

# AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

## Cambio global: casos de estudio para Costa Rica



**Editorial**  
**Cambio global: casos de estudio  
para Costa Rica**  
Hugo G. Hidalgo

**Retos e impactos del cambio  
global en Costa Rica**  
Adolfo Quesada-Román

**Ciclones tropicales en el mar Caribe,  
el océano Pacífico tropical del este  
y el Atlántico norte en el contexto  
del calentamiento global 1966-2023:  
distribuciones estacionales  
y tendencias temporales**  
Jorge A. Amador  
Blanca Calderón-Solera

**Importancia del cambio global para la región  
Chorotega de Costa Rica**  
Pável Bautista Solís

**Christian Golcher Benavides**

**Proyecciones de cambio climático en eventos  
extremos para el cantón Dota**  
Hugo G. Hidalgo

Eric J. Alfaro  
Paula M. Pérez-Briceño  
Blanca Calderón-Solera  
Vladimir Naranjo

**Perspectivas epidemiológicas actuales y  
futuras a causa del cambio global**  
Juan José Romero Zúñiga

**ERUS: una herramienta de desarrollo  
urbano sostenible**  
Silvia Valentinuzzi Núñez

**Monitoreo satelital de uso de la tierra,  
oportunidades en un mundo  
que transita hacia la producción  
libre de deforestación**  
Jairo Serna Bonilla

**Normas mínimas para la presentación  
de artículos a Ambientico**

# AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

## Cambio global: casos de estudio para Costa Rica



**Editor en Jefe:** Sergio A. Molina-Murillo

**Editor adjunto:** Jesús Ugalde Gómez

**Consejo editor:** Wilberth Jiménez, Luis Poveda, William Fonseca.

**Asistencia y administración:** Nancy Centeno Espinoza.

**Diseño, diagramación e impresión:**

Programa de Publicaciones, UNA

**Fotografía de portada:** Paisajes alterados en recuperación, Rancho Redondo, Goicoechea, San José.

**Fotografía:** Sergio Molina-Murillo.

**Apartado postal:** 86-3000, Costa Rica

**Correo electrónico:** [ambientico@una.ac.cr](mailto:ambientico@una.ac.cr)

**Sitio web:** [www.ambientico.una.ac.cr](http://www.ambientico.una.ac.cr)

**Redes sociales:** Facebook, X, Instagram

La revista Ambientico es una publicación trimestral sobre la actualidad ambiental costarricense que se publica desde la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (UNA), institución pública y benemérita de la Patria. Creada en 1992, es una revista de acceso abierto que tiene por misión estimular, publicar y difundir un análisis riguroso y actualizado sobre problemáticas e iniciativas ambientales en Costa Rica. Aunque la mayoría de los artículos de la revista Ambientico son solicitados por invitación, se podrán considerar otros artículos altamente pertinentes a la realidad ambiental nacional, y en donde las opiniones estén claramente sustentadas.



## Sumario

|                                                                                                                                                                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Editorial</b>                                                                                                                                                                                              |           |
| <b>Cambio global: casos de estudio para Costa Rica</b>                                                                                                                                                        | <b>2</b>  |
| Hugo G. Hidalgo                                                                                                                                                                                               |           |
| <b>Retos e impactos del cambio global en Costa Rica</b>                                                                                                                                                       | <b>4</b>  |
| Adolfo Quesada-Román                                                                                                                                                                                          |           |
| <b>Ciclones tropicales en el mar Caribe, el océano Pacífico tropical del este y el Atlántico norte en el contexto del calentamiento global 1966-2023: distribuciones estacionales y tendencias temporales</b> | <b>9</b>  |
| Jorge A. Amador                                                                                                                                                                                               |           |
| Blanca Calderón-Solera                                                                                                                                                                                        |           |
| <b>Importancia del cambio global para la región Chorotega de Costa Rica</b>                                                                                                                                   | <b>18</b> |
| Pável Bautista Solís                                                                                                                                                                                          |           |
| Christian Golcher Benavides                                                                                                                                                                                   |           |
| <b>Proyecciones de cambio climático en eventos extremos para el cantón Dota</b>                                                                                                                               | <b>28</b> |
| Hugo G. Hidalgo                                                                                                                                                                                               |           |
| Eric J. Alfaro                                                                                                                                                                                                |           |
| Paula M. Pérez-Briceño                                                                                                                                                                                        |           |
| Blanca Calderón-Solera                                                                                                                                                                                        |           |
| Vladimir Naranjo                                                                                                                                                                                              |           |
| <b>Perspectivas epidemiológicas actuales y futuras a causa del cambio global</b>                                                                                                                              | <b>36</b> |
| Juan José Romero Zúñiga                                                                                                                                                                                       |           |
| <b>ERUS: una herramienta de desarrollo urbano sostenible</b>                                                                                                                                                  | <b>45</b> |
| Silvia Valentinuzzi Núñez                                                                                                                                                                                     |           |
| <b>Monitoreo satelital de uso de la tierra, oportunidades en un mundo que transita hacia la producción libre de deforestación</b>                                                                             | <b>57</b> |
| Jairo Serna Bonilla                                                                                                                                                                                           |           |
| <b>Normas mínimas para la presentación de artículos a Ambientico</b>                                                                                                                                          | <b>63</b> |

## Cambio global: casos de estudio para Costa Rica

Se entiende por cambio global a las múltiples alteraciones que una población humana, descomunamente grande y con una tasa de crecimiento igualmente grande, está provocando en el planeta y en los sistemas básicos que han permitido la vida en la Tierra. Estas alteraciones incluyen, entre otras, cambios en el clima, la superficie terrestre, el agua y los ecosistemas.

En los últimos años las actividades humanas han producido retos de cambio global a tasas y escalas no experimentadas con anterioridad en la historia humana. El problema tiene que ver con aspectos sociales de equidad y justicia ambiental, ya que los impactos de estos cambios no están equitativamente distribuidos, sino que tienden a afectar poblaciones tradicionalmente marginadas y vulnerables. Estas poblaciones normalmente no son las que producen las más altas tasas de emisiones de gases de efecto invernadero, ni están en una posición de poder, pero sí son “puntos calientes” en cuanto a los impactos que reciben por las alteraciones climáticas humanas.

Entre los impulsores del cambio están: (a) la demanda de recursos para satisfacer las necesidades y excesos de esa enorme población, que han provocado una presión enorme sobre los sistemas naturales que tradicionalmente han permitido la vida en la Tierra, como la hemos conocido; (b) la expansión agrícola y urbana, que ha cambiado mucho la geografía del planeta, haciendo desaparecer porciones de ecosistemas terrestres y marinos, causando la extinción de miles de especies y la pérdida

de ecosistemas; (c) la sobreexplotación de suelos y cazas; (d) el aumento de las poblaciones humanas y sus patrones de consumo; (e) el patrón de uso de energía, y (f) la contaminación.

Todos estos excesos están provocando reducciones significativas en los servicios básicos de los ecosistemas (i.e., agua, ambientes vivibles) de lo que depende nuestra existencia y la de muchas otras especies en el planeta. Entre las posibles afectaciones están: (a) reducciones y extinción de poblaciones de flora y fauna (pérdida de biodiversidad); (b) cambios en la fenología y desplazamientos de los rangos de vida y en algunos casos la adaptación forzosa (en un período muy corto) de especies de flora y fauna para compensar estos cambios. Entre las respuestas en la sociedad humana están: (a) alteraciones en la salud; (b) desastres producidos por eventos hidrológicos extremos; (c) amenazas en la seguridad

alimentaria; (d) aumentos en la aridez; (e) reducciones en la criósfera, y (f) aumentos en el nivel del mar.

La investigación en Cambio Global es el esfuerzo interdisciplinario para entender por qué pasan, cómo se interconectan, y cómo se puede trabajar juntos hacia soluciones sostenibles. Los científicos que estudian el Cambio Global están interesados en aprender cómo los diversos impulsores del cambio, impactan sistemas biológicos y humanos. Esta edición especial de cambio global en la revista Ambientico parte de una idea del Grupo de Trabajo de Cambio Global de la Academia Nacional de Ciencias (ANC) de Costa Rica y presenta contribuciones en muy diversos aspectos relacionados con el tema. Es un placer para los miembros del grupo y de la ANC, así como para los editores de la revista Ambientico, presentarles a los lectores este número especial dedicado a este problema global y multigeneracional.



