos en Costa Rica, es la influencia de fenómenos de escala planetaria que modulan el clima regional. Por ejemplo, El Niño-Oscilación Sur (ENOS) puede regular la ocurrencia de otros fenómenos atmosféricos de menor escala, como en el

número de tormentas que se desarrollan en el mar Caribe. Durante la fase cálida de ENOS (El Niño), la cortante vertical del viento aumenta y disminuve el desarrollo de posibles ciclones tropicales, lo que incrementa las precipitaciones por los frentes fríos en la Vertiente Caribe en estos periodos. Durante la fase fría de ENOS (La Niña), el número de ciclones tropicales tienden a aumentar, así como las precipitaciones en la Vertiente del Pacífico dada la alimentación de estos fenómenos atmosféricos (sistemas de baja presión e incluso ciclones tropicales), que al chocar con los sistemas montañosos transversales que cruzan el país favorece la precipitación en las secciones medias de la Vertiente del Pacífico y tienen asociación directa con la incidencia de eventos hidrometeorológicos (Taylor y Alfaro, 2005).

Los EHE provocan en su mayoría inundaciones, deslizamientos y cabezas de agua, lo cual ha generado pérdidas de vidas humanas. A pesar de la tendencia a la baja en las víctimas humanas, los países son susceptibles a pérdidas significativas de vidas debido a los eventos climáticos extremos, como lo demuestran el huracán Katrina, la ola de calor en Europa en 2003 y la ola de calor en Chicago en 1995 (Jáuregui et al., 2020).

Brenes (2016) menciona que en Costa Rica, entre 1985-2015, la mayor cantidad de muertes por eventos extremos ocurrieron por deslizamientos, donde la rapidez con que se movilizan miles de metros cúbicos de material no deja margen para que las personas puedan ponerse a salvo; seguido de las inundaciones, las lluvias y las tempestades, que generaron 103 muertes y, por último, 57 personas fallecieron en medio de una avenida torrencial o cabeza de agua.

De acuerdo con Brenes (2016), durante el periodo 1985-2015 la concentración de eventos dañinos hidrometeorológicos (exceptuando sequía) ha estado en San José, Desamparados y Alajuela, los tres cantones con la mayor cantidad de población por cantón en el país. Puntarenas, Cartago, Golfito, San Carlos, Pérez Zeledón, Pococí, Aserrí, La Unión y Turrialba, reportaron entre 300 y 445 eventos dañinos para el periodo en cuestión; significativamente, cantones como San Mateo, Hojancha, Los Chiles, Dota y Orotina contabilizaron menos de 50 desastres a lo largo del periodo en estudio.

El objetivo de este trabajo fue determinar y analizar la mortalidad ocasionada por los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica, desagregado por género, década, mes, año, provincia y cantón para el período comprendido entre 1980 y el 2017.

#### 2. METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo utilizando la Base de Datos de Eventos Meteorológicos Extremos del Instituto Meteorológico Nacional, la cual fue construida con información de múltiples fuentes, tales como: la base de datos de "Mortalidad y afectados por eventos hidrometeorológicos extremos de 1952-2007" elaborada por Gerardo Ortiz del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), el documento "Histórico de desastres en Costa Rica: febrero 1723 - abril 2017" de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), la base de datos "Mortalidad e impactos humanos derivados de los eventos extremos en el periodo 1980-2017 en Costa Rica" realizado por Gabriela Quirós y Josselyn Villalobos, así como de información de la Comisión Nacional de Emergencias y noticias de periódicos nacionales.

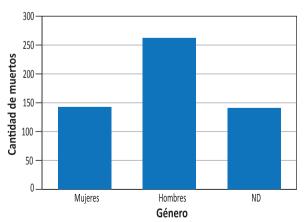
El periodo analizado en este trabajo fue de 1980 a 2017 (37 años). Las muertes analizadas fueron las ocasionadas por EHE, tales como inundaciones, deslizamientos, cabezas de agua y vientos fuertes. El análisis consistió en evaluar la cantidad de personas fallecidas a causa de un EHE por género, década, año, mes, provincia y cantón.

#### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Mortalidad por género

De acuerdo con la figura 1, aproximadamente 546 personas han perdido la vida a causa de algún tipo de EHE, entre 1980 y 2017. Del total de muertos, 262 personas eran hombres, lo que representa un 48% del total de decesos y 143 eran mujeres (26,2%). Cabe destacar, que hay 141 personas (25,8%) que no se pudieron categorizar por su género debido a que los reportes sólo mencionan el total de personas sin hacer la distinción.

Según el PNUD (2010), las mujeres, los niños y las niñas son 14 veces más propensos que los hombres a morir durante un desastre natural; sin embargo, las diferencias de género también aumentan la mortalidad de los hombres en situaciones de desastre. Muchos hombres están expuestos a situaciones de riesgo e incluso mueren, porque creen que no necesitan tomar precauciones por ser el "sexo más fuerte" y también, porque la sociedad espera que realicen acciones heroícas de rescate (Bradshaw, 2004). Jáuregui et al. (2020) indican que en México los hombres mueren más que las mujeres por desastres meteorológicos, por imprudencia al creer que no necesitan tomar



**Figura 1.** Cantidad de personas fallecidas por eventos hidrometeorológicos extremos (EHE) en Costa Rica, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

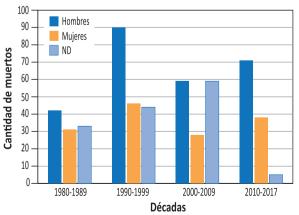
precauciones, ya que son más propensos a asumir riesgos sin evaluar la gravedad de la situación a la que se enfrentan como golpes de frío o calor extremo.

#### 3.2. Mortalidad por década

En cuanto a la mortalidad diferenciada por período de tiempo y sexo, en la figura 2 se presenta el monitoreo a partir de períodos de 10 años.

La mayor cantidad de muertes ocasionadas por EHE se sitúan en la década de 1990-1999 (figura 2), durante estos años murieron cerca de 180 personas; entre los EHE que hubo en este periodo están los huracanes César y Mitch, los cuales afectaron indirectamente el territorio nacional; además, se presentaron las tormentas tropicales Gert, Lilly y Marco (IMN, 2013).

Entre el 2000 y el 2009 hubo 146 muertes por EHE, durante estos años las tormentas Alma y Hanna fueron las que provocaron la mayoría de los eventos. En la década 2010-2017, los EHE que ocurrieron y provocaron decesos en el país fueron las tormentas tropicales Tomás, Otto y Nate, un total de 114 personas perdieron la vida durante este periodo (IMN, 2013).



**Figura 2.** Cantidad de personas muertas por década según género, ocasionadas por EHE en Costa Rica, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

La década de 1980 a 1989, fue la que tuvo menor cantidad de pérdidas de vidas humanas a causa de un EHE (106 personas); el huracán Joan, en el año 1988, fue el fenómeno que causó el mayor impacto sobre el territorio costarricense.

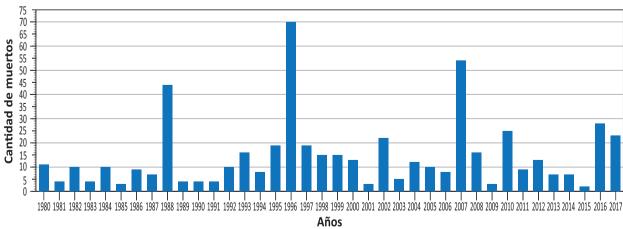
#### 3.3. Mortalidad por año

En la figura 3 se grafica la cantidad de muertos por EHE por año, en Costa Rica, se destacan siete años donde la cantidad de muertos es mayor o igual a 20 personas, los cuales fueron 1988, 1996, 2002, 2007, 2010, 2016 y 2017.

En 1988, en enero se reportaron 10 decesos debido a los fuertes vientos ocasionados por un empuje polar (IMN, 1988a). En setiembre el país se vio afectado por un temporal producto del huracán Gilbert, el cual afectó la Vertiente Pacífica causando inundaciones en Guanacaste y Parrita (IMN, 1988b), este dejó cerca de seis personas sin vida. El huracán Joan en el mes de octubre, ocasionó la muerte de alrededor de 23 personas, en su etapa madura Joan llegó a alcanzar el grado de huracán categoría 4 (de acuerdo con la escala internacional de Saffir/Simpson), cuando impactó directamente a Nicaragua (IMN, 1996c).

El huracán César ocurrido en julio de 1996, fue el responsable de provocar 35 decesos por EHE en el país; el mayor impacto en cuanto a cantidades de lluvia se produjo en el Pacífico Central y Sur, del total de lluvia acumulada en el país el 41 % ocurrió en el Pacífico Central, el 17% en el Pacífico Sur, el 20% en el Valle Central y Guanacaste, y el 22% restante en la Zona Norte y la Vertiente del Caribe (IMN, 1996c). Este huracán fue catalogado como huracán categoría 1 (escala internacional de Saffir/Simpson); sin embargo, su impacto en el país fue mayor al producido por el huracán Joan (categoría 4). Tanto Joan como César causaron las máximas cantidades de lluvia en la Región Pacífico Central, pero el temporal con César fue mucho más intenso, ya que cayó una mayor cantidad de Iluvia en un menor tiempo (IMN, 1996c).

Cabe destacar, que a lo largo del año 1996 se presentaron otros temporales que provocaron deslizamientos e inundaciones y ocasionaron la muerte de varias personas. En febrero hubo dos temporales intensos que afectaron el Caribe durante la primera quincena del mes, el primero se registró del 1º al 6 de febrero y el segundo del 12 al 14, el segundo temporal fue el que tuvo mayor impacto sobre la región (IMN, 1996a). En junio se registró un fuerte temporal en la segunda quincena, que afectó a varios cantones de Puntarenas (IMN, 1996b). En octubre el temporal



**Figura 3.** Cantidad de personas fallecidas por año ocasionadas por EHE en Costa Rica, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

ocasionado por el huracán Lili ocasionó daños en el país, este temporal duró cinco días (del 11 al 15 de octubre), la zona más afectada fue la provincia de Guanacaste y el Pacífico Central (IMN, 1996d).

A finales de agosto del 2002, se presentó un exceso de lluvias en el Valle de Orosi, que tuvo como consecuencia una avalancha de lodo, por el derrumbe de una ladera, en el caserío de Alto Loaiza la madrugada del día 29; el resultado final fue la destrucción de 13 casas de habitación y seis personas muertas (IMN, 2002a).

Entre el 21 de noviembre y el 1º de diciembre del 2002, hubo dos temporales muy severos en la provincia de Limón, los cuales provocaron inundaciones y deslizamientos en toda la zona. Otras provincias también se vieron afectadas, como Cartago (Paraíso, Turrialba, Oreamuno, Alvarado y Jiménez), Heredia (Sarapiquí y San Isidro) y en Alajuela (San Carlos) (IMN, 2002b).

El mes de octubre de 2007, fue en el que hubo más personas fallecidas como consecuencia de EHE, se presentaron varias anomalías atmosféricas que lo hicieron uno de los meses más lluviosos, con fuertes temporales en el Pacífico Norte y en el Pacífico Central y grandes cantidades de lluvia acumulada en el Valle Central. Según el IMN (2007b), se conjugaron varios factores atmosféricos que favorecieron una persistente e intensa actividad Iluviosa, tanto en el Pacífico como en el Valle Central, entre ellos: a) la presión atmosférica estuvo muy por debajo de sus valores promedio, por lo que los vientos del oeste fueron persistentes, aumentando la humedad atmosférica sobre el país; b) el dipolo de temperaturas, por un lado el océano Pacífico frío debido al fenómeno La Niña y por el otro, el Mar Caribe cálido; c) un sistema de baja presión sobre Belice y la tormenta tropical Noel, generaron condiciones de temporal sobre el país; d) la oscilación de Madden-Julian (MJO, por sus siglas en inglés), en su fase divergente predominó durante la mayor parte del mes.

En noviembre de 2010, se presentaron condiciones en extremo lluviosas a nivel nacional, particularmente en el Pacífico Central, Pacífico Sur y el Valle Central, la condición fue generada por la influencia indirecta del huracán Tomas junto con la interacción de la Zona de Convergencia Intertropical; esto ocasionó pérdidas millonarias en la infraestructura vial, la vivienda y el sector agrícola del país; además, pérdidas humanas por el deslizamiento del cerro Pico Blanco en San Antonio de Escazú, ocasionando la muerte de 24 personas. Se registraron también tres empujes polares que ingresaron a Centroamérica, todos aumentaron la presión atmosférica en la región y por lo tanto la intensidad de los vientos (IMN, 2010).

