

Análisis del impacto de fenómenos meteorológicos en Costa Rica, América Central, originados en los mares circundantes

Eric J. Alfaro^{1,2,3} y Paula M. Pérez-Briceño¹

¹ *Centro de Investigaciones Geofísicas, Univ. de Costa Rica. 11501, 2060-Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San José, Costa Rica. <paula.perez@ucr.ac.cr>*

² *Escuela de Física, Univ. de Costa Rica. <erick.alfaro@ucr.ac.cr>*

³ *Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Univ. de Costa Rica.*

(Recibido: 13-Sep-2013. Publicado: 19-Ene-2014)

Resumen

Se revisaron en este estudio fuentes de información histórica locales, como los boletines producidos por el Instituto Meteorológico Nacional, para cuantificar los eventos climáticos relevantes y los impactos asociados a ellos en Costa Rica. Dentro de los fenómenos meteorológicos que fueron consideradas como objeto de estudio están los frentes fríos o empujes polares, las ondas tropicales o del este y los ciclones tropicales, de 1977 al 2012, originados en los mares circundantes de América Central. Los impactos climáticos asociados con los frentes fríos (ciclones tropicales) se localizaron principalmente sobre la vertiente Caribe (Pacífica) de Costa Rica, mientras que aquellos asociados con las ondas del este tuvieron una distribución espacial más homogénea a lo largo del país.

Palabras clave: Variabilidad Climática, Impactos, Fenómenos Meteorológicos, Costa Rica, América Central.

Abstract

This study review historical local information sources like bulletins produced by the National Weather Service, to account for relevant climate events and their associated impacts in Costa Rica. Cold fronts or outbreaks, easterly waves and tropical cyclones are the weather phenomenona that were considered as study objects from 1977 to 2012, originated in the surrounded seas of Central America. Impacts associated with cold fronts (tropical cyclones) were located mainly in the Costa Rican Caribbean (Pacific) slope while those associated with easterly waves have a more even spatial distribution trough the country.

Key words: *Climate variability, impacts, climate hazards, Costa Rica, Central America.*

1. Introducción

De acuerdo con Taylor y Alfaro (2005), la variabilidad de la lluvia en América Central, es el elemento meteorológico más importante como objeto de estudio en la región. Estos autores describen que el clima de istmo está controlado por la migración de sistemas sinópticos, en donde la climatología regional refleja fuertemente el ciclo anual y la ocurrencia de estos sistemas. Dentro de los aspectos sinópticos más importantes encontramos la alta presión subtropical del Atlántico Norte, la migración estacional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la intrusión de frentes fríos o empujes polares originados en latitudes medias durante el invierno boreal y la propagación hacia el oeste de perturbaciones tropicales, como las ondas del este o tropicales y los ciclones tropicales, especialmente desde la primavera al otoño boreal.

Para el estudio de los impactos regionales causados por fenómenos meteorológicos en América Central, se han usado generalmente bases de datos públicas como HURDAT¹ o EMDAT² (Alfaro *et al.*, 2010; Alfaro y Quesada, 2010; Solano *et al.*, 2011). Sin embargo, se pueden identificar dos problemas importantes asociados con estas bases de datos en relación con el estudio de impactos locales. El primero es que algunas veces los centros que están a cargo de dicha tarea operacional cambian a través de la historia. Por ejemplo, durante las décadas de los 1970 y 1980, el estudio de los ciclones tropicales en el Pacífico Tropical del Este, estuvo a cargo de centros localizados en San Francisco (Denney, 1972) y Redwood City (Baum, 1973; Gunther y Cross, 1987), California, hasta que finalmente se trasladó dicho monitoreo a Coral Gables, Florida (Gerrish y Mayfield, 1989) (lo que es hoy el Centro Nacional de Huracanes). Lo anterior es importante ya que la homogeneidad de las metodologías usadas no está necesariamente garantizada (Blake *et al.*, 2009). Segundo, algunos eventos no son considerados relevantes para escalas regionales, sin embargo son muy relevantes para escalas locales. Un claro ejemplo de esto lo encontramos asociado a un sistema de baja presión localizado en mayo de 2010 frente a la costa pacífica de Costa Rica (Chinchilla *et al.*, 2010). A pesar de que este sistema se desarrolló posteriormente en la tormenta tropical Agatha del 29 al 30 de mayo de 2010, sus mayores impactos sobre Costa Rica estuvieron asociados con los primeros estadios ciclogénéticos, es decir, baja presión y depresión tropical, del 22 al 28 de mayo.

En un trabajo reciente, Retana (2012) estudió los efectos indirectos de los huracanes del Caribe, los sistemas de baja presión y los frentes fríos, como aquellos eventos extremos hidrometeorológicos que causan los mayores impactos por exceso de lluvias en Costa Rica, América Central de 1980 a 2007. Retana (2012) encontró que los huracanes son los eventos que individualmente generan más precipitación, con mayores ocurrencias de setiembre a noviembre y con mayores impactos en la vertiente del Pacífico. Los frentes fríos fueron el fenómeno más frecuente y ocurren mayormente entre diciembre y enero, con impactos generalmente localizados en la zona norte y vertiente Caribe de Costa Rica. El autor identificó también una tendencia negativa en la ocurrencia anual de los frentes fríos, lo que asocia el autor a un escenario futuro más seco en las regiones mencionadas de Costa Rica, durante los meses invernales de mayor ocurrencia. Los sistemas de baja presión ocurren entre abril y noviembre, con impactos más homogéneamente distribuidos en el país. La tendencia de este tipo de sistemas y la de los huracanes es reportada por Retana (2012) como ligeramente positiva.

Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue el de revisar fuentes de información locales asociadas al Boletín Meteorológico Mensual, producido por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), con el fin de extraer los eventos climáticos relevantes, relacionadas a diferentes fenómenos meteorológicos para analizar sus impactos sobre Costa Rica de 1977 al 2012, para contar con un periodo de estudio más amplio que el usado por Retana (2012), e.g. 1980-2007 y analizando el número y tipo de los impactos reportados espacialmente durante la ocurrencia de un fenómeno meteorológico, no necesariamente basados en la cantidad de precipitación observada durante su ocurrencia. El estudio se centró en tres fenómenos meteorológicos: los frentes fríos, las ondas del este o tropicales y los ciclones tropicales. Dichos sistemas han sido reconocidos en Costa Rica como los principales productores de “temporales”, tanto en la vertiente del Caribe como en la del Pacífico (Fallas y Oviedo, 2003). A diferencia de lo propuesto por Retana (2012), el presente estudio clasificó los sistemas de baja presión como parte de los impactos producidos por los ciclones tropicales e incluye también los impactos no sólo de los ciclones tropicales del Mar Caribe, sino también los del Pacífico Tropical del Este.

2. Datos y Metodología

Se revisaron los Boletines Meteorológicos Mensuales, producidos por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica desde 1977 al 2012 y se extrajo la información relacionada a tres fenómenos meteorológicos.

¹http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Data_Storm.html

²<http://www.emdat.be/>

lógicos potenciales que afectan Costa Rica, América Central³. Dichos boletines fueron usados por Retana (2012) de 1980 al 2007 y mostraron ser una fuente útil de información sobre los impactos y ocurrencias de diferentes fenómenos meteorológicos que afectaron el país, sin embargo una diferencia importante es que el presente estudio está basado en la información asociada a la ocurrencia e impactos reportados relacionados con el fenómeno meteorológico y no necesariamente con la cantidad de precipitación observada por las estaciones meteorológicas durante la ocurrencia del fenómeno.

La información utilizada está asociada con la intrusión de frentes fríos durante el invierno boreal y con la actividad de las ondas del este o tropicales, además de la actividad de las dos zonas ciclogénicas cercanas a América Central localizadas en las cuencas del océano Atlántico-Mar Caribe y en la del Pacífico Tropical del Este. De estos últimos se extrajo la información asociada con los estadíos que incluyen desde baja presión a huracán.

La información asociada con un evento particular fue sistematizada para que contenga las fechas de inicio y fin del impacto, las localidades y/o regiones afectadas, la secuencia del número del evento y el nombre en el caso de los ciclones tropicales con categorías de Tormenta Tropical o Huracán. Luego de eso, la información se agrupó mensual y anualmente para su análisis en el tiempo y se agregó de acuerdo a las regiones climáticas de Costa Rica definidas por el IMN (<http://www.imn.ac.cr>), para su análisis espacial. Las categorías usadas para la agrupación de los impactos incluyen: lluvias, lluvias fuertes, ocurrencia de tornados, actividad eléctrica, vientos fuertes, descenso de temperatura como impactos indirectos de los eventos meteorológicos y deslizamientos, inundaciones, daño a la infraestructura, daños varios y muertes como impactos socio-económicos directos de dichos fenómenos.

3. Resultados y Discusión

La figura 1 muestra el ciclo anual de la ocurrencia de eventos climáticos que registraron algún impacto asociado con alguno de los tres fenómenos meteorológicos considerados. Se registraron eventos asociados a los frentes fríos (figura 1a) desde octubre a mayo, siendo este último el de menor ocurrencia, con un máximo de actividad durante el mes de enero, lo que coincide con lo reportado por Retana (2012). Por su parte, los ciclones tropicales y las ondas del este mostraron un ciclo anual de tipo bimodal (figuras 1b y c). El patrón asociado con los ciclones tropicales mostró un máximo relativo durante mayo y uno absoluto durante octubre. Entre ellos se encontró un mínimo relativo durante el mes de julio, siendo los meses de menor actividad febrero y marzo. Retana (2012) también notó que los huracanes del Caribe se concentran entre junio y noviembre y que es entre setiembre y noviembre cuando la probabilidad de su influencia es mayor. La actividad de las ondas del este se concentró en los meses de marzo a noviembre, siendo el primero el de menor actividad. Hay un máximo relativo durante junio y uno absoluto en agosto, observándose, al igual que en el caso de los ciclones tropicales, un mínimo relativo en julio.

Según Alfaro *et al.* (2010) y Alfaro y Quesada (2010) el trimestre de agosto-setiembre-octubre es cuando es más probable encontrar ciclones tropicales dentro de un radio de 7° cerca de la costa (aproximadamente un 70%), lo que coincide también con los meses de mayor frecuencia de ciclones tropicales en el Caribe (Taylor y Alfaro, 2005; Retana, 2012). Alfaro y Quesada (2010), reportan además un máximo secundario de posiciones cerca de América Central durante el mes de junio con un mínimo relativo en julio. Esta distribución bimodal, coincide con los reportes de impactos mostrados en la figura 1b, sin embargo, nótese que el segundo pico de reportes de impactos se encontró durante el mes de mayo.

Serra *et al.* (2010) comentan que las ondas del este son una característica importante de la Zona de Convergencia Intertropical, que aparecen en el Hemisferio Norte, tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico, durante el verano y el otoño, lo cual coincide con el ciclo anual de los impactos mostrados en la figura 1c. Agregan los autores que estas ondas pueden servir como mecanismos precursores de los ciclones tropicales, lo que explica la similitud del ciclo anual en cuanto a la cantidad de impactos de las figuras 1b y c. Explican también que a pesar que una parte de las ondas observadas en el Atlántico

³http://www.imn.ac.cr/boletin_meteo/historial%20boletines.html

se forman sobre África, el origen de varias de las registradas sobre el Caribe y el Pacífico no han sido establecidas con claridad.