Académico, Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica (adolfo.quesadaroman@ucr.ac.cr)

## Retos e impactos del cambio global en Costa Rica

Adolfo Quesada-Román

 El cambio global se refiere a las transformaciones y fenómenos interrelacionados que afectan diversos aspectos del Sistema Tierra (Steffen *et al.*, 2005). El cambio global, caracterizado por fenómenos como el cambio climático, la contaminación ambiental, la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad, ha desencadenado inestabilidades significativas en el Sistema Tierra (Steffen *et al.* 2020). En Costa Rica, uno de esos cambios globales como lo es el cambio climático, se ha traducido en un aumento en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales, lluvias torrenciales, fuertes sequías, inundaciones y deslizamientos devastadores (Hagen *et al.*, 2022; Quesada-Román, 2023). Estos eventos no solo causan daños directos, como la destrucción de infraestructuras y pérdida de vidas, sino que también tienen impactos indirectos, como la interrupción de servicios básicos, un fuerte impacto en la agricultura, la degradación ambiental y la pérdida de medios de subsistencia (Quesada-Román & Campos-Durán, 2023). Las consecuencias económicas son considerables, exacerbando la pobreza y la desigualdad socioeconómica en el país (Panwar & Sen, 2019). La apertura financiera, el crecimiento económico y el consumo de energía primaria aumentaron

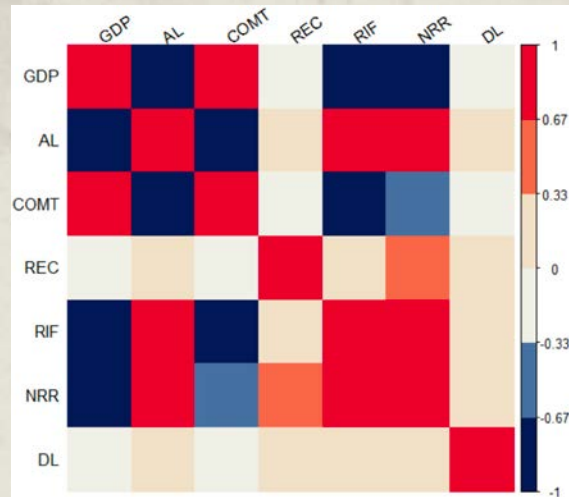
la degradación ambiental en las últimas décadas en Costa Rica, tanto en el corto como en el largo plazo, mientras que el consumo de energía renovable disminuyó (Koengkan *et al.*, 2019). La disparidad en el país agudiza su vulnerabilidad y exposición a estos desastres tanto asociados con el clima como con la degradación ambiental, acentuando la necesidad de una acción coordinada y equitativa regional para enfrentar estos desafíos en un entorno cambiante (Castellanos, 2022).

Para abordar los desafíos del cambio climático en Costa Rica, es esencial implementar estrategias de mejora en el monitoreo climático, la zonificación de sus amenazas naturales y el análisis detallado de sus implicaciones socioeconómicas. Esto se logra mediante la expansión de la red de estaciones meteorológicas e hidrológicas para obtener datos precisos sobre condiciones climáticas y caudales de agua (Hidalgo *et al.*, 2013). Además, concentrarse en el monitoreo de las zonas propensas a desastres frecuentes como inundaciones y deslizamientos permite una respuesta más rápida y eficaz (Garro-Quesada *et al.*, 2023; Quesada-Román, 2021). Para fortalecer la resiliencia climática en el país, se requiere una capacitación comunitaria con enfoque de género y sostenibilidad ambiental (Van Niekerk *et al.*, 2018). Esto empoderará a las comunidades para tomar medidas preventivas, preparativas y de respuesta frente a eventos climáticos extremos, incluyendo todos los estratos sociales en las tomas de decisiones territoriales (Leal Filho *et al.*, 2022; Quesada-Román, 2022).

Los retos del cambio global en Costa Rica son aún mayores respecto al desabastecimiento de agua potable, el rápido cambio del uso del suelo promoviendo la deforestación y especialmente el crecimiento desordenado de las ciudades, así como la contaminación de suelos, agua y aire (Maria *et al.*, 2017; Huang *et al.*, 2021; Sánchez-Murillo *et al.*, 2020). Además, estas condiciones generan mayor vulnerabilidad y exposición en la población a vectores de diversas enfermedades (Ortiz *et al.*, 2021; Quesada-Román *et al.*, 2023). Por consiguiente, los enfoques comunitarios son efectivos para resolver otras problemáticas del cambio global (Xie *et al.*, 2020). Para ello, es fundamental entablar un diálogo que destaque la necesidad de adoptar diversos enfoques para abordar el cambio global (Mauser *et al.*, 2013).

Los análisis multivariados son herramientas valiosas para comprender, gestionar y tomar decisiones informadas sobre procesos ambientales en países en desarrollo, donde la gestión eficaz de los recursos y la protección del ambiente son fundamentales para el bienestar de la población y el desarrollo sostenible a largo plazo. Para generar un análisis del cambio global en Costa Rica en las últimas tres décadas, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del entorno ambiental y del impacto del cambio global en el país. Se empleó la base de datos del Banco Mundial y EM-DAT actualizados para todos los países y sus parámetros hasta 2020.

El primer paso de este trabajo consistió en explorar una amplia gama de variables continuas desde 1990 hasta 2020, como un periodo con datos completos para Costa Rica. Las variables fueron PIB per cápita (USD constantes de 2015) (GDP), Tierra agrícola (% de la superficie terrestre) (AL), Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita) (COMT), Consumo de energía renovable (% del consumo total de energía final) (REC), Recursos internos renovables de agua dulce per cápita (metros cúbicos) (RIF), Rentas totales de recursos naturales (% del PIB) (NRR), Pérdidas económicas en miles de dólares por desastres (DL). En una segunda etapa, se mantuvieron únicamente aquellas variables que se consideraron más relevantes, con menor colinealidad y alineadas con el análisis del cambio global a partir de un enfoque ambiental y socioeconómico. Posteriormente, se generaron matrices de correlación (Wei *et al.*, 2017) para inspeccionar visual y estadísticamente las relaciones entre variables para explicar los cambios en las últimas tres décadas que están afectando las condiciones ambientales para Costa Rica. Estas matrices proporcionaron una clara perspectiva de las interacciones entre las variables, lo que resultó esencial para el análisis y la interpretación de los datos recopilados. Por último, se normalizaron de 0 a 1 las variables más representativas del análisis estadístico (GDP, AL, COMT, REC, RIF y NRR) para generar una mejor interpretación de los resultados.



**Figura 1.** Matriz de correlación de las diversas variables utilizadas en el análisis de Costa Rica. PIB per cápita (USD constantes de 2015) (GDP), Tierra agrícola (% de la superficie terrestre) (AL), Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita) (COMT), Consumo de energía renovable (% del consumo total de energía final) (REC), Recursos internos renovables de agua dulce per cápita (metros cúbicos) (RIF), Rentas totales de recursos naturales (% del PIB) (NRR), Pérdidas económicas en miles de dólares por desastres (DL).

Existe una fuerte correlación negativa entre las tierras agrícolas y el PIB per cápita, por tanto, se recomienda diversificar la economía para alejarla de una fuerte dependencia de la agricultura, y por ende con un mayor desarrollo económico. En el país, existe una correlación positiva entre las emisiones de CO2 per cápita y el PIB per cápita. Esto indica que el desarrollo económico conduce a mayores emisiones, enfatizando la importancia de equilibrar el crecimiento económico con la sostenibilidad ambiental a través de políticas verdes más eficientes.

Costa Rica tiene una fuerte correlación negativa entre los recursos internos renovables de agua dulce y el PIB per cápita (**Figura 2**). Esto destaca el papel fundamental de los recursos de agua dulce en el desarrollo económico y subraya la necesidad de una gestión integrada del recurso hídrico a través de políticas modernas y eficientes. A pesar de presentar millones de dólares en pérdidas económicas por desastres en las tres décadas de estudio, esta variable no tuvo fuertes correlaciones con otras de las variables estudiadas. Este resultado reafirma la complejidad del estudio de los desastres en un país geodinámico y climáticamente activo con una alta exposición y vulnerabilidad. Estos hallazgos destacan la importancia de políticas y acciones con enfoques desde lo local hacia lo regional y a escala nacional que fomenten la diversificación económica y la sostenibilidad en el país. En la **Figura 2** se destacan lo que serían los cuatro retos más importantes para afrontar el cambio global en Costa Rica.

## Referencias

- Banco Mundial. (2023). Indicadores nacionales. World Bank Data. <https://data.worldbank.org/>
- Castellanos, E. J. (2022). Central America in dire need of inclusive climate resilient development with support from the international community. *PLOS Climate*, 1(11), e0000105.
- EM-DAT. (2023). EM-DAT: The Emergency Events Database - Disasters by Country, 2023. Database on Disasters. <https://www.emdat.be/>
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International journal of environmental research and public health*, 16(6), 1060.



**Figura 2.** Los cuatro grandes retos del cambio global en Costa Rica. a) Diversificar la economía para lograr un desarrollo económico más equilibrado. b) Implementación de políticas verdes más eficientes para equilibrar el crecimiento económico con la sostenibilidad ambiental. c) Aumentar la proporción del consumo de energía renovable para reducir las emisiones de carbono. d) Gestión integrada del recurso hídrico mediante políticas modernas y eficientes.

- Garro-Quesada, M. D. M., Vargas-Leiva, M., Girot, P. O., & Quesada-Román, A. (2023). Climate Risk Analysis Using a High-Resolution Spatial Model in Costa Rica. *Climate*, 11(6), 127.
- Hagen, I., Huggel, C., Ramajo, L., Chacón, N., Ometto, J. P., Postigo, J. C., & Castellanos, E. J. (2022). Climate change-related risks and adaptation potential in Central and South America during the 21st century. *Environmental Research Letters*, 17(3), 033002.