En julio del 2016, las ondas tropicales fueron los únicos sistemas atmosféricos que ocasionaron lluvias intensas, sobre el país pasaron 12 ondas tropicales, con un promedio de una cada tres días. La interacción entre el paso de las ondas sobre el país, junto con la configuración atmosférica y la fase de la Oscilación Maden-Julian (MJO), ocasionó que las precipitaciones fueran muy abundantes de forma puntual (IMN, 2016a).

Costa Rica se vio afectada por el huracán Otto en noviembre del 2016, el cual fue el primer huracán en la historia documentada con impacto directo en el país, a su paso generó aguaceros torrenciales y vientos intensos en la región Caribe Norte, Zona Norte y en el sector norte de Guanacaste. Éste se vio favorecido por la presencia del empuje frío número cinco, que lo encauzó sobre el territorio continental nicaragüense y costarricense, causando daños de diversa índole, además de la pérdida de 17 vidas humanas (IMN, 2016b).

En la primera semana de octubre del 2017 se formó la tormenta tropical Nate, la cual posteriormente se intensificó a huracán el siete de octubre en el golfo de México. Sin embargo, antes de llegar a ser tormenta tropical, siendo todavía depresión tropical (la número 16 de la temporada de huracanes), dejó abundantes precipitaciones

en el país, ocasionando un fuerte temporal a lo largo de la Vertiente del Pacífico y el Valle Central. Los daños ocasionados por este fenómeno, lo convierten en uno de los más dañinos que se han registrado en Costa Rica en la última década, 16 personas perdieron la vida debido a los efectos de este EHE (IMN, 2017).

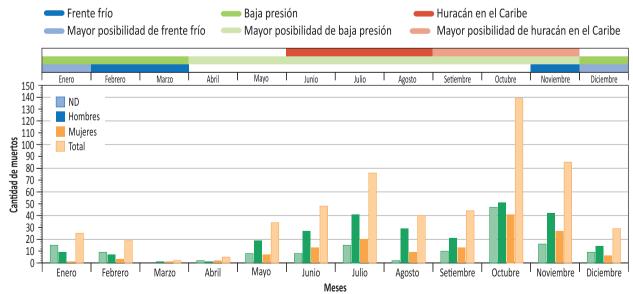
#### 3.4. Mortalidad mensual

En la figura 4 se puede observar el total de personas fallecidas por mes, ocasionadas por efectos de EHE, durante el periodo 1980-2017. Se incluyó en el gráfico una representación de los meses en los que ocurren los frentes fríos, las bajas presiones y los huracanes tropicales del Caribe, se destacó el periodo de mayor probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos eventos.

Retana (2012) señala que los frentes fríos se presentan entre noviembre y marzo, pero tienen mayor probabilidad de aparición en los meses de diciembre y enero. Los sistemas de bajas presiones se distribuyen más uniformemente a lo largo del año, pudiendo presentarse desde enero hasta diciembre, siendo entre abril y noviembre el período de mayor probabilidad de aparición. Los huracanes tropicales del Caribe se concentran entre junio y noviembre, pero es entre setiembre y noviembre cuando la probabilidad de su influencia es mayor (figura 4).

De acuerdo con el IMN (2008a), los frentes fríos aportan más del 14% de la lluvia anual en Costa Rica, los sistemas de baja presión pueden contribuir en más de un 12% a la lluvia anual y los efectos indirectos de huracanes colaboran en promedio con un 9% a la lluvia por año.

Se destaca además, que existe una relación entre la cantidad de decesos y los meses de mayor probabilidad de aparición de EHE. Los meses que tienen la mayor cantidad de personas muertas son julio, octubre y noviembre, meses en los que el país ha experimentado los EHE que han ocasionado mayores daños: julio de 1996 huracán César, octubre de 1988 huracán Joan, octubre del 2017 huracán Nate y en noviembre del 2016 huracán Otto.



**Figura 4.** Cantidad de personas fallecidas por mes debido a EHE en Costa Rica y meses de mayor probabilidad de frentes fríos, bajas presiones y huracanes tropicales del Caribe, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

#### 3.5. Mortalidad por provincia

En la figura 5, se puede observar que Puntarenas es la provincia en la que se ha reportado la mayor cantidad de muertos, seguido por San José, Limón, Cartago, Alajuela, Guanacaste y Heredia.

El IMN (2008a) y Retana (2012) mencionan que los frentes fríos afectan principalmente el Valle Oriental de la Región Central, la Zona Norte y la Región Caribe. Los sistemas de baja presión tienen su impacto principalmente en el Pacífico Norte, Pacífico Central, el Valle Occidental de la Región Central y en el Caribe. Los efectos indirectos de huracanes en el Caribe afectan todo el país (excepto el Caribe), aunque la mayor afectación ocurre en el Pacífico Norte y en el Pacífico Central. Los sistemas ciclónicos que se producen en el Caribe (desde bajas presiones, tormentas y huracanes tropicales), normalmente impactan sobre el litoral pacífico de Costa Rica. En las figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se detalla el efecto de cada fenómeno por provincia.

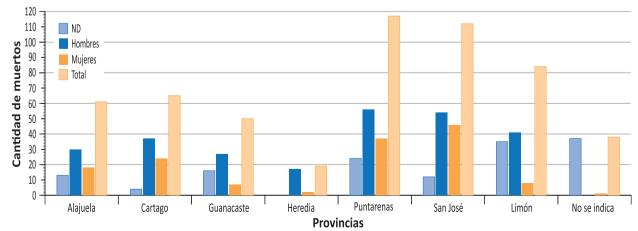
De acuerdo con lo anterior, las provincias de Puntarenas, San José y Guanacaste, se ven afectadas por sistemas de baja presión, efecto de los huracanes y sistemas ciclónicos. En las provincias de Limón y Cartago, los fenómenos que han ocasionado mayor cantidad de lluvia son los frentes fríos, las bajas presiones y los sistemas ciclónicos. La provincia de Alajuela se ve afectada por frentes fríos, bajas presiones, sistemas ciclónicos y huracanes. Heredia es la provincia que se ha visto menos impactada por EHE, el efecto de los huracanes y sistemas ciclónicos son los que han provocado aumento en las lluvias.

### 3.6. Mortalidad cantonal y mensual por provincia

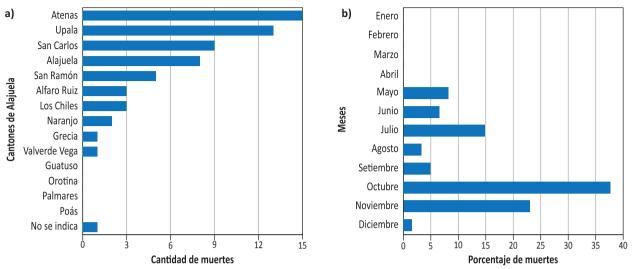
#### 3.6.1 Alajuela

Del total de personas fallecidas a causa de los efectos de un EHE, en la provincia de Alajuela, un 37,7% perdieron la vida en octubre, 23% en noviembre, 14,8% en julio y un 8,2% en mayo. Los frentes fríos, las bajas presiones y los sistemas ciclónicos son los fenómenos que más ha afectado a esta provincia. Los cantones que se han visto más impactados son Atenas, Upala, San Carlos y Alajuela (ver figura 6 a y b).

El 11 de octubre del 2007, murieron 14 personas en el caserío de Fátima en Atenas, debido a un deslizamiento, producto de la saturación de los



**Figura 5**. Cantidad de personas muertas por provincia debido a EHE en Costa Rica, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).



**Figura 6**. Cantidad de personas muertas en la provincia de Alajuela por cantón (a) y por mes (b) debido a EHE, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

suelos por constantes lluvias y a un muro de contención que colapsó debido a malos trabajos (La Nación, 2007).

En Upala, la mayor pérdida de vidas humanas se dio por los efectos del huracán Otto; en noviembre del 2016. Las condiciones de noviembre fueron muy lluviosas en todo el país, especialmente en la Vertiente del Pacífico y la región de Guatuso, Los Chiles y Upala, debido al efecto mutuo del calentamiento en el mar Caribe y el desarrollo de La Niña, ambos también estuvieron muy relacionados con el desarrollo del huracán Otto, que afectó fuertemente al país a partir del 24 de noviembre (IMN, 2016b).

Upala ha sido uno de los cantones más afectados por EHE, las características topográficas y geológicas propias del cantón, hacen que algunos sitios sean vulnerables a la inestabilidad de suelos, principalmente aquellos donde se han hecho cortes de caminos a tajos. Durante el huracán Otto, en la pared del lado este del volcán Miravalles, en el cerro al pie del macizo, se produjo un deslave que bajó por una quebrada unos dos kilómetros hasta provocar un represamiento cerca de dos

viviendas en calle Pichardo, en Bijagua de Upala (CNE, s.f.g; IMN, 2016b).

El cantón de Upala posee una red fluvial bien definida, que está compuesta principalmente por los ríos: Zapote, Chimurria, Pizote, Caño Negro y Guacalito. Con el huracán Otto, en el Miravalles, se formó una cabeza de agua, la cual bajó por el río Zapote, que se desbordó provocando graves impactos en diversos lugares (CNE, s.f.g.; IMN, 2016b).

El cantón de San Ramón específicamente el distrito de San Lorenzo, se vio afectado en julio del 2007 por una cabeza de agua que provocó la muerte de cinco personas; en la Zona Norte, las precipitaciones tendieron a igualar o sobrepasar los valores promedio; las estaciones meteorológicas en Ciudad Quesada y en Santa Clara arrojaron valores que corresponden a escenarios muy lluviosos (IMN, 2007a).

Tanto en San Carlos como en Alajuela, se han presentado diferentes eventos meteorológicos en distintos años, pero no provocaron muertes a gran escala como en los demás cantones; la mayoría de estos eventos fueron lluvias intensas que ocasionaron inundaciones.

#### 3.6.2 *Cartago*

Turrialba, La Unión, Alvarado, Paraíso, Oreamuno y Jiménez son los cantones donde se ha reportado mayor cantidad de muertes ocasionadas por EHE (figura 7a). Sus características topográficas y geológicas hacen que sean especialmente vulnerables a deslizamientos, tal como se ha manifestado en períodos de intensas lluvias, los sectores más vulnerables son aquellos ubicados hacia los valles de los ríos, que es donde la pendiente es mayor; además, se debe llamar la atención de aquellos lugares, donde se han practicado cortes en el suelo (para caminos y viviendas) y rellenos más compactos (CNE, s.f. a, b, c, d, f).

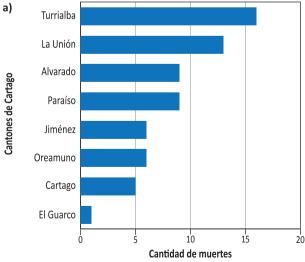
Como se observa en la figura 7b, en la provincia de Cartago, se han presentado muertos por EHE en la mayoría de los meses del año, solamente en marzo y abril no se han reportado decesos; los meses en los que se han presentado mayor cantidad de muertes son noviembre (20%), diciembre (16,9%), setiembre (15,4%) y julio (10,8%).

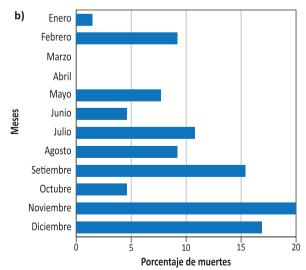
En diciembre de 1993 se presentaron condiciones lluviosas en la Vertiente del Caribe (IMN, 1993),

las cuales provocaron inundaciones en Turrialba, cuatro personas perdieron la vida debido a éstas. En febrero de 1996 el cantón se vio afectado por un temporal en el Caribe, se rompieron récords de lluvia de 24 horas, hubo inundaciones y deslizamientos, los cuales cobraron la vida de seis personas (IMN, 1996a). En junio del 2006 hubo una onda tropical, que provocó lluvias fuertes las cuales ocasionaron una cabeza de agua en La Suiza, cuatro personas murieron debido a esto (IMN, 2006).

En el caso de La Unión, las zonas de mayor riesgo por posibles deslizamientos de tierra se ubican en los asentamientos más pobres y de más alto riego (Cordero, 2003). El cantón de Alvarado posee una red fluvial muy dispersa y baja, la misma cuenta con varios ríos y quebradas que se pueden considerar el punto focal de las amenazas hidrometeorológicas del cantón, las zonas o barrios que han sido afectados con alguna recurrencia, con alto riesgo por las inundaciones, y flujos de los ríos y quebradas antes mencionadas son Pacayas y Capellades (CNE, s.f.a).

En setiembre de 1995, las presiones atmosféricas estuvieron relativamente altas hacia principios





**Figura 7.** Cantidad de personas muertas en la provincia de Cartago por cantón (a) y por mes (b) debido a EHE, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

y mediados de mes. No obstante, tres vórtices ciclónicos de baja intensidad produjeron un incremento significativo de las precipitaciones en el occidente del país. El segundo de los tres vórtices se desarrolló entre el 11 y el 15 de setiembre, como consecuencia del acercamiento del huracán Luis al Mar Caribe, las lluvias asociadas afectaron a un 80% del país, debido a los deslizamientos en la zona murieron cuatro personas (IMN, 1995a).