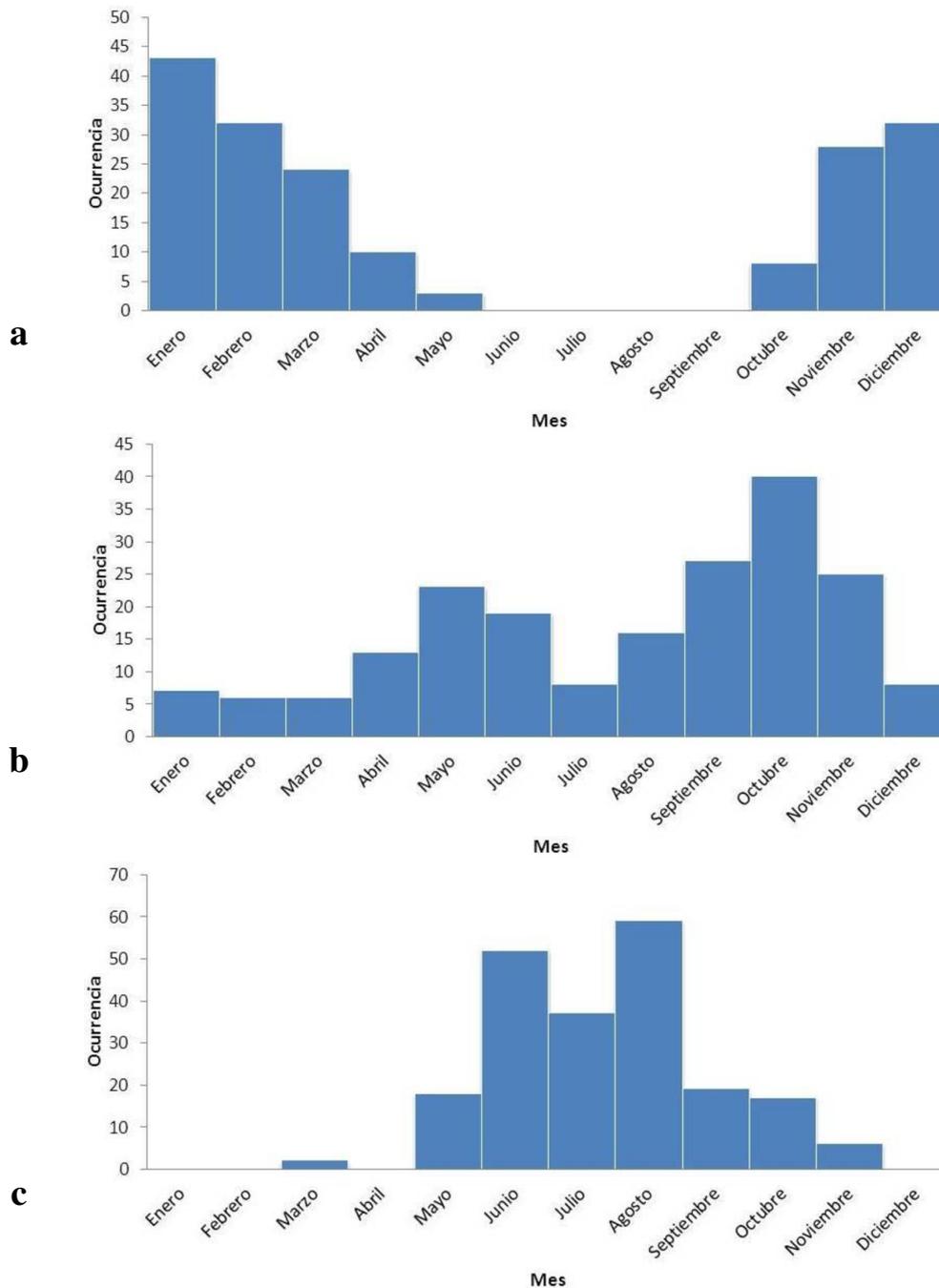


Fig. 1: Ciclo anual de los impactos climáticos debido a frentes fríos (a), ciclones tropicales (b) y ondas del este (c).

La ocurrencia anual de los impactos climáticos se muestra en la figura 2. El máximo de reportes asociados a frentes fríos se observó para la temporada 2007-2008 y su principal impacto estuvo asociado con vientos fuertes, nótese que hacia el final del periodo los reportes se incrementaron cuando los mismos se comparan con los otros años (figura 2a). Una de las primeras compilaciones de la ocurrencia de frentes fríos sobre América Central la realizó Zárte (2005). Este autor usó datos de reanálisis (Kalnay *et al.*, 1996) para identificar los empujes fríos que ingresan al Caribe y Centroamérica entre las temporadas del invierno boreal desde 1975-1976 hasta 2000-2001. En su estudio, él identificó, al igual que Retana

(2012), que la mayor ocurrencia de empujes fríos se da durante el mes de enero, lo que coincide con la figura 1a, sin embargo reportó las temporadas 1976-1977, 1980-1981, 1987-1988 y 1995-1996 como aquellas con mayores ocurrencias en la región (más de 20), esto no necesariamente coincide con años de muchos impactos sobre Costa Rica (figura 2a), al comparar los periodos analizados.