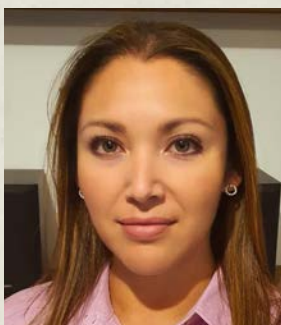
- Hidalgo, H. G., Amador, J. A., Alfaro, E. J., & Quesada, B. (2013). Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology*, 495, 94-112.
- Huang, Z., Yuan, X., & Liu, X. (2021). The key drivers for the changes in global water scarcity: Water withdrawal versus water availability. *Journal of Hydrology*, 601, 126658.
- Koengkan, M., Santiago, R., Fuinhas, J. A., & Marques, A. C. (2019). Does financial openness cause the intensification of environmental degradation? New evidence from Latin American and Caribbean countries. *Environmental economics and policy studies*, 21, 507-532.
- Leal Filho, W., Kovaleva, M., Tsani, S., Țircă, D. M., Shiel, C., Dinis, M. A. P., ... & Tripathi, S. (2022). Promoting gender equality across the sustainable development goals. *Environment, Development and Sustainability*, 1-22.
- Maria, A., Acero, J. L., Aguilera, A. I., & Lozano, M. G. (Eds.). (2017). Central America urbanization review: making cities work for Central America. World Bank Publications.
- Mausser, W., Klepper, G., Rice, M., Schmalzbauer, B. S., Hackmann, H., Leemans, R., & Moore, H. (2013). Transdisciplinary global change research: the co-creation of knowledge for sustainability. *Current opinion in environmental sustainability*, 5(3-4), 420-431.
- Panwar, V., & Sen, S. (2019). Economic impact of natural disasters: An empirical re-examination. *Margin: The Journal of Applied Economic Research*, 13(1), 109-139.
- Ortiz, D. I., Piche-Ovares, M., Romero-Vega, L. M., Wagman, J., & Troyo, A. (2021). The impact of deforestation, urbanization, and changing land use patterns on the ecology of mosquito and tick-borne diseases in Central America. *Insects*, 13(1), 20.
- Quesada-Román, A. (2021). Landslides and floods zonation using geomorphological analyses in a dynamic catchment of Costa Rica. *Revista cartográfica*, 102, 125-138.
- Quesada-Román, A. (2022). Disaster risk assessment of informal settlements in the Global South. *Sustainability*, 14(16), 10261.
- Quesada-Román, A. (2023). Priorities for natural disaster risk reduction in Central America. *PLOS Climate*, 2(3), e0000168.
- Quesada-Román, A., & Campos-Durán, D. (2023). Natural disaster risk inequalities in Central America. *Papers in Applied Geography*, 9(1), 36-48.
- Quesada-Román, A., Pérez-Umaña, D., & Brenes-Maykall, A. (2023). Relationships between COVID-19 and disaster risk in Costa Rican municipalities. *Natural Hazards Research*, 3(2), 336-343.
- Sánchez-Murillo, R., Esquivel-Hernández, G., Corrales-Salazar, J. L., Castro-Chacón, L., Durán-Quesada, A. M., Guerrero-Hernández, M., ... & Terzer-Wassmuth, S. (2020). Tracer hydrology of the data-scarce and heterogeneous Central American Isthmus. *Hydrological Processes*, 34(11), 2660-2675.
- Steffen, W., Sanderson, R. A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P. A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellhuber, H.J., Turner II, B.L., & Wasson, R. J. (2005). Global change and the earth system: a planet under pressure. Springer Science & Business Media.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Schellhuber, H. J., Dube, O. P., Dutreuil, S., Lenton, T.M., & Lubchenco, J. (2020). The emergence and evolution of Earth System Science. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(1), 54-63.
- Van Niekerk, D., Nema-konde, L. D., Kruger, L., & Forbes-Genade, K. (2018). Community-based disaster risk management. *Handbook of disaster research*, 411-429.
- Wei, T., Simko, V., Levy, M., Xie, Y., Jin, Y., & Zemla, J. (2017). Package 'corrplot'. *Statistician*, 56(316), e24.
- Xie, H., Zhang, Y., Wu, Z., & Lv, T. (2020). A bibliometric analysis on land degradation: Current status, development, and future directions. *Land*, 9(1), 28.



Centro de Investigaciones Geofísicas y Escuela de Física, Universidad de Costa Rica  
Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica  
(jorge.amador@ucr.ac.cr)

## Ciclones tropicales en el mar Caribe, el océano Pacífico tropical del este y el Atlántico norte en el contexto del calentamiento global 1966-2023: distribuciones estacionales y tendencias temporales

Jorge A. Amador  
Blanca Calderón



Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica  
(blancacalderonsolera@ucr.ac.cr)

El sistema climático terrestre (SCT), constituido físicamente por la atmósfera, la litósfera, la hidrósfera, la criósfera y la biósfera, es una compleja estructura del ambiente natural en la que sus componentes interactúan, en tiempo y espacio, de manera no lineal. Pequeñas fluctuaciones en uno de sus constituyentes pueden producir una significativa variabilidad en los otros elementos del sistema. El SCT es dinámico, se rige por las leyes físicas de interacción de los medios continuos (por ejemplo, las propias de los líquidos y gases), los cuales están sujetos a procesos de elongación, deformación y rotación. La evolución interna y la estabilidad dinámica del sistema están determinadas por procesos energéticos producto de otras interrelaciones, como lo son los cambios de fase entre diferentes estados termodinámicos del SCT (sólidos, líquidos y gases). Otras transformaciones pueden deberse a forzantes físicos externos e internos al sistema, entre ellos, variaciones en la radiación solar recibida o emisiones volcánicas significativas como las del Pinatubo en 1991 (Boretti, 2024) y el Hunga Tonga–Hunga Ha'apai en 2022 (Terry *et al.*, 2022).

La atmósfera terrestre, una de las componentes del SCT, es en promedio, un agregado de nitrógeno ( $\approx 78\%$ ) y de oxígeno ( $\approx 21\%$ ). El 1 % restante de su composición química es una combinación de argón, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua (VA), entre otros gases. A pesar de las concentraciones relativamente pequeñas del  $\text{CO}_2$  y el VA, con respecto a las del nitrógeno y del oxígeno, éstos juegan un papel fundamental en el balance de energía planetaria, ya que alteraciones en su concentración pueden provocar redistribuciones de energía en alguno(s) de los componentes del sistema.

El conocimiento sobre las concentraciones atmosféricas de gases y su impacto en el SCT tienen bases científicas históricas dignas de mencionar. Entre ellas, son notables las investigaciones de Henry Cavendish (1731-1810), físico y químico inglés, quien al trabajar sobre la composición del agua, fue el primero en obtener hidrógeno (<https://www.lifeder.com/henry-cavendish/>) y las de Joseph Priestley (1733-1804), científico, político y químico inglés, quien descubrió el agua carbonatada (soda) y el oxígeno como gas (<https://www.lifeder.com/joseph-priestley/>). Otros trabajos como el del irlandés John Tyndall (ca1822-1893), sobre coloides y la absorción de rayos de luz por esa mezcla, y el del fisicoquímico sueco Svante Arrhenius (1857-1927), sobre la influencia del carbono en la temperatura superficial del suelo, permitieron avances en el entendimiento de las interacciones entre los gases atmosféricos y los procesos radiativos terrestres. Debido a los experimentos

realizados por Tyndal y Arrhenius, la comunidad científica internacional, les considera como los precursores de los conceptos ligados al efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Sin embargo, Eunice Newton Foote (1819-1888), física y activista por los derechos humanos (en especial los de las mujeres), de origen estadounidense, había realizado, alrededor de unos tres años antes que esos dos científicos, un extraordinario experimento sobre la absorción de la luz solar por el carbono y el VA, concepto fundamental para entender la variabilidad e interacciones entre las componentes del SCT y el potencial impacto de los gases de efecto invernadero (GEI) en el sistema. Varios autores coinciden en que el trabajo de Foote no ha recibido el mérito histórico que merece (Sorenson, 2011; Jackson, 2020; Shapiro, 2021), de ahí su reconocimiento en este artículo.

A partir de la Revolución Industrial (RI) del siglo XVIII, se ha observado, en especial en la atmósfera, un aumento en las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) considerado de origen antropogénico; entre ellos, el  $\text{CO}_2$ , el metano y los clorofluorocarbonos. Una de las consecuencias conocidas de modificar la estructura química de la atmósfera terrestre, a partir de un estado inicial con solo un forzante externo (los GEI), es que las otras componentes del SCT, reaccionan mediante interacciones no lineales (en espacio y tiempo), para conducir al sistema a un nuevo estado de equilibrio radiativo. Este incremento de los GEI produce una absorción adicional de radiación solar en

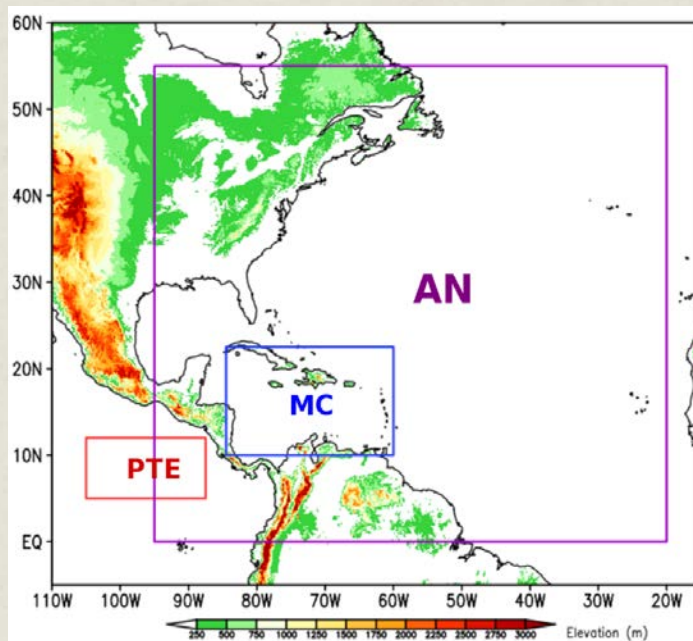
la troposfera, lo que provoca un calentamiento en esa región, con el impacto físico en las otras partes del SCT, en el caso terrestre especialmente en los océanos.