Del 15 al 21 de diciembre de 1995, se desarrollaron aguaceros poco usuales en esta época del año, principalmente sobre el extremo sur de la Vertiente del Pacífico, así como en la porción oeste del Valle Central, éstos fueron provocados por un alejamiento del sistema de alta presión hacia el Océano Atlántico, la activación de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) sobre el extremo este del Océano Pacífico y la disipación del frente frío en el Mar Caribe. Debido a deslizamientos en San Ramón ocasionados por estas lluvias murieron cuatro personas (IMN, 1995b).

Hacia el sur del volcán Irazú, ubicado en el cantón de Oreamuno, donde se localiza la población de este cantón, se han reconocido deslizamientos de diversa magnitud. En el norte de este volcán, si bien la pendiente es mucho mayor, lo despoblado de la zona, favorece que no hallan personas amenazadas directamente; sin embargo, se mantiene la posibilidad que haya deslizamientos en las partes altas de las cuencas (CNE, s.f.c).

En el cantón de Paraíso, se identifican una serie de deslizamientos que han impactado varias comunidades y que provocaron daños en viviendas, puentes, acueductos, postes de electricidad y caminos, así como, pérdidas de vidas humanas (CNE, s.f.d). En el 2002 se presentó un deslizamiento en Cachí, causado por lluvias intensas, que ocasionó la muerte de seis personas (Vallejos et al., 2012; La Nación, 2002).

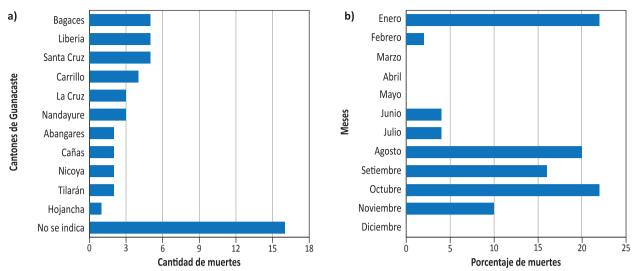
En el cantón de Jiménez, los distritos de Pejibaye y Juan Viñas son los que se han visto afectados por inundaciones, deslizamientos y cabezas de agua; estos problemas son ocasionados por la ocupación de las planicies de inundación de los ríos con asentamientos formales e informales, la deforestación de las cuencas altas y medias, y la falta de programas de uso sostenible de recursos naturales (CNE, s.f.b).

#### 3.6.3 Guanacaste

En la figura 8a se muestra que Bagaces, Carrillo, La Cruz, Liberia y Santa Cruz, son los cantones donde se han reportado más muertes por EHE. Debido a falta de información en las fuentes consultadas, existe un gran número de muertos en Guanacaste que no se pudo asociar con algún cantón. Por tal motivo se describen solamente los cantones que tienen información. Muchas de estas muertes fueron ocasionadas por inundaciones.

En el cantón de Bagaces, la mayoría de las muertes se reportaron durante el huracán Otto en el 2016, murieron cuatro personas debido a flujos de lodo y detritos en los ríos Tenorio y Blanco, y en la parte norte-noroeste del volcán Miravalles, Negro, Frijoles y Guacalito (Brenes, 2017; IMN, 2016b).

Retana et al. (2017) mencionan, que la zona media norte de Liberia es la más vulnerable a EHE; los distritos más afectados son Cañas Dulces, Curubandé y Mayorga. Además, se menciona que los daños no solo se dan por el desbordamiento de cauces, sino también por el impacto directo de lluvias fuertes sobre la infraestructura, obras y salud pública. En agosto del 2016, tres personas perdieron la vida debido a una cabeza de agua en Curubandé, en los primeros días de agosto, la tormenta tropical Earl (quinto ciclón tropical de la temporada 2016) se formó en las aguas del Mar Caribe, ésta se originó de la onda tropical No. 22 (según conteo llevado por DMSA-IMN) que ingresó a la cuenca la madrugada del 31 de julio.



**Figura 8.** Cantidad de personas muertas en la provincia de Guanacaste por cantón (a) y por mes (b) debido a EHE, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

El dos de agosto fue declarado tormenta tropical, para el tres de agosto por la tarde se declaró huracán categoría 1, y durante los días tres y cuatro de agosto estuvo modulando el tiempo en Costa Rica. La ubicación de Earl frente a las costas de Honduras, produjo un mayor de aporte de humedad desde el Océano Pacífico al territorio nacional desde tempranas horas del día; esto, junto con el calentamiento matutino producto de la poca nubosidad ocasionó precipitaciones convectivas (IMN, 2016a).

En el cantón de Santa Cruz, han ocurrido decesos en diferentes años a causa de EHE, muchos se han dado por inundaciones; sin embargo, se reportaron tres personas que perdieron la vida a causa de un rayo que los impactó, dos personas en el 2011 y una en el 2016 (IMN, 2019).

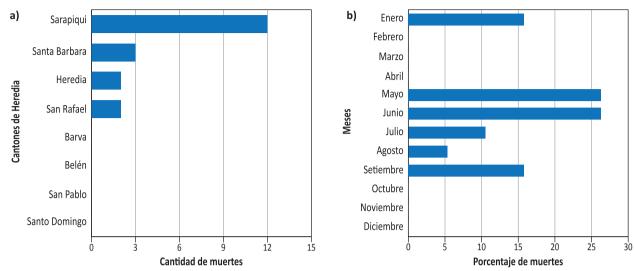
En Guanacaste, los meses en los que se perdieron más vidas humanas a causa de un EHE fueron enero (22%), agosto (20%), setiembre (16%), octubre (22%) y noviembre (10%) (figura 8b). Durante enero los vientos fuertes afectan esta provincia, de acuerdo con el registro utilizado para este estudio el vendaval que ocasionó mayor cantidad de muertos ocurrió en el año

1988, en el cual murieron nueve personas; en el Boletín Meteorológico de enero (IMN, 1988a) se señala que se presentaron tres empujes polares que afectaron el país los días 5, 11 y 28, y el último empuje polar generó vientos muy fuertes en el Valle Central y Guanacaste.

La frecuencia de inundaciones en el Pacífico Norte se puede presentar de mayo a noviembre, siendo éstas más frecuentes a partir de agosto; octubre concentra la mayor incidencia de inundaciones. Los temporales generadores de inundaciones pueden durar de tres a cuatro días como promedio general y 10 días como casos extremos. En estos períodos se acumulan entre 100 a 300 mm de lluvia como promedio. Durante algunos temporales se han llegado a registrar desde 400 hasta 700 mm. En los periodos de temporal, el pico máximo de lluvia está entre los 250 a 380 mm (IMN, 2008a).

#### 3.6.4 Heredia

Heredia es una de las provincias donde menos muertes por EHE se han presentado, los meses de mayor afectación han sido mayo con un



**Figura 9.** Cantidad de personas muertas en la provincia de Heredia por cantón (a) y por mes (b) debido a EHE, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

26,3% del total de decesos, junio (26,3%), enero (15,8%), setiembre (15,8%) y julio (10,5%) (figura 9b); Campos y Quesada (2017) mencionan que esta provincia junto con Guanacaste son los lugares donde se han reportado menos fallecidos por eventos hidrometeorológicos, en el periodo 2000-2015.

El cantón de Sarapiquí por su topografía es el más afectado por EHE (figura 9a), los problemas asociados a la inestabilidad de las laderas son escasos; sin embargo, se deben tomar en cuenta los efectos que genera la erosión en los márgenes de los principales ríos, lo cual genera el colapso de porciones de suelo. Se debe destacar que en los poblados ubicados al extremo suroeste del cantón, donde la pendiente del terreno es mayor, la vulnerabilidad aumenta (CNE, s.f.e).

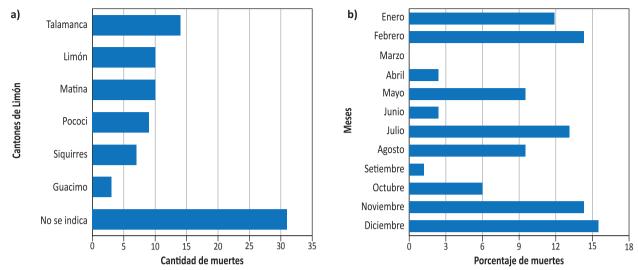
En enero de 1998, tres personas murieron debido a deslizamientos en la zona; en mayo y junio de 1999, seis personas perdieron la vida en Horquetas de Sarapiquí debido a deslizamientos en la zona y a cabezas de agua, en ambos meses se presentaron ondas tropicales que aportaron lluvias en el Caribe (IMN, 1998; IMN, 1999ab).

#### 3.6.5 Limón

Talamanca es el cantón donde han fallecido más personas a causa de EHE (figura 10a); la frecuencia de las precipitaciones, la presencia de una densa red fluvial y las extensas llanuras al pie de elevadas cordilleras crean las condiciones adecuadas para eventos como inundaciones, deslizamientos, así como avalanchas de agua y lodo, las cuales se presentan con mayor frecuencia en las áreas circundantes a los valles y llanuras del territorio (IMN, 2008a; Robinson et al., 2013).

Los datos muestran gran cantidad de personas fallecidas en la provincia, a las que no fue posible ubicar su procedencia geográfica por falta de información, la mayoría de estas muertes fueron ocasionadas por temporales en diciembre de 1980, febrero de 1996, agosto de 1997 y enero del 2005.

Diciembre es el mes en el que se han presentado más muertes por EHE en Limón, representa un 15,5% del total de muertos, pero también se han reportado decesos en febrero (14,3%), noviembre (14,3%), julio (13,1%), enero (11,9%), mayo (9,5%) y agosto (9,5%) (ver figura 10b). Por



**Figura 10.** Cantidad de personas muertas en la provincia de Limón por cantón (a) y por mes (b) debido a EHE, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

sus condiciones climáticas, la región Caribe es la zona de mayor frecuencia de inundaciones en Costa Rica, la precipitación fluctúa entre 2 000 y más de 8 000 mm al año y está presente durante todo el año, por lo que se pueden presentar inundaciones en cualquier momento. La influencia de las lluvias estacionales y los frentes fríos, son los condicionantes de que en julio y diciembre se presenten las máximas precipitaciones (IMN, 2008a; IMN, 2008b).

#### 3.6.6 Puntarenas

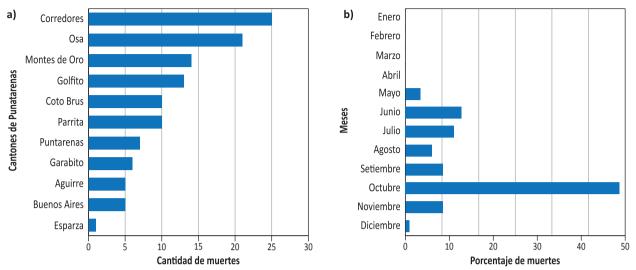
Los cantones de la provincia de Puntarenas en los que han habido más muertes por EHE, están ubicados en el Pacífico Sur, estos son: Osa, Corredores, Coto Brus, Montes de Oro, Golfito, Garabito, Buenos Aires y Puntarenas (figura 11a); muchas de las muertes ocurridas en estos cantones fueron debido al efecto de los huracanes Joan, César, Mitch y Tomas.

El riesgo de que se produzcan inundaciones es real, con consecuencias como destrucción de caminos, puentes, viviendas, escuelas y otras obras de infraestructura similares, como lo demostró la

tormenta tropical Alma, que en 2008 produjo cuantiosos daños de ese tipo en diversas regiones de Costa Rica, especialmente del Pacífico. Para el cantón de Puntarenas un claro riesgo derivado de causas hidrometeorológicas es el eventual desbordamiento del Río Barranca, que pondría en peligro el dique que protege a la población del distrito homónimo, en el cual habitan cerca de cuarenta mil personas (Arias, 2008).

La CNE (s.f.) y Arias (2008), reportan que la inestabilidad de suelos representa para el cantón de Puntarenas una amenaza, en especial en las partes altas de las cuencas de los ríos Ario, Pánica, San Rafael, Guarial y Grande, y en áreas hacia el norte de la ciudad de Puntarenas, donde se localizan los poblados de Monte Verde, Guacimal, San Rafael, Cabuyal, Bajo Los Chanchos, Arancibia, Las Lagunas y Bajo Caliente. En estos lugares, la saturación del suelo por el efecto combinado de las lluvias, ciertos tipos de suelo y condiciones topográficas podrían producir deslizamientos.