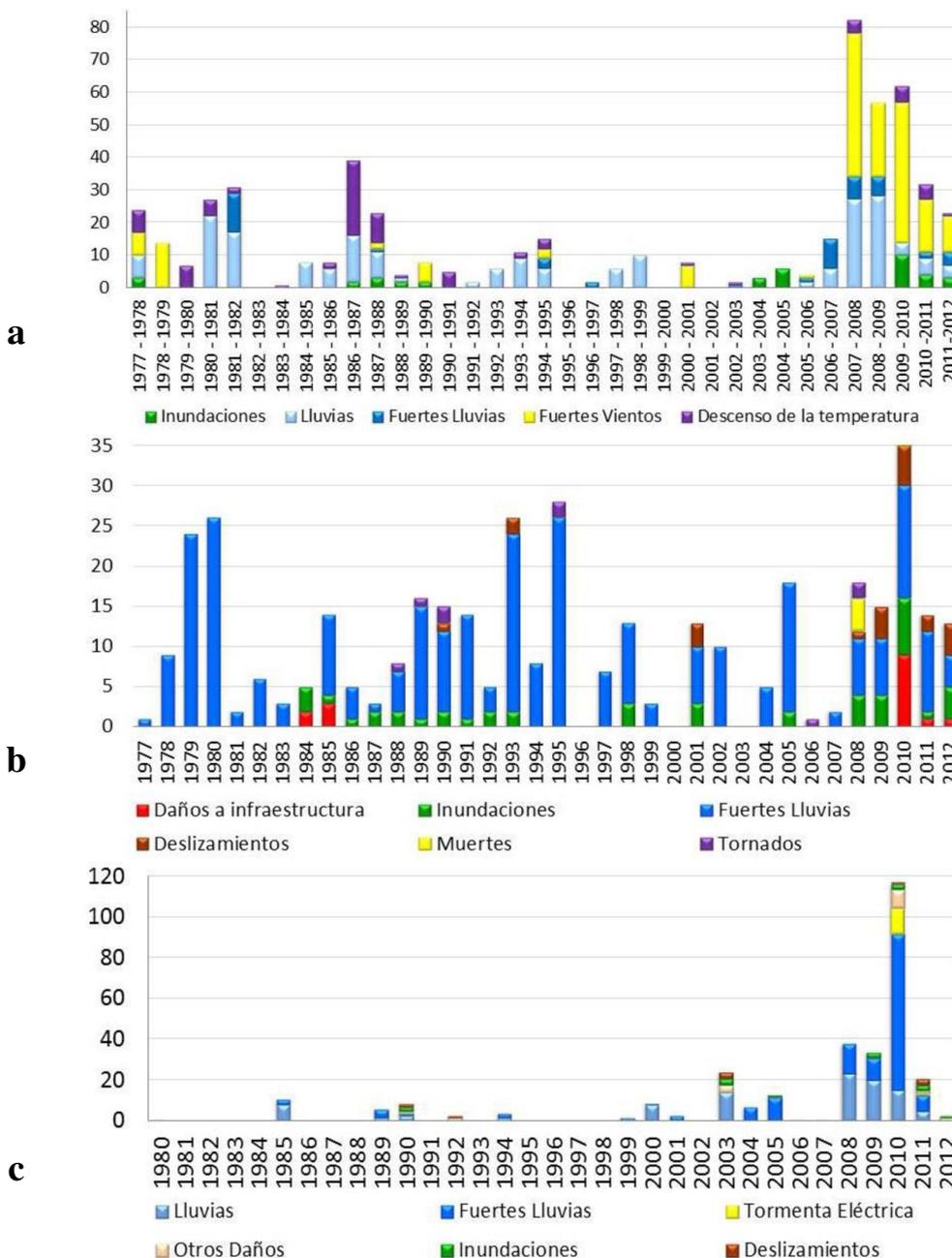


Fig. 2: Ocurrencia anual de los impactos climáticos asociados a frentes fríos (a), ciclones tropicales (b) y ondas del este (c).

Esto contrasta con los reportes asociados a los ciclones tropicales que muestran picos de actividad importante para los años 1980, 1993, 1995 y 2010 (figura 2b). La mayor cantidad de impactos producto de ciclones tropicales, se observaron asociados con lluvias fuertes. La figura 2c, muestra que previo al año 2000, prácticamente no hubo reportes asociados con ondas del este y que la mayoría de los mismos se debieron a la ocurrencia de lluvias fuertes, al igual que en el caso de los ciclones tropicales. Lo anterior hace evidente que no hubo una homogeneidad metodológica en cuanto al reporte de eventos en las fuen-

tes consultadas y que a pesar de que se observa una tendencia positiva en las figuras 2a y c, las mismas no pueden ser tomadas como significativas ya que los procesos no representan una serie de tiempo. Al integrar los resultados de la figura 2, se destaca el año 2010 como el año con mayores reportes, seguido de 2008 y 2009, siendo la mayor cantidad de impactos asociados a lluvias, lluvias fuertes e inundaciones.

Maldonado *et al.* (2013) reportaron que un factor que influyó en el alto número de impactos climáticos del 2010, fueron las condiciones de la temperatura superficial del mar observadas durante una buena parte de la temporada lluviosa de ese año, que mostraron un Pacífico ecuatorial bajo condiciones más frías a lo normal (tipo La Niña) y un Atlántico Tropical más caliente de lo habitual. Ante tal escenario, es muy probable la ocurrencia de extremos húmedos, especialmente en la vertiente del Pacífico, con condiciones más bien secas en la del Caribe durante la época lluviosa de la primera (mayo-octubre). Esta condición fue verificada por los autores por medio del uso de estaciones meteorológicas en Costa Rica, así como por medio del uso de fuentes periodísticas para la evaluación de los impactos, pudiéndose extender al resto de América Central (Maldonado y Alfaro, 2011).

La explicación anterior sobre variabilidad de impactos mostrada en la figura 2b, podría también estar relacionada con lo encontrado por Alfaro *et al.* (2010) y Alfaro y Quesada (2010). Según estos trabajos, al comparar los años de mayor ocurrencia con respecto a los de menor ocurrencia, se observaron anomalías positivas de Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región del océano Atlántico Tropical y anomalías negativas en el Pacífico Ecuatorial, asociado con El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). El Atlántico Tropical también mostró una región con anomalías negativas en el campo de la Presión Atmosférica Media al Nivel del Mar y positivas en la Humedad Relativa en el nivel de 700 hPa. Estas condiciones observadas en el Atlántico Tropical favorecen la convección profunda y mayor frecuencia de ciclones tropicales. Por otro lado, durante la última parte de la estación lluviosa, es decir ASO, la variabilidad de la convección profunda en el Caribe está modulada también por la TSM en el Pacífico al afectar la estructura de la cortante vertical del viento en la troposfera sobre el Atlántico Tropical Norte, en donde eventos cálidos (fríos) en el Pacífico ecuatorial aumentan (disminuyen) la cortante vertical del viento en el Caribe, lo que trabaja en contra (a favor) de la convección profunda en esa región afectando la formación de ciclones tropicales. Sin embargo, los años con muchas o pocas posiciones cercanas a América Central reportadas por Alfaro *et al.* (2010) y Alfaro y Quesada (2010), no necesariamente coinciden con aquellos años de muchos o pocos impactos observados en la figura 2b. Ellos explican que en parte esto se debe a que el impacto del ciclón sobre las comunidades en Costa Rica no está necesariamente relacionado con su intensidad, sino que también es función de su posición y permanencia en la cuenca con respecto al sitio de interés.