Aunque el sistema Tierra ha pasado anteriormente por etapas de calentamiento y enfriamiento, lo que produce modificaciones importantes en el clima (RMS, 2024; Boretti, 2024), se estima que las presentes alteraciones están asociadas a la pasada y actual influencia humana, luego de la RI. El calentamiento global del SCT en las últimas décadas (alrededor de 1.2 °C; Bardon, 2023) atribuido a las variaciones en las concentraciones de GEI (con diferentes impactos en los climas regionales) ha resultado, según indican las observaciones

de registros modernos (NASA, 2024; Deng, 2024, Storto y Yang, 2024), en que alrededor del 90 % de ese calentamiento está ocurriendo en los océanos. El calentamiento del agua en los océanos tiene un efecto de expansión del fluido y el consecuente incremento en el nivel del mar a nivel global. El aumento de temperatura de la superficie marina y de la capa límite oceánica no solo impacta la biodiversidad sino que al mismo tiempo favorece las condiciones dinámicas y termodinámicas para exacerbar el desarrollo de sistemas meteorológicos, cuyos ciclos de vida dependen de los cambios de fase, mediante mecanismos de evaporación, convección y precipitación. Los trópicos son regiones únicas para el desarrollo

de convección profunda asociada a una gran diversidad de sistemas vorticales y ondulatorios, cuya más relevante covariabilidad es la precipitación. Los ciclones tropicales (CT), entre esos sistemas, merecen un estudio especial, ya que en estas regiones tropicales los eventos hidrometeorológicos producidos por ellos, son los que mayor impacto social producen, presentando cuantiosas pérdidas de vidas humanas y económicas durante las últimas décadas (ver, por ejemplo, Amador, 2011; Amador y Alfaro, 2014; Amador *et al.* 2018; Maldonado *et al.*, 2020).

En este artículo se investiga si en las cuencas ciclogénicas cercanas a la región (Figura 1); el mar Caribe (MC,



**Figura 1.** Cuencas oceánicas utilizadas para el análisis de ciclones tropicales; el mar Caribe (MC, 10.0 - 22.5° N, 60.0 - 82.5° O), el océano Pacífico tropical del este (PTE, 5.0 - 12.0° N, 87.5 - 105.0° O) y el Atlántico norte (AN, 0 - 55.0° N, 20.0 - 95.0° O).

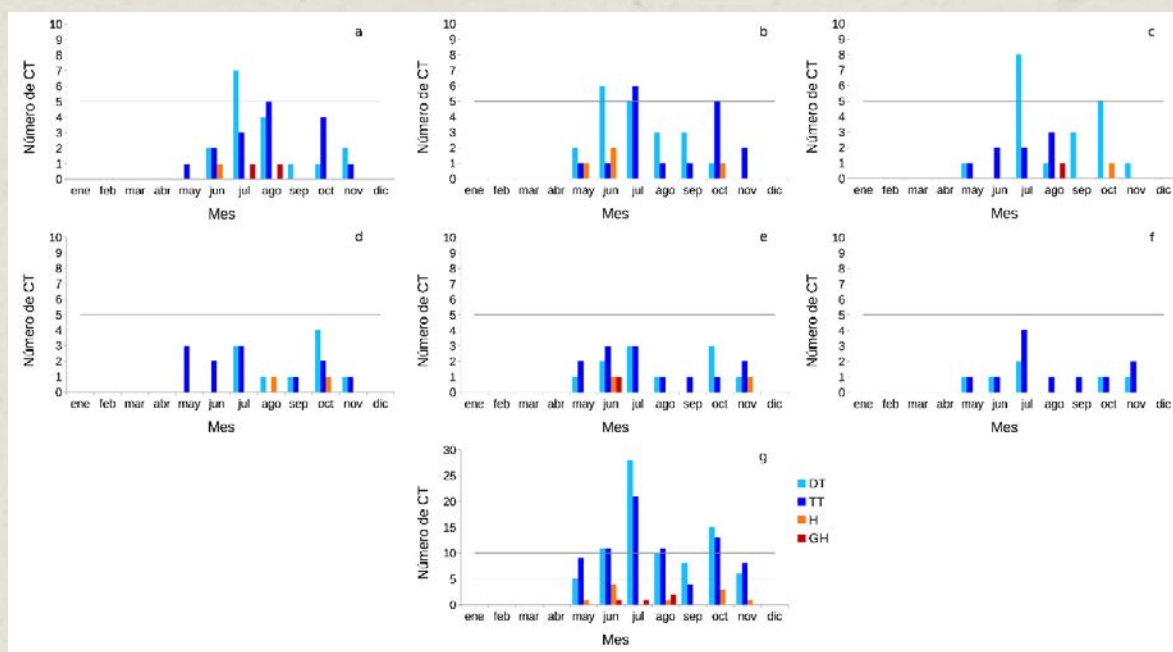
10.0 - 22.5° N, 60.0 - 82.5° O); el océano Pacífico tropical del este (PTE, 5.0 - 12.0° N, 87.5 - 105.0° O) y el Atlántico norte (AN, 0 - 55.0° N, 20.0 - 95.0° O), la frecuencia estacional y anual de CT han tenido alteraciones significativas en sus distribuciones entre 1966 (año en que se iniciaron las observaciones satelitales) y 2023, que puedan ser atribuidas al calentamiento global y a cambios en el clima regional. La extensión de cada área ha sido utilizada anteriormente para análisis de este tipo de problemas (Amador *et al.*, 2016a, b). La relación circa entre áreas del PTE; MC y AN es de 1; 4.47 y 53.09; con PTE = 743652 km<sup>2</sup>, respectivamente. La extensión de cada área tiene importancia si se analiza la densidad de CT en cada una de ellas, aspecto no tratado en este artículo, pues lo que interesa son las distribuciones estacionales y las tendencias en cada una de esas regiones. Se utiliza la base de datos Hurricane Database Second Generation (HURDAT2; Ladsea y Franklin, 2013), que consiste en un análisis de cada CT recopilado por el *National Hurricane Center* (NHC) y el *Central Pacific Hurricane Center* (CPHC), a partir de observaciones tanto en tiempo real como de datos registrados posteriores a cada evento. Los datos incluyen las trayectorias, los vientos máximos sostenidos en un minuto *a circa* 10 m de altura, la categoría y la presión mínima cada seis horas, para cada evento registrado. HURDAT2 cubre el AN desde 1851 hasta 2022, y el Pacífico central norte y noreste desde 1949 hasta 2022. Dado que HURDAT2 no incluye el año 2023, la data

se obtuvo de los reportes del NHC y CPHC. Para el estudio de las frecuencias estacionales e interanuales de los CT, se filtran los datos de HURDAT2 para el periodo 1966-2023 y se analizan las tres regiones ciclogénicas citadas (**Figura 1**). Luego, se hace un recuento estacional y anual del número de depresiones tropicales (DT), tormentas tropicales (TT), huracanes (H) con magnitud de vientos entre 119 y 177 km/h y grandes huracanes (GH), definidos de acuerdo con la escala Saffir-Simpson (Taylor *et al.*, 2010), estos últimos con vientos sostenidos superiores a 178 km/h. Para el estudio, solo se considera la máxima categoría anual alcanzada por los CT en cada región analizada. Se explora también, la distribución mensual de cada categoría (DT, TT, H y HM), agrupando esta distribución en conjuntos decadales, excepto el penúltimo que es de ocho años; a) 1966-1975, b) 1976-1985, c) 1986-1995, d) 1996-2005, e) 2006-2015, f) 2016-2023 y los acumulados para el periodo total, g) 1966-2023.