De acuerdo con la figura 11b, el mes en que más personas han perdido la vida es octubre (48,7%); pero también de mayo a diciembre se han reportado muertes debido a EHE, esto



**Figura 11.** Cantidad de personas muertas en la provincia de Puntarenas por cantón (a) y por mes (b) debido a EHE, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

coincide con la presencia de estos eventos en la provincia, los cuales pueden presentarse a partir de mayo y con mayor frecuencia desde setiembre hasta noviembre. El mes de octubre es el que concentra la mayor frecuencia de casos, en agosto se produce una disminución que se puede asociar con el veranillo y como se muestra en la figura 11b hay una disminución en las muertes ocurridas en este mes (IMN, 2008a).

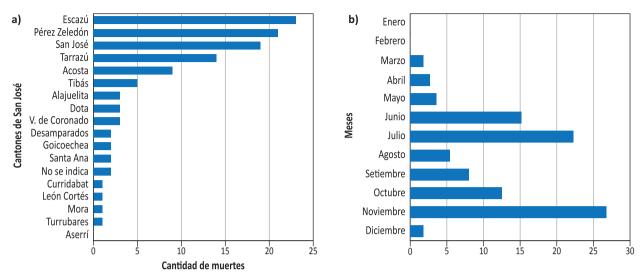
#### 3.6.7 San José

En Costa Rica, los cantones con el mayor reporte de impactos están en el Valle Central y son colindantes (San José y Desamparados), además son de los cantones más poblados (Pérez et al., 2016). En la provincia de San José se registran gran cantidad de personas fallecidas por EHE en los meses de junio, julio, octubre y noviembre (figura 12b). Noviembre se destaca como uno de los meses con más muertes (26,8% del total de decesos), este comportamiento se explica con el gráfico de muertes por cantón en el que aparece Escazú (figura 12a), ya que en noviembre del 2010 en este cantón hubo un deslizamiento en Calle Lajas, donde alrededor de 20 personas

murieron sepultadas por una avalancha, situación provocada por los efectos de la tormenta tropical Tomas (La Nación, 2010; BBC, 2010).

De acuerdo con el INDER (2016), debido topografía quebrada que presenta mayoritariamente el territorio de Pérez Zeledón y la ubicación de los centros de población a la orilla de los ríos y quebradas, los principales desastres ocurridos en ese cantón han sido por causa de inundaciones, provocadas por huracanes y lluvias prolongadas (temporales). En las cuencas de Pérez Zeledón predominan las formas alargadas o rectangularmente alargadas, éstas presentan mayores caudales pico para un área similar, debido a que por lo general tienen un cruce menor, de forma que la escorrentía se va acumulando a lo largo del cauce principal. Esto afecta el riesgo por inundación en las zonas bajas de la cuenca. El paso del huracán Joan dejó cuatro personas sin vida, mientras que el Huracán César provocó 11 decesos, aunque también las tormentas tropicales Gert, Lilly y Hanna y los huracanes Mitch y Gustav ocasionaron impactos en la zona.

En el cantón de Tarrazú (figura 12a), se perdieron alrededor de 14 vidas humanas, el 25 de julio



**Figura 12.** Cantidad de personas muertas en la provincia de San José por cantón (a) y por mes (b) debido a EHE, periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

de 1996, debido a un deslizamiento que sepultó varias viviendas en San Marcos (La Nación, 1996). En junio de 1992, se presentó un patrón irregular en cuanto a la distribución espacial de las lluvias, en San José la precipitación total fue de un 50% más de lo normal lo que ocasionó deslizamientos en varios distritos de San José, Escazú, Tibás y Curridabat (IMN, 1992).

En el cantón de San José, se han dado varios eventos que han cobrado la vida de personas como se muestra en la figura 12a; la ocupación de las planicies de inundación, el desarrollo urbano en forma desordenada y sin ninguna planificación, así como la disposición de desechos sólidos en los cauces de los ríos, han reducido la capacidad de la sección hidráulica, lo que provoca el desbordamiento de ríos y quebradas, situación que se ha generado por los serios problemas de viviendas cercanas a los ríos, en el cantón de San José. Las zonas o barrios más afectados por las inundaciones de los ríos y quebradas antes mencionadas son Barrio Escalante, Barrio Dent, Uruca, Zapote, San Francisco, Sabana Sur y Paso Ancho (CNE, s.f. i).

Uno de los eventos más trágicos se presentó en 1992, cuando un derrumbe en el Barrio Corazón de Jesús cayó sobre tres casas cobrando la vida de siete personas, el cual ocurrió debido a lluvias intensas (CNE, s.f.h; La Nación, 1999; IMN, 1992).

#### 4. CONCLUSIONES

Aunque una parte de la población fallecida que no pudo ser identificada por género, se puede concluir con los datos obtenidos de la base que la mayoría de los decesos por EHE en Costa Rica han sido hombres.

La década de 1990-1999 fue la que presentó mayor cantidad de muertos debido a EHE, los eventos que ocasionaron estas muertes fueron los huracanes César y Mitch, pero también afectaron las tormentas tropicales Gert, Lilly y Marco.

Los huracanes Joan, César, Tomas, Otto y Nate, así como las tormentas tropicales Gert, Lilly y Hanna, son los EHE que han ocasionado la mayor cantidad de personas fallecidas debido a los deslizamientos, cabezas de agua e inundaciones.

Los meses en los que se ha observado mayor cantidad de decesos son octubre, noviembre, julio, junio y setiembre, lo cual coincide con la mayor probabilidad de huracanes y bajas presiones.

Las provincias donde se han reportado más muertes por EHE son Puntarenas, San José y Limón. En Puntarenas, los cantones más afectados fueron Corredores, Osa, Golfito y Montes de Oro; Escazú, Pérez Zeledón, San José y Tarrazú, son los cantones de San José que más decesos han presentado. En Limón, la mayoría de las personas que perdieron la vida no pudieron ser identificadas por cantón. Los cantones con mayor reporte de muertes por los efectos de EHE son Talamanca, Limón y Matina.

Heredia es la provincia con menos decesos por EHE, donde el cantón más afectado ha sido Sarapiquí.

Se recomienda hacer la evaluación de las muertes por EHE tomando en cuenta la población estimada por año, provincia y cantón, para realizar una mejor comparación.

#### 5. REFERENCIAS

- Arias, L. (2008). Vulnerabilidad en el Cantón de Puntarenas, Costa Rica. Inter Sedes 8: 11-25.
- BBC. (2010). Costa Rica: más de 20 muertos a causa de Tomás. BBC. Recuperado de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/11/101104\_2121\_costa\_rica\_derrumbe\_ao
- Bradshaw, S. (2004). Socio-economic impacts of natural disasters: a gender analysis.

  Naciones Unidas-CEPAL. Recuperado de https://www.cepal.org/mujer/reuniones/conferencia\_regional/manual.pdf
- Brenes, A. (2016). Gestión de riesgo y vulnerabilidad en Costa Rica. Estado de la Nación. Recuperado de: http://repositorio.conare.ac.cr:8080/rest/bitstreams/0dc0f066-b433-4dc0-a4e9-3fe12bc2697d/retrieve

- Brenes, A. (2017). Informe sobre el Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible: Gestión del riesgo en Costa Rica e impactos del huracán Otto. CONARE. Recuperado de http://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/1078/1033.%20 Gestión%20del%20riesgo%20en%20 Costa%20Rica%20e%20impactos%20 del%20huracán%20Otto\_\_Estado%20 de%20la%20Nación\_Capítulo%20 Armonía%20con%20la%20Naturaleza. pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Campos, D. y Quesada, A. (2017). Impacto de los eventos hidrometeorológicos en Costa Rica, periodo 2000-2015. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro (30) p. 440-465.
- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f.). Mapas de Amenazas: Amenazas de origen natural cantón de Puntarenas. CNE. Recuperado de https://www.cne.go.cr/reduccion\_riesgo/mapas\_amenzas/mapas\_de\_amaneza/puntarenas/Puntarenas%20-%20 descripcion%20de%20amenazas.pdf
- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f.a). Mapas de Amenazas: Amenazas de origen natural cantón de Alvarado. CNE. Recuperado de https://www.cne.go.cr/reduccion\_riesgo/mapas\_amenzas/mapas\_de\_amaneza/cartago/Alvarado%20-%20descripcion%20 de%20amenazas.pdf
- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f.b). Mapas de Amenazas: Amenazas de origen natural cantón de Jiménez. CNE. Recuperado de https://www.cne.go.cr/reduccion\_riesgo/mapas\_amenzas/mapas\_de\_amaneza/cartago/Jimenez%20-%20descripcion%20 de%20amenazas.pdf
- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f.c). Mapas de Amenazas: Amenazas de origen natural cantón de Oreamuno. CNE. Recuperado de https://www.cne.go.cr/reduccion\_riesgo/mapas\_amenzas/mapas\_de\_amaneza/cartago/Oreamuno%20-%20 descripcion%20de%20amenazas.pdf

- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f.d). Mapas de Amenazas: Amenazas de origen natural cantón de Paraíso. CNE. Recuperado de https://www.cne.go.cr/reduccion\_riesgo/mapas\_amenzas/mapas\_de\_amaneza/cartago/Paraiso%20-%20descripcion%20 de%20amenazas.pdf
- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f.e). Mapas de Amenazas: Amenazas de origen natural cantón de Sarapiquí. CNE. Recuperado de https://www.cne.go.cr/reduccion\_riesgo/mapas\_amenzas/mapas\_de\_amaneza/heredia/Sarapiqui%20-%20descripcion%20 de%20amenazas.pdf
- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f.f). Mapas de Amenazas: Amenazas de origen natural cantón de Turrialba. CNE. Recuperado de https://www.cne.go.cr/reduccion\_riesgo/mapas\_amenzas/mapas\_de\_amaneza/cartago/Turrialba%20-%20descripcion%20 de%20amenazas.pdf
- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f.g). Mapas de Amenazas: Amenazas de origen natural cantón de Upala. CNE. Recuperado de https://www.cne.go.cr/reduccion\_riesgo/mapas\_amenzas/mapas\_de\_amaneza/alajuela/Upala%20-%20descripcion%20de%20amenazas.pdf
- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f.h).

  Deslizamientos, Inundaciones y Sismos.

  Comisión Nacional de Prevención de
  Riesgos y Atención de Emergencias. CNE.

  Recuperado de https://www.cne.go.cr/
  reduccion\_riesgo/informacion\_educativa/
  recomentaciones\_consejos/documentos/
  Folleto\_Deslizamientos.pdf
- Comisión Nacional de Emergencias. (s.f. i). Mapas de Amenazas: Amenazas de origen natural cantón de San José. CNE. Recuperado de https://www.cne.go.cr/reduccion\_riesgo/mapas\_amenzas/mapas\_de\_amaneza/san\_jose/San%20Jose%20%20-%20 descripcion%20de%20amenazas.pdf
- Cordero, C. (2003). Contrastan riesgos por deslizamientos potenciales. *El Financiero*.

- Recuperado de http://wvw.elfinancierocr. com/ef\_archivo/2003/julio/20/ tecnologia2.html
- Instituto de Desarrollo Rural. (2016).

  Caracterización del Territorio Pérez Zeledón.
  Instituto de Desarrollo Rural: Dirección
  Región Brunca Oficina Subregional San
  Isidro. Recuperado de https://www.inder.
  go.cr/perez-zeledon/Caracterizacionterritorio-Perez-Zeledon.pdf
- Instituto Meteorológico Nacional. (2019). Base de Datos de Eventos Meteorológicos Extremos.

  Departamento de Desarrollo / Unidad de Informática. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1988a). *Boletín meteorológico mensual enero*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1988b). *Boletín meteorológico mensual setiembre-octubre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1992). Boletín meteorológico mensual junio. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1993). Boletín meteorológico mensual diciembre. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1995a). *Boletín meteorológico mensual setiembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1995b). *Boletín meteorológico mensual diciembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1996a). *Boletín meteorológico mensual febrero*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1996b). *Boletín meteorológico mensual junio*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1996c). *Boletín meteorológico mensual julio*. IMN. San José, Costa Rica.

- Instituto Meteorológico Nacional. (1996d). *Boletín meteorológico mensual octubre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1998). *Boletín Meteorológico Mensual enero*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1999a). *Boletín Meteorológico Mensual mayo*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1999b). *Boletín Meteorológico Mensual junio*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2002a). *Boletín meteorológico mensual agosto*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2002b). *Boletín meteorológico mensual noviembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2007a). *Boletín meteorológico mensual julio*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2007b). *Boletín meteorológico mensual octubre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008a). Segunda Comunicación sobre Cambio Climático en Costa Rica: El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica. Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH). San José, Costa Rica. 75p.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008b). *Atlas Climático Interactivo*. IMN. San José, Costa Rica
- Instituto Meteorológico Nacional. (2006). *Boletín meteorológico mensual junio*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2010). *Boletín meteorológico mensual noviembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2013). Los huracanes y sus efectos en Costa Rica. IMN. San José, Costa Rica.