Méndez y Magaña (2009), mostraron que la variabilidad interanual de las ondas del este y, por consiguiente la de sus posibles impactos (figura 2c), está modulada por factores de gran escala como ENOS. Ellos encontraron, por ejemplo, que durante el verano de los eventos de El Niño (La Niña), la actividad de las ondas del este y los ciclones tropicales disminuye (aumenta) sobre los Mares Intra-Americanos y la corriente en chorro de bajo nivel en el Caribe se incrementa (disminuye) (Amador, 2008). Ellos observaron que vientos más fuertes (débiles) asociados a esta corriente en chorro inhibe (fomenta) la actividad de las ondas del este, lo que se asocia con una menor (mayor) precipitación en América Central.

La distribución espacial de los impactos climáticos se muestra en la figura 3. Las regiones con mayores impactos asociados con los frentes fríos fueron en su respectivo orden: Caribe Norte, Caribe Sur y la Zona Norte (figura 3a). Por otro lado se observó que el Pacífico Central y Sur fue mucho menos afectado por estos sistemas. Zárate (2005) agrega que al usar información periodística, las afectaciones producto de los frentes fríos sobre la vertiente Caribe de Costa Rica son en primer lugar por inundaciones, en segundo lugar por vientos fuertes y temperaturas bajas y finalmente, por deslizamientos en algunas ocasiones. Nótese de la figura 2a, que el impacto por vientos fuertes ocupa el primer lugar dentro de las categorías usadas. Los vientos fuertes se deben principalmente a una intensificación del viento con componente zonal del este. Los eventos recolectados por Zárate (2005), afectaron principalmente la vertiente Caribe de Costa Rica o produjeron efectos indirectos en otras partes del país, lo que está de acuerdo con lo

mostrado en la figura 3a. En los Mares Intra-Americanos (Mar Caribe y Golfo de México), González (1999); Magaña *et al.* (1999) y Magaña y Vázquez (2000) han realizado también compilaciones sobre la ocurrencia de frentes fríos a nivel regional, sin embargo las diferencias metodológicas con Zárate (2005) hacen difícil su comparación. Por su parte Retana (2012) reportó que en su estudio los frentes fríos fueron los fenómenos más frecuentes (37%), pero no los eventos que individualmente produjeron más lluvias, con un aporte anual del 3,4%. En contraste, los huracanes tropicales fueron los fenómenos estudiados que aportaron más lluvia, con un aporte al acumulado anual del 6,5%, aunque su frecuencia de aparición fue de apenas un 11%. El tiempo de afectación en días para ambos fenómenos fue de aproximadamente 2,8 y 4,0 días, respectivamente. De lo anterior se observa que no existe proporcionalidad entre la ocurrencia de un fenómeno meteorológico y su aporte a la lluvia anual en Costa Rica.

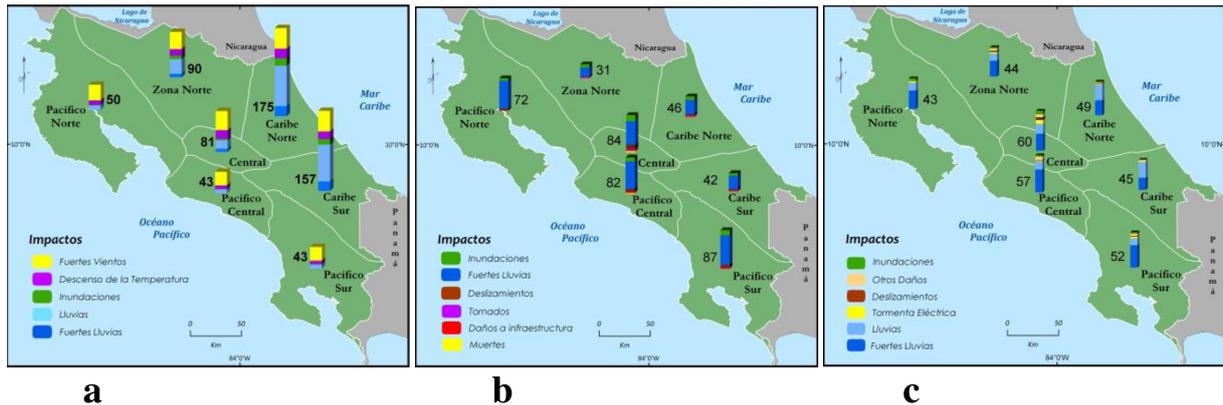


Fig. 3: Distribución espacial de los impactos climáticos debido a frentes fríos (a), ciclones tropicales (b) y ondas del este (c).