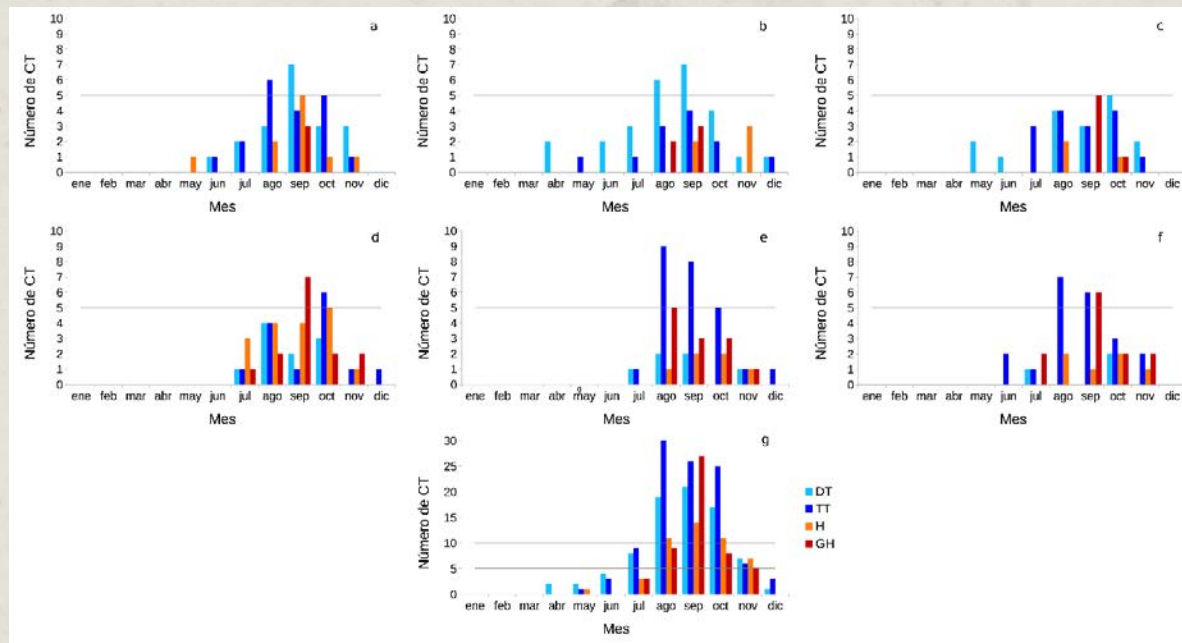
**E**l PTE es la menor de las áreas analizadas y por ende la que tiene menor densidad de CT, en general, por unidad de área (**Figuras 1, 2, 3**). Las DT (en celeste) no presentan un patrón estacional bien definido, siendo julio y en casos octubre los meses con una frecuencia que resalta sobre los otros meses (**Figura 2a - f**, en especial la **Figura 2g**). Las TT (en azul) presentan una alta variabilidad estacional en los subperiodos investigados, en los que julio-agosto y octubre predominan en el desarrollo de

estos sistemas. Es notable que en algunos de los subperiodos los TT se desarrollan al inicio de la temporada lluviosa en la región del PTE, posiblemente relacionados con la migración hacia el norte de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI). Curiosamente, los H y GH (en rosado y rojo, respectivamente), representan sistemas con frecuencias estacionales bajas o muy bajas comparados con los otros dos sistemas, las DT y las TT. Es relevante indicar que durante el último periodo analizado, 2016-2023, no se desarrollaron huracanes (**Figura 2f**), a pesar del calentamiento global observado en los océanos.

La **Figura 3** muestra la distribución mensual total de DT (celeste), TT (azul), H (rosado) y GH (rojo), para el MC para los periodos investigados. Las DT se caracterizan por una marcada variabilidad decadal según las categorías temporales usadas. En el MC, se observa que las DT están distribuidas, en especial en los primeros tres subperiodos (**Figuras 3a-c**), a lo largo de una estación ciclónica, que es más extensa (6 a 8 meses), que la de los últimos 28 años (**Figuras 3d, e, f**), con un número menor de meses con esa categoría (2 a 4 meses). Los picos de DT tienen gran variabilidad estacional, como



**Figura 2.** Distribución mensual media de depresiones tropicales (DT, celeste), tormentas tropicales (TT, azul), huracanes (H, rosado) y grandes huracanes (GH, rojo), de acuerdo con la escala de Saffir-Simpson, para el Pacífico tropical del este para los periodos: a) 1966-1975, b) 1976-1985, c) 1986-1995, d) 1996-2005, e) 2006-2015, f) 2016-2023 y g) 1966-2023. Fuentes: Hurricane Database Second Generation (HURDAT2), National Hurricane Center (NHC) y Central Pacific Hurricane Center (CPHC). Ver texto para otras definiciones.



**Figura 3.** Distribución mensual media de depresiones tropicales (DT, celeste), tormentas tropicales (TT, azul), huracanes (H, rosado) y grandes huracanes (GH, rojo), de acuerdo con la escala de Saffir-Simpson, para el mar Caribe para los periodos: a) 1966-1975, b) 1976-1985, c) 1986-1995, d) 1996-2005, e) 2006-2015, f) 2016-2023 y g) 1966-2023. Fuentes: Hurricane Database Second Generation (HURDAT2), National Hurricane Center (NHC) y Central Pacific Hurricane Center (CPHC). Ver texto para definiciones.

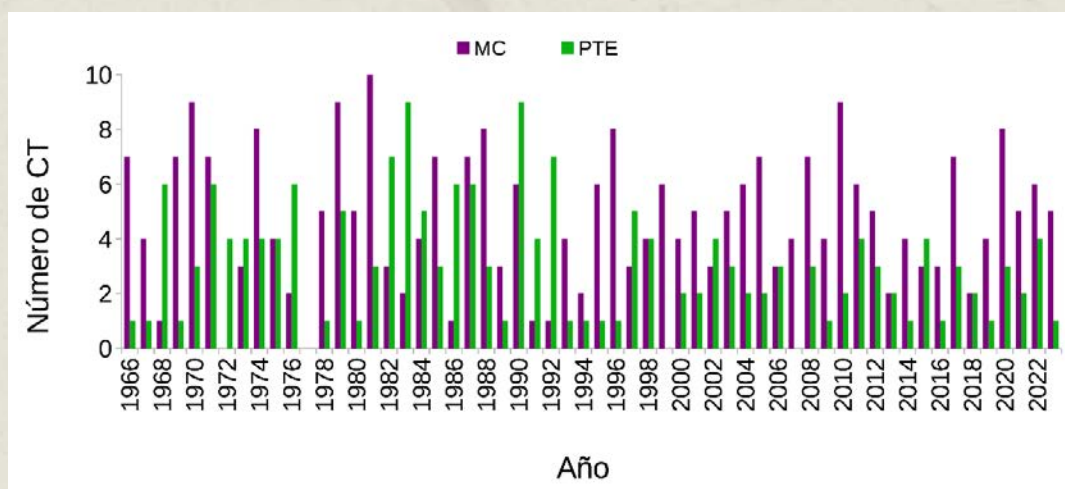
se desprende al comparar entre sí las **Figuras 3a-f**. Las TT se presentan estacionalmente en periodos de 5 meses o más, con máximos cerca de los meses intermedios de la temporada ciclónica (agosto-septiembre). Los H y GH son más frecuentes en septiembre (**Figura 3a-f**), excepto para el periodo 2006-2015. Se destaca que a partir de 1996, la frecuencia de GH aumenta al final de la temporada lluviosa (noviembre) en la región (**Figura 3d-f**). En las **Figuras 2 y 3** no se observa un patrón de distribución estacional que pueda ser asociado al calentamiento oceánico global medido, sin embargo, resulta de interés

para futuras investigaciones la presencia de un mayor número de CT a final de la temporada lluviosa en el MC. ¿Es esto indicativo de que puede esperarse un mayor número de GH a finales de año, si se considera un mayor calentamiento del AN con respecto al Atlántico sur? Aunque esta pregunta no pueden responderse en este momento, hay alguna evidencia de que regiones del Hemisferio Norte (por ejemplo, el Ártico), se están calentando más rápido que otras regiones del mundo (<https://council.science/es/current/blog/climate-explained-why-is-the-arctic-warming-faster-than-other-parts-of-the-world/>). Esta

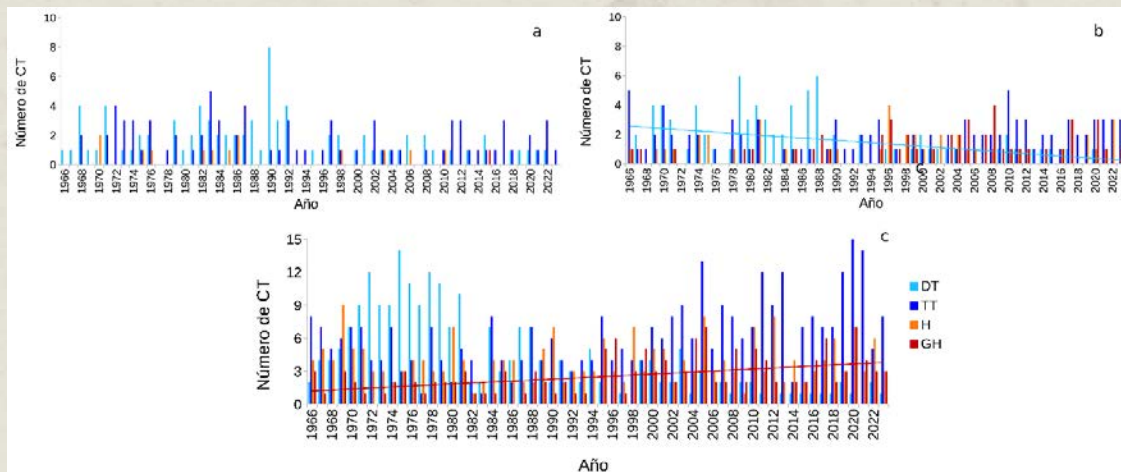
diferencia no podría ser atribuida únicamente al calentamiento global presente, más bien, existe la posibilidad de que sea parte de una variabilidad interna natural del SCT. Estas condiciones térmicas diferentes entre ambos hemisferios no han sido reproducidas, hasta el momento, por medio de modelos numéricos acoplados que incluyen casi todas las componentes del SCT (<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Las-temperaturas-de-los-hemisferios-norte-y-sur-han-diferido-de-forma-notable-en-los-ultimos-1.000-anos>, Neukom *et al.*, 2014).