- Instituto Meteorológico Nacional. (2016a). *Boletín meteorológico mensual julio*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2016b). *Boletín meteorológico mensual noviembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2017). *Boletín meteorológico mensual octubre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Jáuregui, J.A.; Ávila, M.J. y Tovar, R. (2020). Cambios en la Mortalidad por Eventos Climáticos Extremos en México entre el 2000 y 2015. Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER, 4(1), pp.80-94. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/339314027\_Cambios\_en\_la\_Mortalidad\_por\_Eventos\_Climaticos\_Extremos\_en\_Mexico\_entre\_el\_2000\_y\_2015/link/5e4af51f299bf1cdb933a79e/download
- La Nación. (1996). César sembró tragedia y caos. *La Nación*. Recuperado de https://www.nacion.com/archivo/cesar-sembro-tragedia-y-caos/QKTK2VBIKNALZMNOCWNF6O6GFQ/story/
- La Nación. (1999). Prevención, un paso adelante. La Nación. Recuperado de http://wvw.nacion.com/In\_ee/1999/setiembre/12/pais1.html
- La Nación. (2002). Desastre: Pánico y destrucción tras avalancha en Orosi. *La Nación*. Recuperado de https://www.nacion.com/el-pais/desastre-panico-y-destruccion-tras-avalancha-en-orosi/IWBHJABMZ5FC5PGUM4ETS-OY5BY/story/.
- La Nación. (2007). Recuperadas las 14 víctimas del deslizamiento en Atenas. La Nación. Recuperado de http://wvw.nacion.com/ln\_ ee/2007/octubre/14/sucesos1277471.html.
- La Nación. (2010). Aludes y lluvias dejan 21 muertos y 19 desaparecidos. La Nación. Recuperado de ttps://www.nacion.com/sucesos/aludes-y-lluvias-dejan-21-muertos-y-19-desaparecidos/EBOVNFOHUR-DX7E4P3L5GMBCWPA/story/

- Manso, P.; Stolz, W. y Fallas, J.C. (2005). El régimen de precipitación en Costa Rica. *Ambientico* (144). p. 7-8.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2007). Base de las ciencias físicas Resumen para responsables de políticas. Resumen técnico. Preguntas frecuentes. Contribución del grupo de trabajo 1 al Cuarto Informe de Evaluación. OMM. IPCC. UNNEP. 153 p.
- Pérez, P.; Alfaro, E.; Hidalgo, H.y Jiménez, F. (2016).
  Distribución espacial de impactos de eventos hidrometeorológicos en América Central. Revista de Climatología. 16: 63 -75. Recuperado de http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/74079/Distribución%20espacial%20de%20impactos%20de%20eventos%20hidrometeorológicos%20en%20América%20Central.pdf?sequence=1
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2010). *Género y Desastres. PNUD*. Recuperado de www.undp.org
- Retana, J. (2012). Eventos hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio de clima. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos* 11(1):52-64.
- Retana, J.; Calvo, M.; Sanabria, N.; Córdoba, J.; Calderón, K. y Cordero, K. (2017). *Análisis*

- de riesgo ante eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica. Casos de Estudio: Liberia, Carrillo, Matina y Talamanca. Apoyo al Programa Nacional de Cambio Climático en Costa Rica, Mejora de la Capacidad de Mitigación y Adaptación de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica.
- Robinson, M. y Ramírez, R. (2013). Diagnóstico base para determinar las características generales de la población y su entorno, de la zona afectada por el corredor fronterizo con Panamá, a marzo de 2013. Dirección de Vivienda y Asentamientos Urbanos, MIVAH. San José, Costa Rica.
- Taylor, M. y E. Alfaro E. (2005). *Climate of Central America and the Caribbean*. Encyclopedia of World Climatology 2005: 183-189.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). *Impacto de los desastres en América Latina y el Caribe 1990-2013*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. Recuperado de https://eird.org/americas/docs/impacto-de-los-desastres-en-america-latina-y-el-caribe-1990-2013.pdf
- Vallejos, S.; Esquivel, L. y Hidalgo, M. (2012). Histórico de desastres en Costa Rica (febrero 1723 - setiembre 2012). Comisión Nacional de Emergencias (CNE). San José, Costa Rica.

### Análisis de afectados por eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica, en el periodo 1980-2017

#### GLADYS IIMÉNEZ VALVERDE1

#### Resumen

En Costa Rica la mayor cantidad de muertos y afectados por desastres naturales están asociados a eventos hidrometeorológicos extremos (EHE), por lo que la presente investigación tiene como objetivo analizar a nivel de país, provincia y cantón, así como por década, año y mes, los datos estadísticos de la cantidad de personas afectadas, que estén asociados a estos eventos, producidos por la influencia directa o indirecta de algún fenómeno meteorológico extremo, en el período 1980-2017.

Para la elaboración de este artículo se tomaron los datos contenidos en bases del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y como información complementaria para su análisis, se utilizaron los Boletines Meteorológicos del IMN, así como documentos de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) y otras fuentes científicas y noticiosas. Se pudo evidenciar que, en el período de estudio el país ha sido afectado por una gran cantidad de fenómenos meteorológicos, tales como vaguadas, frentes fríos, huracanes y ondas tropicales, entre otros, los que a su vez han sido los responsables de provocar eventos que producen impactos tanto a personas como a poblaciones del país, en distintos meses y años.

PALABRAS CLAVE: FENÓMENOS METEOROLÓGICOS, EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS, AFECTADOS, HURACANES, TORMENTA TROPICAL.

#### Summary

In Costa Rica, the greatest number of people dead and affected by natural disasters is associated with extreme hydrometeorological events (EHE). This research aims to analyze at the country, province and canton levels, as well as by decade, year and month, the statistical data of people affected by these events, which were the result of direct or indirect influence of some extreme weather phenomenon, in the period 1980-2017.

To prepare this article, the databases of the National Meteorological Institute (IMN, for its acronym in Spanish) were used, as well as some information from the Meteorological Newsletter of the IMN, the National Commission for Risk Prevention and Emergency Management (CNE, for its acronym in Spanish) and other scientific and news sources. It was evident that, during the study period, the country was affected by a large number of meteorological phenomena, such as troughs, cold fronts, hurricanes and tropical waves, among others, which in turn have been responsible for causing events that impact both people and populations of the country, in different months and years.

**KEYWORDS**: METEOROLOGICAL PHENOMENA, EXTREME HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS, AFFECTED, HURRICANES, TROPICAL STORM.

#### 1. INTRODUCCIÓN

El clima es la expresión final de un conjunto de elementos atmosféricos, que varían su magnitud desde valores centrales hasta extremos. Las oscilaciones de estos elementos a lo largo del tiempo han contribuido a modelar paisajes a través de su acción erosiva, de arrastre y sedimentación. Además, han dado soporte a ecosistemas complejos, donde las interrelaciones

<sup>1</sup> Doctora en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Departamento de Desarrollo. Instituto Meteorológico Nacional. Correo electrónico: gjimenez@imn.ac.cr.

de sus miembros han sido construidas a lo largo de cientos de años de coexistencia bajo rangos climáticos específicos. También han definido el curso de las actividades productivas del ser humano, condicionando patrones sociales y culturales, e impregnando un aire particular a cada región del planeta (Retana, 2012).

En el planeta Tierra, el clima fluctúa a lo largo de estaciones, decenios y siglos, en respuesta a variables tanto naturales como humanas. La variabilidad natural del clima en distintas escalas temporales obedece a los ciclos y las tendencias de la órbita de la Tierra, la radiación solar incidente, la composición química de la atmósfera, la circulación de los océanos y la biosfera, entre otras causas (OMM, 2013).

Además, el clima varía, evoluciona y cambia, transformando la vida que de él depende. Estas variaciones del clima sostenidas en el tiempo hacen migrar especies, fortaleciendo y extinguiendo otras, siendo un modulador de vida. Una de las características de este clima oscilante que influye en los sistemas, son los eventos extremos (EE), definidos como fenómenos raros que ocurren en determinado lugar y época del año, con bajas frecuencias de aparición de acuerdo con su curva de distribución estadística (Retana, 2012).

La naturaleza y la gravedad de los impactos debidos a fenómenos climáticos extremos (FCE), no dependen solo de los propios fenómenos sino también de la exposición y la vulnerabilidad. Los FCE, la exposición y la vulnerabilidad están influenciados por una amplia gama de factores, incluidos el cambio climático antropógeno, la variabilidad natural del clima y el desarrollo socioeconómico.

El IPCC (2012), define como eventos meteorológicos extremos (EME) aquellos sucesos meteorológicos que son raros o poco frecuentes, según su distribución estadística para un lugar

determinado. Según esta definición, por "raro" debe entenderse todo episodio que se encuentre por encima del percentil 90 o por debajo del 10 en la función de probabilidad observada.

No obstante, Retana (2012) menciona que en la actualidad los EE están referidos principalmente por la magnitud de su impacto y no por la frecuencia con que aparecen. Además, indica este autor que no todos los fenómenos meteorológicos de variabilidad climática causan eventos extremos, ya que estos deben ser entendidos desde tres dimensiones: el fenómeno de variabilidad climática que representa, su intensidad y sus consecuencias. De esta forma, no todos los fenómenos meteorológicos de variabilidad climática producen un evento extremo, por ejemplo, un frente frío solo puede generar un aumento en la velocidad de los vientos y la baja de la temperatura, pero la precipitación que se le asocie no causa mayores impactos. Asimismo, un evento de El Niño no siempre trae como consecuencia una sequía, y el paso de un huracán cerca de nuestras costas, no siempre causa una inundación.

Por otra parte, incluso fenómenos meteorológicos de moderada intensidad pueden desencadenar desastres en un sistema altamente vulnerable. Por tanto, fenómeno, magnitud y consecuencia hacen en su conjunto, un evento extremo. En este sentido, los eventos hidrometeorológicos extremos (EHE) son aquellos que involucran alguna forma de precipitación y están relacionados con sus valores umbrales o extremos, tanto el déficit como el superávit (Retana, 2012). Este tipo de eventos tienen la capacidad de ocasionar efectos negativos, tanto en la dimensión ambiental, económica y social.

Según Retana (2012), los eventos extremos pueden estar referidos a cualquier elemento del clima, desde la precipitación hasta la temperatura o el viento. Los eventos hidrometeorológicos extremos están referidos solo a aquellos que

involucran alguna forma de precipitación (líquida o sólida) y relacionados con sus valores umbrales o extremos, tanto el déficit como el superávit. Los eventos hidrometeorológicos extremos que producen un exceso de lluvia en Costa Rica pueden ser producto de frentes fríos, tormentas locales o efectos indirectos de sistemas ciclónicos, entre otros. Sus consecuencias van desde inundaciones hasta erosiones edáficas y estructurales por arrastre o fricción de agua.

En Costa Rica las mayores afectaciones sociales y económicas se deben a eventos hidrometeorológicos extremos, principalmente los asociados a los huracanes del Caribe, los sistemas de bajas presiones y los frentes fríos (Retana, 2012). Los huracanes Joan en 1988, César en 1996, Mitch en 1998, Otto en 2016, y las tormentas tropicales Alma en el 2008, Tomás en el 2010 y Nate en 2017, causaron pérdidas de vidas humanas, gran cantidad de afectados y muchos daños a la infraestructura nacional.

Vale la pena mencionar en este punto, que los huracanes que tienen algún impacto sobre Costa Rica son los que se forman en la Cuenca del Atlántico, específicamente en el Mar Caribe, siendo por lo general las provincias de Guanacaste, Puntarenas y San José, las más afectadas. Por otra parte, desde el punto de vista técnico un huracán produce dos tipos de efectos: el efecto directo que es cuando una región específica es afectada por vientos, lluvia y marejada, y el efecto indirecto que incluye únicamente uno o dos de los efectos anteriores (IMN, s.f.).

Dado que el fin de este estudio fue determinar los afectados por EHE, en el período de estudio 1980-2017, se hace necesario definir el concepto de afectado, el cual se refiere a las personas que han sido perjudicas por los impactos producidos por un evento hidrometeorológico extremo; incluye tanto las personas damnificadas, es decir, aquellas que sufrieron algún daño grave directamente asociado al evento en sus bienes

y/o servicios individuales o colectivos, como a las personas evacuadas y aquellas que sufrieron daños indirectos o secundarios asociados a un desastre.