Las regiones ubicadas principalmente en la vertiente del Pacífico de Costa Rica, como son el Valle Central y el Pacífico Norte, Central y Sur, fueron las que registraron mayores impactos debido a ciclones tropicales (figura 3b), coincidente en términos generales con Retana (2012), al igual que para los frentes fríos. Alfaro *et al.* (2010) encontraron que al utilizar la base de desastres DesInventar (Velásquez y Rosales, 1999), todas las unidades administrativas en el nivel cantonal (municipios) y distrital (la siguiente unidad política más pequeña) que reportaron mayor cantidad de desastres en presencia de algún ciclón tropical en el Mar Caribe, se ubicaron en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica, en coincidencia con la alta ocurrencia de impactos debido a este fenómeno mostrada en la figura 3b y confirmando que la mayoría de los efectos sufridos en el país provocados por estos eventos son los llamados efectos “indirectos”, es decir, aquellos inducidos por la interacción del flujo del oeste con la topografía local (Peña y Douglas, 2002), lo cual está asociado también a la ocurrencia de los llamados “temporales” en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica, con lluvia continua sobre este vertiente, en general relacionado a nubosidad de tipo estratiforme (Fallas y Oviedo, 2003). Por último, el Valle Central fue la región con más impactos asociados a las ondas del este, mientras que la Zona Norte es la que reportó menos, sin embargo, se puede observar de la figura 3c, que este tipo de fenómeno mostró una distribución espacial más homogénea sobre el país, cuando este mapa se compara con los otros dos de dicha figura.

Según Méndez y Magaña (2009), la variabilidad decadal de las ondas del este podría estar en parte explicada por la Oscilación Decadal del Pacífico (Mantua *et al.*, 1997), ya que observaron que durante la fase negativa de esta oscilación, la corriente en chorro de bajo nivel en el Caribe se debilita y la actividad de las ondas del este se incrementa, favoreciendo en una forma homogénea la convección profunda sobre buena parte de la región de Mesoamérica (Fig. 3c).

Al integrar los impactos asociados por los tres fenómenos, la región climática con más reportes fue la del Caribe Norte y la que registró menos fue la Zona Norte, nótese que esta diferencia no puede ser explicada únicamente por variables climáticas, debido a que por su cercanía y posición geográfica, los sistemas

meteorológicos de gran escala que afectan dicha región, se espera que tengan impactos similares. Alfaro *et al.* (2010), también encontraron que estas diferencias, no puede ser explicada totalmente por efectos climáticos, lo que hace necesario incluir variables de otro tipo, como las socio-económicas. Por ejemplo, Alfaro *et al.* (2010) agregan que, aunque en Costa Rica se ha observado en los últimos años que el porcentaje de personas viviendo en condición de pobreza ha permanecido aproximadamente constante (alrededor del 20%), también hubo un aumento de los hogares que no satisfacen las necesidades básicas, más aquellos viviendo en extrema pobreza, sumado a esto la presión demográfica del medio sobre espacios expuestos a zonas de inundaciones y deslizamientos (Guzmán, 2009). En términos absolutos, el número de personas viviendo en condición de pobreza ha aumentado, lo que podría estar relacionado con un mayor número de personas expuestas ante el impacto de algún evento de tipo hidrometeorológico que puede generar un reporte de desastre. Esta distribución de la pobreza tiene una distribución espacial muy disímil en el país, y comúnmente en los lugares de la periferia se invierte menos y por eso es más fácil que haya daños en infraestructura, por ejemplo. Luego del Caribe, el Valle Central fue la zona más afectada, municipios como Curridabat, Santa Ana, Desamparados (no mostrados en el detalle de la figura) fueron los más afectados y no son precisamente por la condición de periferia, sino por una mala planificación y ordenamiento territorial que ha incurrido en que poblaciones se asienten en lugares de alto riesgo antes eventos climáticos (Guzmán, 2009), y adicional a lo anterior la degradación del medio así como la impermeabilidad del suelo que ha generado el “desarrollo”. Por lo anterior, es recomendable un estudio posterior que profundice en este tema, e incluya además otras bases de datos sobre desastres de origen natural, lo que permitiría verificar este resultado. Otro aspecto importante a considerar es el relieve, ya que la poca pendiente genera mayor susceptibilidad para la acumulación de cuerpos de agua. La barrera orográfica que representan las tres principales cordilleras de Costa Rica impiden, en mayor o menor medida, el paso de los vientos alisios cargados de humedad hacia el resto del país, principalmente en el caso de los frentes fríos y viceversa en los ciclones tropicales.

El entendimiento de estos impactos tiene también una importancia económica. En un estudio económico realizado por Adamson-Bonilla (2013) para el periodo 1988-2009, el encontró que el 49% de los desastres en Costa Rica corresponden a inundaciones, las cuales representaron 546 millones de dólares constantes del 2006. Sin embargo, llama la atención que la “inversión” en recuperación pos desastre realizada por Costa Rica es prácticamente nula. Este aspecto es muy relevante para economías vulnerables ante desastres como las centroamericanas. Por ejemplo, según Alfaro y Quesada (2010) el Ministerio de Planificación de Costa Rica (Loaiza, 2010) reportó entre 1988 y el 2009, que el 83% de los reportes de los eventos asociados a emergencias naturales fueron de carácter hidrometeorológico y dejaron pérdidas por 1161 millones de dólares estadounidenses (no constantes, aproximadamente 55 millones al año) en esos 21 años. Según Vanessa Rosales, presidenta ejecutiva de la Comisión Nacional de Emergencias de Costa Rica en el año 2010, “...las emergencias son aún más graves por el desorden urbano” y agrega que “Es un problema social de fondo...la gente vuelve al área de riesgo por el déficit de vivienda...” (Loaiza, 2010). Esto se debe a que la sociedad asume y/o tolera el riesgo de forma consiente ya que no tiene las posibilidades económicas o sociales para enfrentarlo, reducirlo o erradicarlo, esto según Lavell (2003) es entendido como el riesgo aceptable.

Por otro lado, Vega y Gámez (2003) para el periodo 1996-2001 en Costa Rica, encontraron que anualmente los daños asociados a eventos hidrometeorológicos son de aproximadamente 146 millones de dólares estadounidenses, lo cual representaría un 1,15% del Producto Interno Bruto (PIB), cifra aún mayor que la gubernamental reportada por Loaiza (2010).