Al analizar el número total de CT para las dos cuencas cercanas a Centroamérica (**Figura 4**, PTE en verde y MC en lila), se nota que hay un periodo histórico (circa, 1966–1994), a partir del cual, hay una notable disminución de

estos sistemas en el MC para el lapso posterior (aproximadamente, 1995–2023). Para investigar cuál de las categorías de CT, es la que más contribuye a esa aparente disminución de CT, se calculan las tendencias en el lapso estudiado (**Figura 5a-c**). Como se observa en la **Figura 5b**, solo el número de DT ha disminuido de manera estadísticamente significativa si se usa la prueba de Mann-Kendall, al 99 % de significancia. Las otras categorías no muestran una tendencia que pueda estar asociada a un calentamiento global del océano. Los CT en el PTE, en ninguna de sus categorías, presenta una tendencia significativa robusta, usando la prueba anterior con el mismo nivel de significancia. Para el AN, solamente los GH tienen una tendencia significativa (**Figura 5c**), coherente con un calentamiento oceánico



**Figura 4:** Total de ciclones tropicales en el mar Caribe (MC, lila) y en el Pacífico tropical del este (PTE, verde) para el periodo 1966-2023. Fuentes: Hurricane Database Second Generation (HURDAT2), National Hurricane Center (NHC) y Central Pacific Hurricane Center (CPHC). Fuentes: Hurricane Database Second Generation (HURDAT2), National Hurricane Center (NHC) y Central Pacific Hurricane Center (CPHC).



**Figura 5.** Totales por año de depresiones tropicales (DT, celeste), tormentas tropicales (TT, azul), huracanes (H, rosado) y grandes huracanes (GH, rojo), según la escala de Saffir-Simpson para las regiones oceánicas del a) Pacífico tropical del este, b) mar Caribe y c) Atlántico norte. Fuentes: Hurricane Database Second Generation (HURDAT2), National Hurricane Center (NHC) y Central Pacific Hurricane Center (CPHC). Fuentes: Hurricane Database Second Generation (HURDAT2), National Hurricane Center (NHC) y Central Pacific Hurricane Center (CPHC). Ver texto para definiciones.

global. Se destaca de los resultados obtenidos la disminución de DT en el MC y el aumento de GH en el AN, lo que parece ser coherente con el proyectado cambio hacia los polos de la ciclogénesis tropical, bajo un contexto de cambio climático (Cao *et al.*, 2024) en el modelo MRI-AGCM3.2H (Mizuta *et al.* 2019).

## Referencias

- Amador, J. A. (2011). Socio-economic impacts associated with meteorological systems and tropical cyclones in Central América. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(6), S184. [https://journals.ametsoc.org/downloadpdf/view/journals/bams/92/6/1520-0477-92\\_6\\_s1.pdf](https://journals.ametsoc.org/downloadpdf/view/journals/bams/92/6/1520-0477-92_6_s1.pdf)
- Amador, J. A., & Alfaro, E. J. (2014). Weather and climate socio-economic impacts in Central America for the management and protection of world heritage sites and the Diquis Delta culture in Costa Rica (a case study). *Advances in Geosciences*, 35, 157-167. [https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13484/2014\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13484/2014_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Amador, J. A., Rivera, E. R., Durán-Quesada, A. M., Mora, G., Sáenz, F., Calderón, B., & Mora, N. (2016). The easternmost tropical Pacific. Part I: A climate review. *International Journal of Tropical Biology*, 64(Suppl. 1), S1-S22. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i1.23407>
- Amador, J. A., Durán-Quesada, A. M., Rivera, E. R., Mora, G., Sáenz, F., Calderón, B., & Mora, N. (2016). The easternmost tropical Pacific. Part II: Seasonal and intraseasonal modes of atmospheric variability. *International Journal of Tropical Biology*, 64(Suppl. 1), S3-S57. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i1.23409>
- Amador, J. A., Hidalgo, H. G., Alfaro, E. J., Calderón, B., & Mora, N. (2018). Central America. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(8), S199-S200. <https://kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/85453/Amadoreta12018BAMS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Bardan, R. (2023). El análisis de la NASA confirma que 2023 fue el año más cálido registrado. *NASA*. <https://www.nasa.gov/news-release/el-analisis-de-la-nasa-confirma-que-2023-fue-el-ano-mas-calido-registrado/#:~:text=Las%20temperaturas%20globales%20del%20a%C3%B1o,de%20la%20NASA%20en%20Nueva>
- Boretti, A. (2024). Reassessing the cooling that followed the 1991 volcanic eruption of Mt. Pinatubo. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 106187. [https://ui.adsabs.harvard.edu/link\\_gateway/2024JASTP.25606187B/doi:10.1016/j.jastp.2024.106187](https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2024JASTP.25606187B/doi:10.1016/j.jastp.2024.106187)
- Cao, X., Watanabe, M., Wu, R., Chen, W., Sun, Y., Yan, Q., Wang, P., Deng, D., & Wu, L. (2024). The projected poleward shift of tropical cyclogenesis at a global scale under climate change in MRI-AGCM3. 2H. *Geophysical Research Letters*, 51(3), e2023GL107189. <https://doi.org/10.1029/2023GL107189>
- Deng, W. (2024). Ocean warming and warning. *Nature Climate Change*, 14(2), 118-119. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01921-z>
- Jackson, R. (2020). Eunice Foote, John Tyndall and a question of priority. *Notes and Records*, 74(1), 105-118. <https://doi.org/10.1098/rsnr.2018.0066>
- Landsea, C. W., & Franklin, J. L. (2013). Atlantic Hurricane Database Uncertainty and Presentation of a New Database Format. *Monthly Weather Review*, 141(10), 3576-3592. <https://doi.org/10.1098/rsnr.2018.0066>
- Maldonado, T., Amador, J. A., Rivera, E. R., Hidalgo, H. G., & Alfaro, E. J. (2020). Examination of WRF-ARW Experiments Using Different Planetary Boundary Layer Parameterizations to Study the Rapid Intensification and Trajectory of Hurricane Otto (2016). *Atmosphere*, 11(12), 1317. <https://doi.org/10.3390/atmos11121317>
- Mizuta, R., Yoshimura, H., Ose, T., Hosaka, M., & Yukimoto, S. (2019). MRI MRI-AGCM3-2-H model output prepared for CMIP6 HighResMIP. Version 20200619. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.10942>
- NASA. (2024). Signos vitales. Cambio Climático Global. <https://climate.nasa.gov/en-espanol/signos-vitales/calentamiento-del-oceano/#:~:text=El%20noventa%20por%20ciento%20del,muestra%20en%20el%20gr%C3%A1fico%20superior.>
- Neukom, R., Gergis, J., Karoly, D. J., Wanner, H., Curran, M., Elbert, J., González-Rouco, F., Linsley, B. K., Moy, A. D., Mundo, I., Raible, C., Steig, E. J., van Ommen, T., Vance, T., Villalba, R., Zinke, J., & Frank, D. (2014). Inter-hemispheric temperature variability over the past millennium. *Nature Climate Change*, 4(5), 362-367. <https://doi.org/10.1038/nclimate2174>
- RMS (Royal Meteorological Society). (2024). What is meant by climate change? <https://www.metlink.org/resource/climate-change-2/>
- Shapiro, M. (August 23<sup>rd</sup>, 2021). Eunice Newton Foote's nearly forgotten discovery. *Physics Today*, 23 August 2021. <https://pubs.aip.org/physicstoday/online/30361>
- Sorenson, R. P. (2011). Eunice Foote's pioneering research on CO2 and climate warming. Search and Discovery, 70092. [https://www.searchanddiscovery.com/documents/2018/70317sorenson/ndx\\_sorenson.pdf](https://www.searchanddiscovery.com/documents/2018/70317sorenson/ndx_sorenson.pdf)
- Storto, A., & Yang, C. (2024). Acceleration of ocean warming from 1961 to 2022 unveiled by large-ensemble reanalyses. *Nature Communications*, 15(1), 545. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-44749-7>
- Taylor, H. T., Ward, B., Willis, M., & Zaleski, W. (2010). *The Saffir-Simpson hurricane wind scale*. National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane Center. <https://www.nhc.noaa.gov/about-shws.php>
- Terry, J. P., Goff, J., Winspear, N., Bongolan, V. P., & Fisher, S. (2022). Tonga volcanic eruption and tsunami, January 2022: Globally the most significant opportunity to observe an explosive and tsunamigenic submarine eruption since AD 1883 Krakatau. *Geoscience Letters*, 9(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40562-022-00232-z>



**Investigador-docente del Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (Cemed), Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional**  
([pavel.bautista.solis@una.ac.cr](mailto:pavel.bautista.solis@una.ac.cr))

## Importancia del cambio global para la región Chorotega de Costa Rica

Pável Bautista Solís  
Christian Golcher Benavides



**Investigador-docente del Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (Hidrocec), Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional**  
([christian.golcher.benavides@una.ac.cr](mailto:christian.golcher.benavides@una.ac.cr))

El cambio global es uno de los conceptos más importantes para comprender la realidad actual. Diversos impactos biofísicos y socioeconómicos se observan actualmente en tal magnitud en la Tierra que su influencia en la sociedad y los ecosistemas naturales a escala local es innegable y muy importante para asegurar el futuro de la población mundial (Richardson *et al.*, 2023). Paradójicamente, su importancia ha trascendido limitadamente en la literatura científica costarricense, donde se encuentran pocos estudios que utilicen integralmente este concepto. El trabajo pretende revisar la definición de cambio global y los antecedentes en el uso de este concepto a fin de analizar sus impactos trascendentales en una región del corredor seco mesoamericano como la provincia de Guanacaste, conocida como Región Chorotega, Costa Rica. A continuación, presentamos primero una revisión de definiciones del cambio global; segundo, revisamos los antecedentes en Costa Rica reportados en la literatura científica disponible; y, por último, discutimos la evidencia sobre las causas e impactos del cambio global en la región Chorotega.