#### 2. METODOLOGÍA

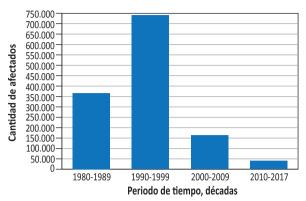
La información utilizada en la elaboración de esta investigación fue tomada de las siguientes fuentes: la base de datos de Eventos meteorológicos extremos (IMN, 2019), la base de datos sobre Mortalidad e impactos humanos derivados de los eventos extremos en el país, en el período 1980-2017 (Quirós y Villalobos, 2018), y la base de datos Eventos hidrometeorológicos extremos y sus impactos en Costa Rica. 1954-2007 (Ortiz; 2007). Además, se complementó con la información del documento Histórico de Desastres en Costa Rica: febrero 1723 - abril 2017 (Vallejos, Esquivel e Hidalgo, 2017), así como otras fuentes científicas y noticiosas.

Se realiza un análisis descriptivo de la cantidad de personas afectadas por EHE, en Costa Rica, en el periodo comprendido entre 1980 y 2017. Los resultados obtenidos se muestran por décadas, años, meses, provincias y cantones, del país. Además, se hace un análisis de los diez años con más afectados y los cantones afectados en estos años.

#### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados generales

En este apartado se presentan los afectados por eventos hidrometeorológicos extremos en el período de estudio comprendido entre los años 1980 y 2017. Se encontró que en ese período se contabilizaron en total 1.311.024 personas afectadas como producto de dichos eventos, los cuales son el resultado de fenómenos meteorológicos extremos.



**Figura 1.** Cantidad de afectados por décadas en el país, en el periodo 1980-2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

En figura 1 se muestra la cantidad de afectados por décadas, encontrándose que la década de 1990-1999 fue la que presentó la mayor cantidad de afectados, con un total de 740.637 individuos. Los principales eventos que se dieron en esa década fueron el huracán César en el año 1996, que mantuvo incomunicada la zona Sur del país y el Pacífico Central; y el huracán Mitch en 1998, que afectó todo el territorio nacional en especial la vertiente del Pacífico (Vallejos, Esquivel y Hidalgo, 2017).

En la figura 2, se presentan los resultados por año, siendo 1988 y 1996 los que presentaron la mayor cantidad de personas afectadas. Se determinó que en el año 1988, fueron dos huracanes Joan y Gilbert

los que provocaron gran cantidad de afectados en el país, alcanzando un total 355.377. De los dos fenómenos meteorológicos mencionados, el que mayor reporte de afectados tuvo fue Joan y estos se ubicaron en los cantones de Corredores y Limón, mientras que Gilbert afectó la vertiente Pacífica causando inundaciones en Guanacaste y Parrita (IMN, 1988).

El año 1996 fue el que mayor cantidad de afectados reportó en todo el período cubierto por este estudio, para un total de 622.231. Según las fuentes consultadas la mayoría de los afectados fueron producto de las lluvias provocadas por el huracán César, el cual causó impactos en diez cantones del país, situados en las provincias de Puntarenas y San José, siendo el cantón de Osa uno de los más perjudicados (Madrigal, 1996).

En cuanto a la cantidad de afectados según el mes, en la figura 3 se muestra que para el período contemplado en la investigación, los meses de julio y octubre son los que registran más afectados por EHE, con 592.520 y 423.211 respectivamente. Esto coincide con la temporada de huracanes, la cual inicia el 1° de junio y finaliza el 30 de noviembre de cada año. Al respecto, Campos y Quesada (2017) indican que, dadas las condiciones climáticas de Costa Rica, con una marcada época lluviosa durante abril y noviembre en la Vertiente Pacífica y lluvias continuas a lo

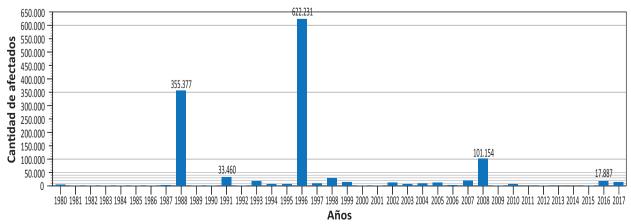


Figura 2. Cantidad de personas afectadas por EHE por año. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

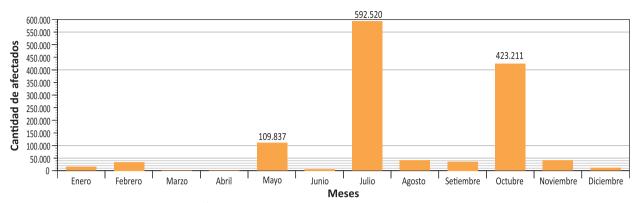


Figura 3. Cantidad de personas afectadas por EHE por mes. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

largo del año en la vertiente Caribe, la incidencia de eventos hidrometeorológicos no es constante todo el año.

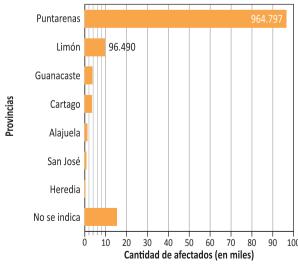
#### 3.2. Afectados por provincia y por cantón

En lo que respecta a las provincias con más afectados por EHE, en la figura 4 se muestra que en este período Puntarenas fue la provincia con mayor cantidad de personas afectadas, para un total de 964.797. Lo anterior coincide con lo planteado por Campos y Quesada (2017), que indican que esto se debe principalmente al

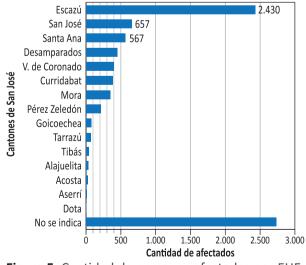
desbordamiento de los ríos asociado a sistemas de baja presión, fuertes lluvias y la influencia de huracanes.

El segundo lugar en afectados fue de 154.181, sin embargo, no se logró determinar a qué provincia del país pertenecen, en tercer lugar se encuentra la provincia de Limón con 96.490 afectados, seguido por Guanacaste (36.261), Cartago (35.057), Alajuela (13.259), San José (8.444) y por último Heredia con 2.535.

La figura 5 muestra que en el período de estudio, los cantones de la provincia de San José con la



**Figura 4.** Cantidad de personas afectadas por EHE por provincia. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).



**Figura 5**. Cantidad de personas afectadas por EHE en los cantones de la provincia de San José. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

mayor cantidad de afectados fueron: Escazú con 2.430 afectados, producto de un derrumbe que arrasó con varias casas en el barrio Lajas de San Antonio de Escazú, como consecuencia de los efectos indirectos de la tormenta tropical Tomás que produjo fuertes lluvias, principalmente en la Gran Área Metropolitana y el Pacífico Central y Sur (La República, 2010). El segundo lugar en afectados lo obtuvo San José con 657, seguido de Santa Ana (567), Desamparados (448), Vásquez de Coronado (400), Curridabat (385), Mora (351) y Pérez Zeledón con 214, entre otros. Se puede observar además, que el mayor número de afectados fue de 2.733, sin embargo, no se pudieron ubicar en ninguno de los cantones.

En la figura 6 se presentan los resultados obtenidos para provincia de Heredia, se encontró que los cantones que mostraron mayor cantidad de afectados por EHE fueron Sarapiquí (1.107), Barva (600), Belén (380) y San Pablo (125). Se encontraron, además, 206 afectados que no pudieron ser ubicados en ninguno de los cantones de esta provincia.

En la provincia de Limón, el cantón que más afectados reporta es Siquirres con 48.097, seguido

Sarapiquí 1.107 Barva 600 Belén 380 Cantones de Heredia San Pablo Santa Barbara Santo Domingo Heredia No se indica 300 450 600 750 900 1.050 1.200

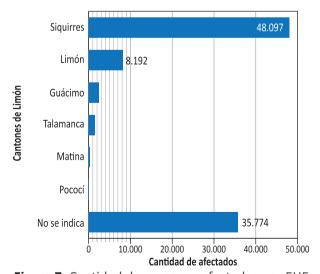
**Figura 6.** Cantidad de personas afectadas por EHE en los cantones de la provincia de Heredia. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

Cantidad de afectados

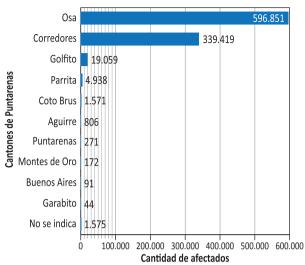
por Limón (8.192), Guácimo (2.500), Talamanca (1.530) y Matina con 331. Se reportaron también 35.774 afectados que no pudieron ser ubicados en ninguno de los cantones de esta provincia, tal y como se muestra en la figura 7.

En este tema Campos y Quesada (2017) indican, que en los cantones que colindan con el mar Caribe las afectaciones por eventos hidrometeorológicos se deben principalmente al desbordamiento de los ríos, asociado a la geomorfología de la zona, la cual se compone de llanuras aluviales extensas que están vinculadas con los ríos Chirripó, Tortuguero, Reventazón, Pacuare, Matina, Madre de Dios, Moín, Banano, Bananito, La Estrella y Sixaola, los cuales nacen en la Cordillera Volcánica Central o la Cordillera de Talamanca.

En lo que respecta a la provincia de Puntarenas, en la figura 8 se muestra que los cantones que reportaron más afectados en el período de estudio fueron: Osa con 596.851, seguido por Corredores (339.419), Golfito (19.059) y Parrita (4.938). Estos afectados fueron producto de varios fenómenos meteorológicos: el huracán Gilbert que en setiembre del año 1988 ocasionó un temporal que afectó la vertiente Pacífica



**Figura 7**. Cantidad de personas afectadas por EHE en los cantones de la provincia de Limón. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).



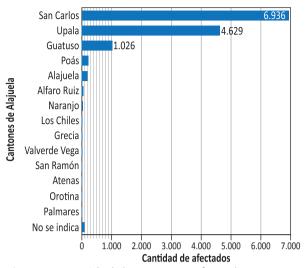
**Figura 8.** Cantidad de personas afectadas por EHE en los cantones de la provincia de Puntarenas. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

causando inundaciones entre otras regiones al cantón de Parrita y el huracán Joan que en el mes de octubre afectó la zona sur, principalmente el cantón de Corredores (IMN, 1988c).

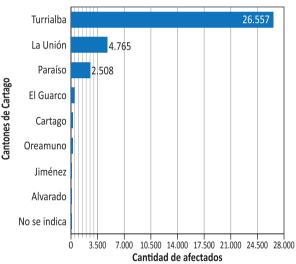
En julio del año 1996 el país fue afectado por un temporal, como consecuencia del huracán César, siendo su mayor impacto en el Pacífico Central y Sur. Algunos de los cantones de la provincia de Puntarenas con mayor afectación fueron Osa, Corredores, Parrita y Aguirre, entre otros (IMN, 1996c).

En la provincia de Alajuela la mayoría de los afectados se ubican en el cantón de San Carlos (6.936), seguido por Upala (4.629), Guatuso (1.026), Poás (206) y Alajuela con 192. En esta provincia también se encontraron 78 afectados que no pudieron ser ubicados en ninguno de los cantones (ver figura 9).

Los resultados obtenidos para los cantones de la provincia de Cartago (figura 10), muestran que Turrialba es el que presenta la mayor cantidad de personas afectadas, con un total de 26.557, seguido por la Unión (4.765), Paraíso (2.508), el Guarco (453), Cartago (260), Jiménez (101)



**Figura 9.** Cantidad de personas afectadas por EHE en los cantones de la provincia de Alajuela. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

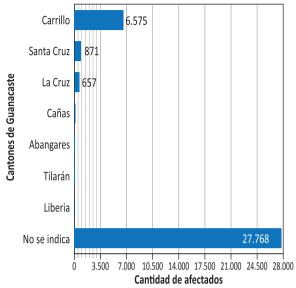


**Figura 10.** Cantidad de personas afectadas por EHE en los cantones de la provincia de Cartago. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

y Alvarado con 89. También se reportan 110 afectados que no pudieron ser ubicados en ninguno de los cantones.

En lo que respecta a los cantones de la provincia de Guanacaste, en la figura 11 se presentan los resultados obtenidos, se encontró un total de 27.768 afectados que no pudieron ser ubicados en ninguno de los cantones. Excluyendo los a) <sub>650.000</sub>

600.000

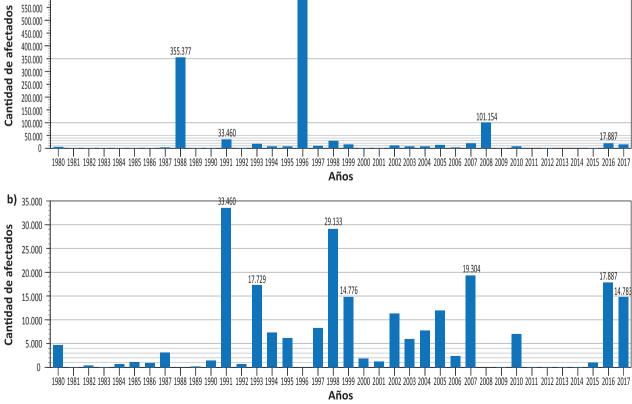


**Figura 11.** Cantidad de personas afectadas por EHE en los cantones de la provincia de Guanacaste. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

anteriores, el cantón de Carrillo fue el que mayor cantidad de los afectados presentó (6.575), seguido por Santa Cruz (871), La Cruz (657), Cañas (131), Tilarán y Abangares con 100 afectados cada uno.