En el presente análisis, todas las series anuales de impactos reportados presentaron una tendencia positiva (figuras 2a, b y c), sin embargo, Retana (2012) encontró una tendencia negativa para la serie anual de ocurrencias de frentes fríos y levemente positivas para la ocurrencia de bajas presiones y huracanes tropicales en el Caribe. Como se mencionó anteriormente al explicar las diferencias espaciales, la variabilidad mostrada en las figuras 2a, b y c, no puede ser explicada totalmente por efectos climáticos, lo que hace necesario incluir variables de otro tipo, como las socio-económicas y culturales ya que lo anterior po-

dría estar reflejando un aumento en la condición de población expuesta ante amenazas. Las proyecciones futuras muestran un comportamiento similar, por un lado, Alianza Clima y Desarrollo (2012), encontró que las tendencias observadas y futuras sobre la mayor parte de América Central asociadas con eventos hidrometeorológicos son muy variables e inconsistentes, así como las tendencias asociadas con tres fenómenos meteorológicos importantes, a saber ENOS, ciclones tropicales y ciclones extra-tropicales. Sin embargo, Adamson-Bonilla (2012) señala que las pérdidas económicas generadas durante 1988-2009, se podrían duplicar tan solo durante los próximos ocho años, y dicho periodo de duplicación de pérdidas irá reduciéndose cada vez más si se mantienen las tendencias actuales de la tasa de crecimiento de las pérdidas reales.

4. Conclusiones

América Central es afectada durante el invierno boreal por los frentes fríos y durante el verano-otoño boreal por las ondas tropicales o del este y la actividad de los ciclones tropicales de dos regiones, el Caribe-Atlántico Tropical y el Pacífico Tropical del Este.

Para el estudio de los impactos regionales asociados a estos eventos climáticos, se usan generalmente bases de datos públicas como HURDAT o EMDAT, sin embargo hay dos precauciones con su uso. Primero, la metodología usada y los centros a cargo del monitoreo son algunas veces distintos a través del tiempo. Segundo, algunos eventos se consideran no relevantes a una escala regional o de cuenca oceánica, pero son importantes para efectos locales, p.e. baja presión de mayo de 2010 (mayor impacto en Costa Rica), luego se convirtió en la tormenta tropical Agatha (impacto muy pobre en Costa Rica).

Debido a lo anterior, este estudio mostró que la revisión de fuentes locales de información como los boletines meteorológicos del IMN, son importantes para complementar las bases de datos regionales y disminuir la subestimación de los impactos asociados a los eventos climáticos. Esto es importante no sólo para el entendimiento y reducción de la vulnerabilidad actual, sino también futura (Adamson-Bonilla, 2012), además de la importancia económica que generan los impactos de estos fenómenos sobre economías vulnerables como las centroamericanas (Vega y Gámez, 2003; Loaiza, 2010; Adamson-Bonilla, 2012).

Se observó que los impactos asociados con los frentes fríos (ciclones tropicales) estuvieron localizados principalmente sobre la vertiente Caribe (Pacífica) de Costa Rica, mientras que aquellos asociados a las ondas del este, tuvieron una distribución más homogénea a través del país. El análisis mostró que todas las series anuales de impactos reportados presentaron una tendencia positiva, sin embargo, las mismas no pueden ser tomadas como significativas ya que los procesos no representan una serie de tiempo debido a que no hubo una homogeneidad metodológica en cuanto al reporte de eventos en las fuentes consultadas.

Finalmente, debido a su naturaleza, es importante el mantener una visión multidisciplinaria en este tipo de estudios (Postigo *et al.*, 2013), que incluya investigadores por ejemplo de los campos de las ciencias básicas, p. e. climatología; y las ciencias sociales, p. e. la historia y la geografía, como es el caso de este trabajo. Por ejemplo, las variables socioeconómicas y principalmente la condición de pobreza y la presión demográfica pueden ser factores causantes del aumento de reportes de impactos, pero además, por los impactos expuestos (inundaciones, fuertes lluvias, lluvias, fuertes vientos...), las características geográficas ayudan también a explicar mejor el reporte del impacto. Adamson-Bonilla (2012) agrega que a la alta incidencia de desastres de tipo hidrometeorológicos debe agregarse que los estratos más pobres en Costa Rica tienden a localizar sus viviendas en los terrenos relativamente más baratos y expuestos a amenazas. Esto indudablemente genera una asociación entre exposición- pobreza-desastre la cual tiende a consolidarse, en el tanto los patrones de uso de la tierra que han potenciado las fragilidades y sobre explotación de las cuencas no tiendan a revertirse.

Agradecimientos

Se agradece a los proyectos CRN2050-IAI, VI-805-A7-002, B0-402, B3-600, A9-224 y A8-606, UCR. También a Elsie Troyo, por su colaboración con la recuperación de la información y el procesamiento de los datos.

Bibliografía

Adamson-Bonilla M (2012): Cap. 1: Desastres y desarrollo en Costa Rica. In *Costa Rica en el tercer milenio: desafíos y propuestas para la reducción de la vulnerabilidad ante desastres* (Bonilla y Castillo-Fallas F, Eds.), Univ. de Costa Rica, San José, pp. 25-52.

Alfaro E, Quesada A (2010): Ocurrencia de ciclones tropicales en el Mar Caribe y sus impactos sobre Centroamérica. *Revista Intersedes*, 11(22): 136-153.

Alfaro E, Quesada A, Solano F (2010): Análisis del impacto en Costa Rica de los ciclones tropicales ocurridos en el Mar Caribe desde 1968 al 2007. *Revista Diálogos*, 11:22-38.

Alianza Clima y Desarrollo (2012): La Gestión de Riesgos de Eventos Extremos y Desastres en América Latina y el Caribe: Aprendizajes del Informe Especial (SREX) del IPCC. <http://www.cdkn.org/srex>

Amador J (2008): The Intra-Americas Seas Low-Level Jet (IALLJ): Overview and Future Research. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1146:153-188.