Existen diversas menciones y definiciones de cambio global en la literatura internacional. Price (1989) efectuó una revisión del origen del concepto identificando su uso a través de varias décadas de finales del siglo XX. El autor apunta que el concepto fue utilizado para referirse a cambios socioeconómicos y políticos internacionales de gran escala, para posteriormente ser adaptado a las ciencias físicas y biológicas. Camill (2010) propone su estudio en una ciencia multidisciplinaria que involucra a científicos físicos y biológicos, dado que el interés es comprender cómo los cambios globales afectan los sistemas biológicos a diversas escalas, pero más aún, es importante notar que el cambio global incluye también causas antropogénicas, es decir producidas por el ser humano (National Research Council, 2000). El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2019) define al cambio global como “*un término genérico para describir cambios a escala global en sistemas, incluyendo el sistema climático, ecosistemas y sistemas socio-ecológicos*”. Esto implica que el cambio climático es un tipo específico de cambio global y no el único existente. Así desde Price (1989), se argumentaba que es necesaria una definición de cambio global holística, que reconozca la relación entre sistemas humanos y naturales, así como las diferencias en las escalas temporales de las disciplinas científicas. Considerando esto, el estudio del cambio global trata de comprender los tipos y magnitudes del cambio global provocado por humanos, para orientar el

curso del cambio y donde sea posible, intervenir para moderar los impactos dañinos (National Research Council, 2000).

La literatura científica en Costa Rica ha utilizado el término cambio global de manera limitada<sup>1</sup>. Si bien, una búsqueda realizada en Google Académico con las palabras claves *Costa Rica* y *global change* identificó<sup>2</sup> 38 800 documentos con ambas palabras clave; si se solicitan los documentos que específicamente incluyen estas palabras clave en el título, de la búsqueda sólo resultan tres documentos y uno de ellos, no incluye propiamente el término *global change*. El trabajo pionero que sí incluye ambos términos es la tesis doctoral de Benjamin Warner de Arizona State University (Warner, 2014). Al efectuar la búsqueda en español, se encontraron 5 570 documentos utilizando ambas palabras clave en cualquier parte del texto y solo uno incluye ambas palabras clave en el título. Este corresponde a un capítulo de libro derivado de una tesis académica de Arias y Zúñiga (2008). Esto refleja un uso limitado de un concepto clave por parte de la academia costarricense.

En su estudio, Arias y Zúñiga (2008) incluyeron como factores de cambio global al fenómeno ENOS-Oscilación del Sur, el cambio climático y sus causas,

1 Se considera limitado dado que el mismo buscador de documentos académicos ofrece un total de 2 970 000 documentos con la palabra clave *Costa Rica*. Por lo tanto la combinación con la palabra clave *global change* representa solo un 1.3 % del total de documentos sobre Costa Rica y la combinación con “cambio global” representa solo el 0.18 % del total de documentos sobre Costa Rica.

2 Búsqueda efectuada el 30 de marzo de 2024.

la variabilidad climática y el incremento del nivel del mar. En la investigación analizaron el impacto del cambio climático en la disponibilidad hídrica del acuífero Santa Cruz para consumo humano, considerando escenarios al 2075, reportan déficit hídrico por el incremento exponencial demográfico y la reducción en la precipitación (15 %), advirtiendo un potencial déficit en la recarga del acuífero que podría llevar a su sobreexplotación.

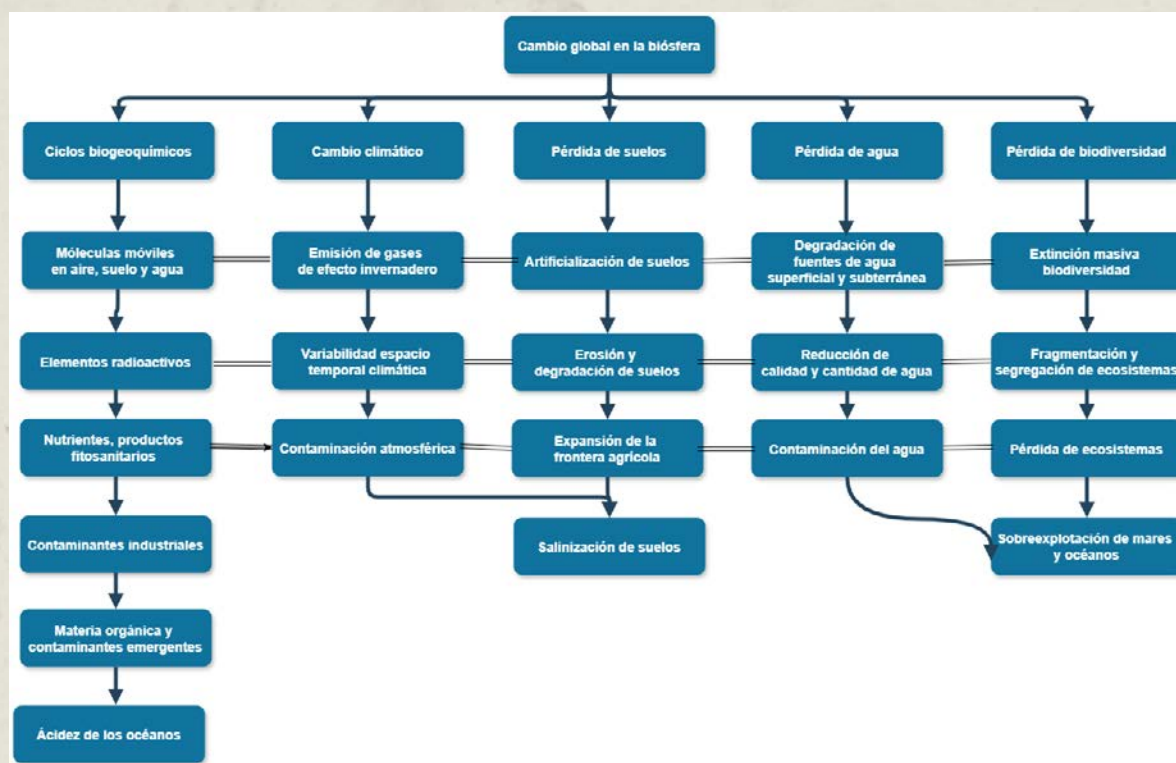
Los trabajos en inglés con ambas palabras clave en su título son: la tesis doctoral de Benjamin Warner ([Warner, 2014](#)) y el artículo publicado derivado ([Warner et al., 2015](#)). La tesis se centra en el impacto del cambio global en la agricultura de pequeños productores de arroz en Guanacaste. En ambos trabajos el cambio global se refiere a impactos de la liberación del comercio internacional y del cambio climático. El amplio detalle de este trabajo permite visualizar cómo las políticas de liberalización comercial afectaron a los pequeños productores de arroz y favorecieron a los grandes productores, agroindustriales e importadores. Esto a pesar de la existencia de gran inversión del estado, como la obra de adaptación al cambio climático del distrito de riego Arenal-Tempisque, operado por el Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (SENARA).

Ahora bien, la definición de cambio global y los ejemplos de estudios en Costa Rica sirven como marco para discutir las causas y los impactos del cambio global en la provincia, Guanacaste o

Región Chorotega. La estructura de este análisis se inspira en [Camill \(2010\)](#), pero se limita a causas y consecuencias clave de las cuales se cuenta con información. Además, se sigue la recomendación planteada por [Pahl-Wolst et al. \(2013\)](#) de integrar el análisis biofísico y socioeconómico.

La **Figura 1** resume los principales impactos del cambio global en los ciclos biogeoquímicos, hidrológicos y sobre los recursos naturales. Los acumulados procesos de contaminación y de degradación ambiental, en particular de los cuerpos de agua superficial y subterráneos, afectan a la sociedad en su conjunto, pero principalmente a las poblaciones más vulnerables. En consecuencia, las comunidades rurales costarricenses requieren organizar su desarrollo territorial y favorecer procesos de resiliencia y adaptación a los cambios globales que los afectan.

La sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación del ambiente con diversas sustancias, están afectando severamente la flora y la fauna en un nuevo período de extinción masiva de especies ([Dirzo et al. 2014](#); [Jonson et al. 2017](#)). El último inventario nacional 2021, estimó las emisiones de gases de efecto invernadero 2017 de Costa Rica en 14 477.61 Gg de CO<sub>2</sub> eq; la tendencia 1990-2017 muestra un incremento en emisiones de los principales sectores del país: energía: 176 %; procesos industriales y uso de productos: 157 %; residuos 110 %; así como una reducción del 21 % en la agricultura, que se atribuye principalmente a cambios en el tipo de ganado y las áreas



**Figura 1.** Resumen de los principales impactos del Cambio Global en la biosfera. Fuente: Modificado de *Vargas Venegas et al., 2023*.

cultivadas de Costa Rica. (Chacón Araya y Blanco Salas, 2021).