# 3.3. Diez años con mayor cantidad de afectados por EHE, en el periodo de estudio: 1980-2017

Se realizó un análisis de los diez años que presentan el mayor número de afectados en el país, como consecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos. En la figura 12a, se muestra que los años 1988, 1996 y 2008 son los que presentan la mayor cantidad de afectados, con 355.377, 622.231 y 101.564 respectivamente. Al eliminar los tres años que presentan mayor cantidad de afectados, se



622,231

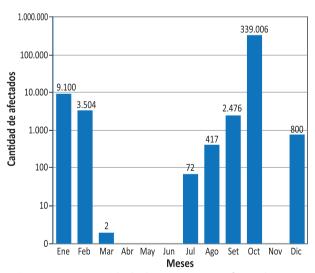
Figura 12. Años con mayor cantidad de personas afectadas por EHE. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

pueden visualizar otros años que destacan entre los diez con más afectados, tal y como se muestra en la figura 12b: 1991 (33.460), 1993 (17.279), 1998 (29.133), 1999 (14.776), 2007 (19.304), 2016 (17.877) y 2017 (14.783).

#### 3.3.1 Eventos hidrometeorológicos extremos año 1988

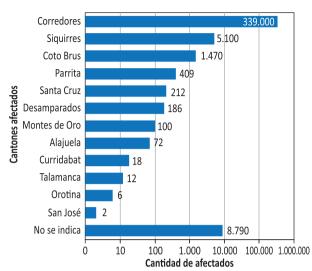
En el año 1988 se registraron un total de 355.377 afectados por EHE, de los cuales la mayoría estuvieron ubicados en el mes de octubre (339.006) como consecuencia del huracán Joan, que impactó la zona Sur del país (ver figura 13).

Además, en enero se reportaron 9.100 afectados como resultado de un sistema de alta presión que arrastró una masa de aire frío que provocó fuertes lluvias en la vertiente Caribe, causando inundaciones en la región de Telire, Estrada, Bribri y Sixaola, entre otros (IMN, 1988a). En febrero se registraron 3.504 afectados, producto de lluvias en el Caribe Central y Sur (IMN, 1988b), mientras que los afectados del mes de setiembre (2.476) fueron consecuencia del efecto indirecto del huracán



**Figura 13.** Cantidad de personas afectadas por mes en el año 1988 por EHE. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

**Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



**Figura 14.** Cantones con mayor cantidad de personas afectadas en 1998 por EHE. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

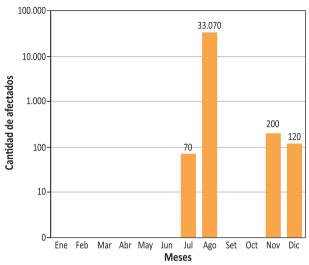
**Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.

Gilbert, que afectó la vertiente Pacífica causando inundaciones en Guanacaste y Parrita (IMN, 1988c). Diciembre presenta 800 afectados, lo que podría ser consecuencia de lluvias intermitentes en el Litoral Caribe producidas por la alta humedad de las masas de aire (IMN, 1988d).

En lo que respecta a los cantones, en la figura 14 se muestran los más afectados, donde destaca Corredores como el cantón con la mayor cantidad de personas afectadas, para un total de 339.000, seguido por Siquirres con 5.100 y Coto Brus con 1.470, entre otros. Se reportan además, 8.790 afectados que no pudieron ser ubicados en ningún un cantón.

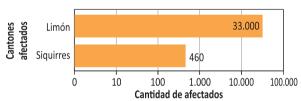
## 3.3.2 Eventos hidrometeorológicos extremos año 1991

Como se muestra en la figura 15, este año se registraron 33.460 personas afectadas por EHE. La mayoría se ubicó en el mes de agosto (33.070), producto de fuertes precipitaciones en las partes altas de la vertiente del Caribe (IMN, 1991b).



**Figura 15.** Cantidad de afectados por EHE por mes en el año 1991. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

**Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



**Figura 16.** Cantones con personas afectadas por EHE en 1991. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

**Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.

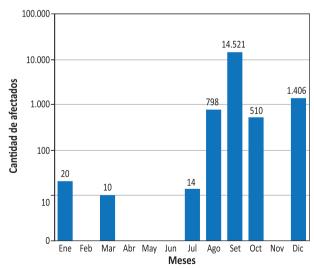
En julio se registraron 70 personas afectadas como consecuencia de una onda tropical, que provocó lluvias intensas en Limón, causando el desbordamiento del río Bananito dejando a Bribri y Sixaola incomunicadas, así como inundaciones en las poblaciones de La Bomba, Bananito Sur, Limoncito, Baku y Colima, (IMN, 1991a). En el mes de noviembre se presentaron 200 afectados, producto de una baja presión que ocasionó fuertes precipitaciones en la vertiente Caribe resultando afectadas las regiones de La Estrella, Matina, Sixaola y Talamanca, entre otras (IMN, 1991c). En el mes de diciembre se contabilizaron

un total de 120 personas afectadas, lo cual podría ser consecuencia de una vaguada sobre la cuenca del Caribe que ocasionó aguaceros en el Valle Central, Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Sur (IMN, 1991d).

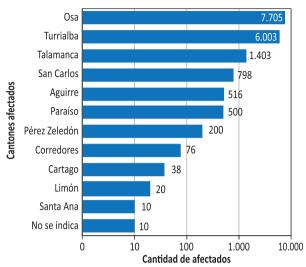
En cuanto a los cantones con mayor cantidad de afectados, Siquirres y Limón son los que registran mayor cantidad, con 33.000 y 460 respectivamente (ver figura 16). Lo anterior, es consecuencia de las intensas precipitaciones que generaron el desbordamiento de los ríos y provocaron inundaciones en dichos cantones (IMN, 1991b).

#### 3.3.3 Eventos hidrometeorológicos extremos año 1993

Para el año 1993 se registraron en total 17.279 afectados por EHE, de los cuales la mayoría (14.521) se ubicaron en el mes de setiembre (ver figura 17), como consecuencia de un temporal provocado por la tormenta tropical Gert. Las regiones más afectadas fueron en la vertiente del Pacífico, principalmente el Pacífico Central



**Figura 17.** Cantidad de afectados por EHE por mes en 1993. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



**Figura 18.** Cantones con afectados por EHE en 1993. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.

y Pacífico Sur (Valle de Coto Colorado) (IMN, 1993b). En el mes de diciembre se contabilizaron 1.406 afectados, producto de un fuerte temporal que se afectó la parte sur de la vertiente Caribe (IMN, 1993c). En agosto, la tormenta tropical Bret provocó precipitaciones intensas principalmente en la parte norte de la provincia de Limón y en toda la Zona Norte del país, que afectaron a 798 personas (IMN, 1993a).

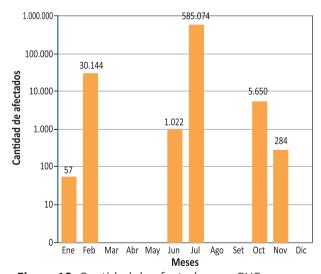
Los cantones que resultaron con mayor cantidad de afectados en este año fueron Osa y Turrialba con 7.705 y 6.003 respectivamente. También se reportan afectados, pero en menor número en los cantones de Talamanca (1.403), San Carlos (798), Aguirre (516), Paraíso (500), Pérez Zeledón (200) y Corredores con 76, entre otros, tal como se muestra en la figura 18.

#### 3.3.4 Eventos hidrometeorológicos extremos año 1996

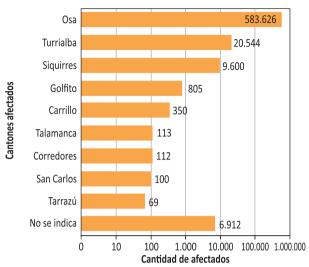
En la figura 19 se presentan los resultados obtenidos para el año 1996, donde 622.231

personas fueron afectadas por EHE. La mayoría (585.074) se presentó en el mes de julio, como consecuencia de un fuerte temporal ocasionado por la influencia del huracán César, el mayor impacto en cuanto a cantidades de lluvia se produjo en el Pacífico Central y Sur (IMN, 1996c). También se reportaron afectados en el mes de febrero (30.144), producto de un frente frío que ocasionó un temporal en la vertiente del Caribe (IMN, 1996a). En el mes de junio 1.022 personas resultaron afectadas por un fuerte temporal en el Pacífico (IMN, 1996b), mientras que en octubre 5.650 fueron afectadas debido al huracán Lili, que produjo un temporal moderado en el Pacífico del país (IMN, 1996d).

En cuanto a los cantones más afectados por EHE, Osa fue el que contó con más personas afectadas, para un total de 583.626, en tanto que Turrialba registró 20.544, Siquirres 9.600, Golfito 805, Carrillo 350, Talamanca 113, Corredores 112, San Carlos 100 y Tarrazú 69. También se obtuvieron 6.912 afectados que no pudieron ser ubicados en ninguno de los cantones, tal y como se muestra en la figura 20.



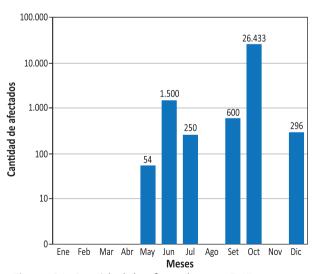
**Figura 19.** Cantidad de afectados por EHE por mes en 1996. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



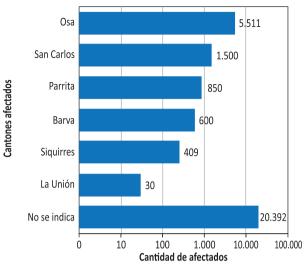
**Figura 20.** Cantones con afectados por EHE en 1996. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.



Este año se registraron un total 29.133 afectados por EHE. En la figura 21 se muestra que la mayoría de los afectados (26.433) se ubicaron en el mes de



**Figura 21**. Cantidad de afectados por EHE por mes, año 1998. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



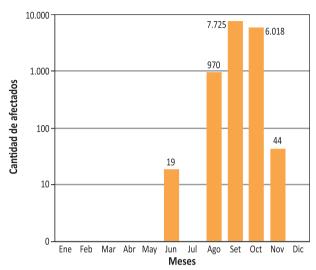
**Figura 22.** Cantones con afectados por EHE, año 1998. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.

octubre, lo que sería consecuencia de los efectos que dejó en nuestro país el huracán Mitch (IMN, 1998). También se presentaron 1.500 afectados en el mes de junio, 250 en julio, 600 en setiembre y 296 en diciembre.

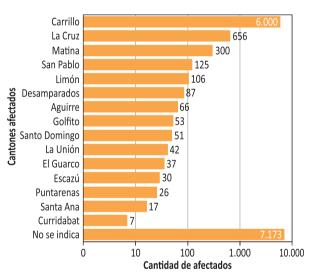
En cuanto a los cantones que reportan la mayor cantidad de personas afectadas por EHE en este año están: Osa con 5.511, San Carlos 1.500, Parrita 850, Barva 600 y Siquirres con 250. No se logró ubicar la mayoría de los afectados (20.392) en ninguno de los cantones, tal y como se muestra en la figura 22.

### 3.3.6 Eventos hidrometeorológicos extremos año 1999

Este año se registraron un total de 14.776 personas afectadas por EHE, de los cuales la mayoría se presentaron en los meses de setiembre y octubre (ver figura 23). En el mes de setiembre se presentaron 7.725 afectados, como consecuencia de dos temporales producidos por la influencia indirecta de los huracanes Floyd y Gert, así como



**Figura 23.** Cantidad de afectados por EHE por mes en 1999. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



**Figura 24.** Cantones con personas afectadas por EHE en 1999. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.

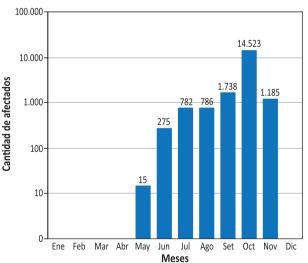
la tormenta tropical Harvey, los cuales afectaron la Península de Nicoya, Guanacaste, Valle Central, y el Pacífico Central y Sur (IMN, 1999b). Agosto reporta 970 afectados, que podrían deberse a Ondas Tropicales y al movimiento de la Zona de Confluencia Intertropical que ocasionaron el

aumento en las Iluvias de la Vertiente del Pacífico y del Valle Central (IMN, 1999a). En octubre se reportaron 6.018 afectados, como consecuencia de una alta presión en el mar Caribe, la cual produjo un temporal que provocó inundaciones en comunidades de Siquirres, Matina y Estrada (IMN, 1999c).