Baum RA (1973): Eastern North Pacific Hurricane Season of 1972. *Mon. Wea. Rev.*, 101:339-349.

Blake ES, Gibney EJ, Brown DP, Mainelli M, Franklin JL, Kimberlain TB, Hammer GR (2009): *Tropical cyclones of the eastern North Pacific Basin, 1949-2006*. National Climatic Data Center, Asheville, N.C., EE.UU.

Chinchilla G, Quirós E, Stolz W (2010): Resumen Meteorológico de mayo de 2010. *Bol. Meteor. Mensual*, 2-11.

Denney WJ (1972): Eastern Pacific Hurricane Season of 1971. *Mon. Wea. Rev.*, 100:276-293.

Fallas JC, Oviedo R (2003): Cap. III: Temporales. En *Fenómenos atmosféricos y cambio climático, visión centroamericana* (Oviedo R, Fallas JC, Ed.), Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica, pp. 38.

Gerrish HP, Mayfield M (1989): Eastern North Pacific Tropical Cyclones of 1988. *Mon. Wea. Rev.*, 117:2266-2277.

González C (1999): Climatología de frentes fríos que han afectado Cuba desde 1916-1917 hasta 1996-1997. *Rev. Cub. Met.*, 66:15-19.

Gunther EB, Cross RL (1987): Eastern North Pacific Tropical Cyclones of 1986. *Mon. Wea. Rev.*, 115:2507-2523.

Guzmán L (2009): El Cambio Climático: causas, consecuencias y la reducción de riesgo de desastre de Cruz Roja Costarricense. Cruz Roja Costarricense, Proyecto de Cambio Climático. Dirección Nacional de Socorros y Operaciones. <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc17673/doc17673.htm>

Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, Collins W, Deaven D, Gandin L, Iredell M, Saha S, White G, Woollen J, Zhu Y, Chelliah M, Ebisuzaki W, Higgins W, Janowiak J, Mo KC, Ropelewski C, Wang J, Leetmaa A, Reynolds R, Jenne R, Joseph D (1996): The NCEP/NCAR Reanalysis 40-year Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77:437-471.

Lavell A (2003): *La gestión Local del Riesgo. Nociones y precisiones en torno al Concepto y la Práctica*. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDE-

- NAC) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Buró para la Prevención de Crisis y Recuperación. http://www.desenredando.org/public/libros/2006/ges_loc_riesg/gestion_riesgo_espanol.pdf
- Loaiza V (2010): Caos urbano y basura disparan inundaciones en 45 cantones. *La Nación, Sección El País*, 22 de agosto. <http://wfnod01.nacion.com/2010-08-22/ElPais/NotaPrincipal/ElPais2492902.aspx>
- Magaña V, Pérez J, Vázquez J, Carrisoza E, Pérez J (1999): Los Nortes. Cap. 2. El Niño y el clima. In: *Los Impactos de El Niño en México* (Magaña VO, Ed.). UNAM, México D.F., México, pp. 34-41.
- Magaña VO, Vázquez J (2000): Interannual variability of northern activity over the Americas, 116-117. *Preprints of the 24th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*. 29 May-2 June, 2000. Fort Lauderdale, Florida, USA.
- Maldonado T, Alfaro E, Fallas B, Alvarado L (2013): Seasonal prediction of extreme precipitation events and frequency of rainy days over Costa Rica, Central America, using Canonical Correlation Analysis. *Adv. Geosci.*, 33:41-52.
- Maldonado T, Alfaro E (2011): Predicción estacional para ASO de eventos extremos y días con precipitación sobre las vertientes Pacífico y Caribe de América Central, utilizando análisis de correlación canónica. *Revista Intersedes*, 13:78-108.
- Mantua N, Hare S, Zhang Y, Wallace J, Francis R (1997): A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78:1069-1079.
- Méndez M, Magaña V (2009): Regional aspects of prolonged meteorological droughts over Mexico. *J. Climate*, 23:1175-1188.
- Peña M, Douglas MW (2002): Characteristics of Wet and Dry Spells over the Pacific Side of Central America during the Rainy Season. *Mon. Wea. Rev.*, 130:3054-3073.
- Postigo JC, Chacón P, Geary M, Blanco G, Fuenzalida MI, de la Cuadra F, Lampis A, Miguez MM, Palacio G, Torres J, Castro S (2013): *Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas. Una visión necesaria*. Santiago, Chile: ICAL.
- Retana JA (2012): Eventos hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio en el clima. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 11:52-64.
- Serra YL, George NK, Kevin IH (2010): Tracking and Mean Structure of Easterly Waves over the Intra-Americas Sea. *J. Climate*, 23:4823-4840.
- Solano F, Alfaro E, Quesada A (2011): Impacto de los Ciclones Tropicales del Atlántico en América Central, Temporadas de 1968 y 1969. *Revista Diálogos*, 12:78-100.
- Taylor M y Alfaro E (2005): Climate of Central America and the Caribbean. In *Encyclopedia of World Climatology* (Oliver JE, Ed.), Springer, Netherlands, pp. 183-189.
- Vega E, Gámez L (2003): Economic Impact of Hydrometeorological Events in Costa Rica. Documento Técnico, CRRH-UCR-CIGEFI-AIACC-LA06. San José, Costa Rica, 3 pp.
- Velásquez A, Rosales C (1999): Escudriñando en los desastres a todas las escalas. Concepción, metodología y análisis de desastres en América Latina utilizando DesInventar. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina - LA RED. Cali, Colombia.
http://www.desenredando.org/public/libros/1999/edete/edte1_v.1.0-ago-30-2001.pdf
- Zárate E (2005): Comportamiento de los Empujes Fríos que alcanzan Centroamérica y el Caribe. Documento Técnico, CRRH-UCR-CIGEFI-AIACC-LA06. San José, Costa Rica. 25pp.