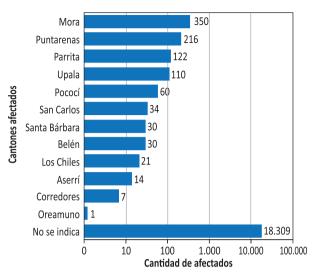
En la figura 24 se muestran los afectados por cantón, de los cuales 6.000 pertenecen a Carrillo, 656 a La Cruz, 300 a Matina, 125 a San Pablo y 106 a Limón, entre otros. Como se puede observar la mayoría 7.173, no pudieron ser ubicados en ningún cantón específico.

#### 3.3.7 Eventos hidrometeorológicos extremos año 2007

En el año 2007 se presentaron 19.304 personas afectadas por EHE, de las cuales la mayoría (14.523) se concentró en el mes de octubre, producto entre otras causas de un sistema de baja presión y la tormenta tropical Noel, que generaron fuertes temporales en el Pacífico Norte y en el Pacífico Central, y grandes cantidades



**Figura 25**. Cantidad de afectados por EHE por mes en 2007. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



**Figura 26.** Cantones con personas afectadas por EHE en 2007. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

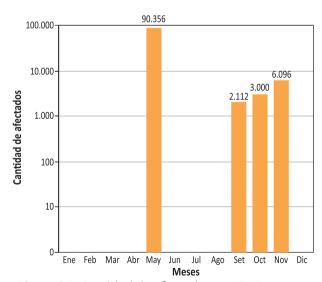
**Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.

de Iluvia acumulada en el Valle Central (IMN, 2007b). Setiembre mostró 1.738 afectados, debido una intensa actividad Iluviosa ocasionada por la presencia sobre el país de la Zona de Convergencia Intertropical y el paso de una onda tropical que afectó el Valle Central. En la Zona Norte, Ciudad Quesada y San Carlos, también se presentaron aguaceros de muy fuerte intensidad ocasionado inundaciones (IMN, 2007a). Para el mes de noviembre el total de afectados fue de 1.185, debido a un temporal causado por dos frentes fríos en el mar Caribe que causaron condiciones Iluviosas tanto en la Región Caribe como en la Zona Norte (IMN, 2007c) (ver figura 25).

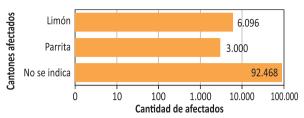
En lo que se refiere a los afectados por cantón, en la figura 26 se puede observar que la mayoría (18.309), no pudo ser ubicado en ningún cantón específico, mientras que 350 se registraron en Mora, 216 en Puntarenas, 122 en Parrita y 110 en Upala.

#### 3.3.8 Eventos hidrometeorológicos extremos año 2008

En la figura 27 se presentan los afectados por EHE en el año 2008. Se reportaron 101.544 afectados. de estos la mayoría (90.356) se ubicaron en el mes de mayo, como consecuencia de la tormenta tropical Alma que causó una severa afectación en la vertiente del Pacífico (IMN, 2008a). En el mes de noviembre se reportaron 6.096 afectados, como resultado de un fuerte temporal en la Zona Norte y la vertiente del Caribe, ocasionado por cuatro fenómenos atmosféricos: dos empujes fríos, un frente frío y una baja presión (IMN, 2008d). En octubre se presentaron 3.000 afectados por efecto de una baja presión atmosférica, una depresión tropical y un empuje frío, que causaron dos temporales en el Pacífico y abundantes lluvias en el Valle Central y la Zona Norte (IMN, 2008c). Por su parte setiembre presentó 2.112 afectados, debido a la influencia indirecta de dos huracanes, Hanna e Ike, que generaron un fuerte temporal en Guanacaste (Hanna) y diversas granizadas en el Valle Central (Ike) (IMN, 2008b).



**Figura 27.** Cantidad de afectados por EHE por mes en 2008. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



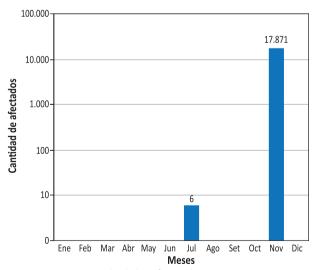
**Figura 28.** Cantones con personas afectados por EHE en 2008. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

**Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.

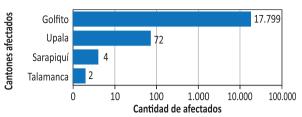
En cuanto a los afectados por cantón se refiere, en la figura 28 se muestra que la mayoría de los afectados (92.468) no pudieron ser ubicados en ningún cantón específico, mientras que Limón y Parrita son los que reportan más afectados con 6.096 y 3.000 respectivamente.

### 3.3.9 Eventos hidrometeorológicos extremos año 2016

En el año 2016 se contabilizaron en el país 17.877 afectados producto de EHE, en su gran mayoría como consecuencia de los efectos del



**Figura 29.** Cantidad de afectados por EHE por mes en 2016. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



**Figura 30.** Cantones con personas afectadas por EHE en 2016. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

**Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.

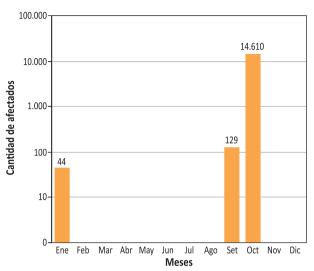
huracán Otto (17.871) y se ubicaron en el mes de noviembre, tal como se puede observar en la figura 29. Este es el primer huracán en la historia documentada que impactó de manera directa al país, generando a su paso aguaceros torrenciales y vientos intensos en la región Caribe Norte y Zona Norte, así como en el sector norte de Guanacaste (IMN, 2016).

En cuanto a los afectados según el cantón, en la figura 30 se puede observar que la mayoría se ubicaron en Golfito (17.799), mientras que 72 pertenecen al cantón de Upala, lo que podría atribuirse a los efectos producidos por el huracán Otto.

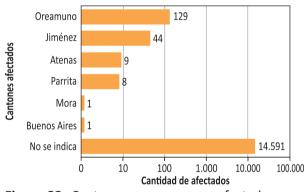
## 3.3.10 Eventos hidrometeorológicos extremos año 2017

En la figura 31 se presentan los afectados según el mes en el 2017. En este año, el total de personas afectadas por EHE fue de 14.783, de los cuales la mayoría se ubicaron en el mes de octubre (14.610), como consecuencia de la tormenta tropical Nate que dejó abundantes precipitaciones en el país, ocasionando un fuerte temporal a lo largo de la vertiente del Pacífico y el Valle Central (IMN, 2017).

Entre los cantones que contabilizaron afectados en este año están: Oreamuno (129), Jiménez (44),



**Figura 31.** Cantidad de afectados por EHE por mes en 2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019). **Nota:** El eje vertical (Y) está representado en escala logarítmica base 10.



**Figura 32.** Cantones con personas afectadas por EHE en 2017. Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2019).

**Nota:** El eje horizontal (X) está representado en escala logarítmica base 10.

Atenas (9), Parrita (8), Buenos Aires y Mora que reportan 1 afectado cada uno. La mayoría de los afectados no pudieron ser ubicados en un cantón específico (14.591), tal y como se muestra en la figura 32.

#### 4. CONCLUSIONES

Se determinó mediante esta investigación, que la década que mayor cantidad de afectados por EHE mostró fue la comprendida entre 1990 y 1999. En esta década también se presentó el año con la mayor cantidad de afectados, que fue 1996 con 622.231, esto como consecuencia de los impactos producidos por el huracán César, que fue el fenómeno meteorológico que causó mayores pérdidas en Costa Rica.

En cuanto a los meses con más afectados por EHE, en el período contemplado en la investigación, los resultados muestran que julio y octubre fueron los que registran más afectados con 592.520 y 423.211 respectivamente; lo que coincide con la temporada de huracanes, que inicia el 1° de junio y finaliza el 30 de noviembre de cada año.

En lo que respecta a las provincias con más personas afectadas por EHE, se encontró que Puntarenas fue la que mostró la mayor cantidad de afectados en el período de estudio, con 964.797 en total. El segundo lugar en afectados fue de 154.181, sin embargo, no se logró determinar a qué provincia del país pertenecen; por lo que se evidencia la necesidad de mejorar los registros en este tema por parte de las instituciones responsables.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se constató que para el período 1980-2017 los cantones que más afectados presentaron por eventos hidrometeorológicos extremos fueron: Osa y Corredores con 596.851 y 339.419 respectivamente, ambos pertenecientes a la provincia de Puntarenas. Además del cantón de Siquirres con 48.097 (provincia de Limón) y Turrialba con 26.557 (provincia de Cartago).

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Campos, D. y Quesada, A. (2017). Impacto de los eventos hidrometeorológicos en Costa Rica, periodo 2000-2015. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro (30) p. 440-465.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2019). Base de Datos de Eventos Meteorológicos Extremos.

  Departamento de Desarrollo / Unidad de Informática. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (s.f.). Huracanes. Recuperado de: https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31306/1-INTRODUCCION+HURACANES.pdf/7792ad19-9711-42c3-8247-dbd7aa124297.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1988a). *Boletín meteorológico mensual enero*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1988b). *Boletín meteorológico mensual febrero*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1988c). Boletín meteorológico mensual septiembre-octubre. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1988d). *Boletín meteorológico noviembre-diciembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1991a). *Boletín meteorológico mensual julio*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1991b). *Boletín meteorológico mensual agosto*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1991c). *Boletín meteorológico mensual noviembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1991d). *Boletín meteorológico mensual diciembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1993a). *Boletín* meteorológico mensual agosto. IMN. San José, Costa Rica.

- Instituto Meteorológico Nacional. (1993b). *Boletín meteorológico mensual setiembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1993c). *Boletín meteorológico mensual diciembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1996a). *Boletín meteorológico mensual febrero*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1996b). *Boletín meteorológico mensual junio*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1996c). *Boletín meteorológico mensual julio*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1996d). *Boletín meteorológico mensual octubre*. IMN Nacional. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1998). *Boletín Meteorológico Mensual -octubre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1999a). *Boletín Meteorológico Mensual agosto*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1999b). *Boletín Meteorológico Mensual setiembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (1999c). *Boletín Meteorológico Mensual octubre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2007a). *Boletín meteorológico mensual setiembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2007b). *Boletín meteorológico mensual octubre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2007c). *Boletín meteorológico mensual noviembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008a). *Boletín meteorológico mensual mayo*. IMN. San José, Costa Rica.

- Instituto Meteorológico Nacional. (2008b). *Boletín meteorológico mensual setiembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008c). *Boletín meteorológico mensual octubre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008d). *Boletín meteorológico mensual noviembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2016). *Boletín meteorológico mensual noviembre*. IMN. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2017). *Boletín meteorológico mensual octubre*. IMN. San José, Costa Rica.
- IPCC (2012). Cambio climático gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Resumen para responsables de políticas.
- La Nación. (1996). César sembró tragedia y caos. *La Nación*, San José. Costa Rica. Recuperado de: https://www.nacion.com/archivo/cesar-sembro-tragedia-y-caos/QKTK2VBIKNALZMNOCWNF6O6GFQ/story/

- La República.net. (2010). Tragedia nacional por alud en Escazú. *La República.net*. Recuperado de https://www.larepublica.net/noticia/tragedia\_nacional\_por\_alud\_en\_escazu
- Madrigal, J. (1996). Informe técnico huracán Cesar: Evaluación de Áreas Afectadas por inundaciones y deslizamientos Pacífico Central y Sur. Comisión Nacional de Emergencias.
- Organización Meteorológica Mundial. (2013). Declaración de la OMN sobre el estado del clima mundial en el 2012. Recuperado de: https://library.wmo.int/doc\_num. php?explnum\_id=7810.
- Ortiz, L. (2007). Base de datos: Eventos hidrometeorológicos extremos y sus impactos en Costa Rica. 1954-2007. Comité Regional de Recursos Hidráulicos. CRRH-SICA-UNEP-AIACC.
- Quirós, G. y Villalobos, J. (2018). Análisis de género sobre mortalidad e impactos humanos derivados de los eventos extremos de los últimos años en el país. IMN-PNUD. San José, Costa Rica.
- Vallejos, S.; Esquivel, L. y Hidalgo, M. (2017). Histórico de desastres en Costa Rica: febrero 1723-abril 2017. Comisión Nacional del Emergencias.



#### Instituto Meteorológico Nacional

Sitio web: www.imn.ac.cr

Teléfono: (506) 2222 5616

Apartado postal: 5583-1000 San José Costa Rica