La provincia de Guanacaste es vulnerable al cambio climático. Primero, por una vulnerabilidad biofísica al ser un territorio ubicado en el corredor seco centroamericano (Morataya y Bautista, 2020). Segundo, por la dependencia de las actividades socioeconómicas preponderantes que requieren una gran cantidad de agua como cultivos agroindustriales; o usan agua durante épocas de aridez estacional en el caso del turismo. El turismo nacional e internacional tiene por temporada alta de visitación un periodo

de finales de noviembre a finales de abril, que coincide con el invierno en los países del norte global y con la época seca de Guanacaste. En estos períodos la precipitación se reduce por la variabilidad natural del clima. Por otro lado, los escenarios de cambio climático indican que los impactos del cambio climático incluyen un aumento de la temperatura ambiental que traerá consigo un incremento en la necesidad hídrica de los ecosistemas naturales y la sociedad (Hidalgo et al., 2013). Investigaciones recientes confirman esta situación según los escenarios más avanzados del IPCC a una escala

espacial 1 km \* 1 km (Hidalgo *et al.*, 2023). El cambio de escala y el mejoramiento de la resolución facilitará la planeación y el análisis a una escala pertinente para planear el desarrollo local. De hecho, ya existen algunos trabajos que exploran los impactos del cambio climático en áreas específicas de Guanacaste como el cantón La Cruz (Hidalgo *et al.*, 2021).

En Guanacaste, se ha estudiado el cambio en el uso de la tierra como indicador de la acción humana en el territorio. La producción ganadera extensiva, el cultivo de pastos, granos básicos, caña de azúcar, cucurbitáceas, café, entre otros cultivos perennes y estacionales han impulsado los cambios en el uso de la tierra. Costa Rica desarrolló durante el siglo XX un marco político-institucional que favoreció procesos naturales de regeneración y conservación de la naturaleza. La conservación de la biodiversidad en zonas boscosas ha sido especialmente canalizada mediante el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y el programa nacional de pago por servicios ambientales del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) (Corrales-Chaves, 2019). Así, diversos estudios señalan en los últimos 25 años, incrementos en la cobertura forestal de la provincia. La conservación de estos ecosistemas ha dado una importante recuperación en su cobertura forestal pasando del 51 % en 2005 a 60 % en 2015. No obstante, en el período se perdieron 63 650 ha de bosque sobre todo para establecer pastos y cultivos (Medina, 2020; Tapia-Areanas, 2016). Más aún, el auge que ha experimentado la

provincia en el desarrollo turístico-inmobiliario presiona una expansión de la frontera urbana. En efecto, se han evidenciado fuertes tendencias de crecimiento del espacio urbano, por ejemplo, el observado en El Coco (cantón de Carrillo) entre 1998 y 2016 (Orias Arguedas, 2016).



**Figura 2.** Uso del agua para actividades turísticas en Guanacaste, Costa Rica. Fotografía: Pável Bautista Solís.

Otro efecto relevante del cambio global para Guanacaste es el crecimiento demográfico y la tendencia de la población mundial para vivir en ambientes urbanos, asociado a hábitos de consumo de la población. Actualmente, coexisten en el mundo 8 100 656 278 personas<sup>3</sup> y la mayor parte vive en ambientes urbanos. En América Central y República Dominicana el sistema registró una población de 33.4 millones de personas

<sup>3</sup> <https://www.worldometers.info/faq/> datos consultados el 02/03/2024.

con un estilo de vida predominantemente occidental, contando con 57 ciudades con al menos 50 000 habitantes, de las cuales Liberia capital de Guanacaste, es considerada altamente vulnerable al cambio climático (Espinoza Hernández *et al.*, 2023). INEC (2023a) estimó la población total de Costa Rica en 5 044 197 habitantes. Guanacaste con una superficie del 20 % del territorio nacional, contó 412 808 habitantes (INEC, 2022b). Los tres cantones de población mayor a 50 mil habitantes son Liberia, Santa Cruz y Nicoya, con 80 130, 72 366 habitantes y 66 268 habitantes respectivamente (INEC, 2023b). No obstante, en la dinámica poblacional hay que tomar en cuenta la población flotante generada por temporadas turísticas de alta visitación a lo largo del año. Aunque no se encontraron reportes exclusivos para Guanacaste, en 2023 se estimó un total de 2 751 134 visitantes<sup>4</sup> para toda Costa Rica, de los cuales 100 051 ingresaron por vía aérea en el aeropuerto Daniel Oduber, ubicado en Liberia (ICT, 2024). Esta actividad económica presiona al desarrollo inmobiliario y de bienes raíces (Ramírez Cover, 2008; Barboza Núñez, 2016; Barboza Núñez, 2023; Silva Lucas, 2023).

Aunado al crecimiento demográfico, los hábitos de consumo son relevantes, pues cada vez se asientan patrones alimentarios como la predilección por comida rápida, el uso de alimentos procesados importados a Costa Rica y cuya huella

hídrica y de carbono supera a los de la dieta tradicional Guanacasteca basada en el maíz y el frijol. Incluso la dieta tradicional se basa en productos importados, ya que Costa Rica importa casi el 99 % del maíz (Figura 3), 75 % del arroz y el 90 % de los frijoles que consume de países como Brasil, Uruguay, China y Nicaragua (Conarroz, 2023; Molina, 2022). Guevara-Villalobos *et al.* (2019) reportaron que la dieta de los hogares urbanos de Costa Rica se basa en el consumo de café, pan, arroz blanco y bebidas azucaradas, notando también un consumo deficitario de leguminosas, frutas, vegetales y pescado.



**Figura 3.** Utilización de masa de maíz para la elaboración de la tortilla en Guanacaste, Costa Rica. Fotografía: Pável Bautista Solís.

4 <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estadisticas/cifras-turisticas/motivos-de-viaje/2666-motivo-principal-de-visita-2018-2023/file.html> Datos consultados el 02/03/2024.

En cuanto a las presiones por el acceso al agua en cantidad y calidad suficientes para desarrollar y satisfacer las necesidades humanas, la provincia presenta abundante agua disponible durante el año. Sin embargo, está mal distribuida espacial y temporalmente. Las cuencas del río Tempisque y Bebedero presentan precipitaciones medias anuales de 1 768 mm y 1 713 mm respectivamente (Lafragua *et al.*, 2008), un volumen de agua superficial escurrida en la cuenca Tempisque-Bebadero de 3 269 hm<sup>3</sup> para el año 2000 (Lafragua *et al.*, 2008). Estos recursos hídricos presentan una fuerte estacionalidad producto de la variabilidad climática, el efecto de la alternancia entre fases cálidas y frías del fenómeno ENOS. La dispar distribución espacial y temporal del agua ha condicionado los procesos de sobreexplotación de fuentes de agua superficial y subterránea que se observan en la región.

En conclusión, el futuro de la provincia de Guanacaste enfrenta desafíos significativos no tan evidentes pues se encuentran interconectados con fenómenos biofísicos, económicos y sociales que ocurren a escala global. En particular, son afectados los sistemas biológicos que brindan flujos de bienes y servicios ambientales fundamentales para el desarrollo humano. El empleo de un enfoque sistémico sobre la gestión del sistema socioecológico es necesario para dar seguimiento a las presiones y a los impactos que se desarrollan en el marco de los cambios globales. Las asimetrías económicas

y de poder que han ocurrido en la provincia de Guanacaste han definido la gestión del territorio, del agua y de los recursos naturales. A su vez, estas han configurado las condiciones para la gestión del riesgo y en definitiva la capacidad de adaptación de las poblaciones vulnerables.

### Agradecimientos

PB Y CG agradecen a la Sede Regional Chorotega de la Universidad Nacional por el tiempo concedido para el desarrollo de actividades de investigación y extensión a través de los programas Cemed-UNA (SIA 0549-20) e Hidrocec-UNA (SIA 0347-21). Además, se agradecen discusiones previas sobre el tema con el equipo del proyecto Cadico-DTR (SIA 0277-18) y el financiamiento de la Vicerrectoría de Extensión de la Universidad Nacional para llevarlo a cabo a través del Fondo Concursable Funder-2017. Asimismo, PB y CG agradecen el apoyo de los proyectos vigentes: EduFrontera (SIA 0063-22), OCAS-Chorotrega (SIA 0104-22) y EcoSalud(SIA 0019- 23). Este trabajo se llevó a cabo parcialmente gracias a la subvención concedida por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), Ottawa, Canadá y el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA) al proyecto RC4 (CR-66, SIA 0054-23). Las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente las del IDRC, CSUCA o las de la Junta de Gobernadores.

## Referencias

- Arias, M. E. y Zúñiga, E. (2008). Efectos del cambio global en Costa Rica y la afectación en la Recarga del acuífero de Santa Cruz. En *El efecto de los Cambios Globales sobre los Recursos Hídricos y Ecosistemas Marino Costeros*. Programa CYTED, Red 406RT0285. <https://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/976/EI%20agua%20en%20Iberoamérica.%20Efecto%20cambios%20globales%20sobre%20los%20recursos%20hídricos%20y%20ecosistemas%20marino%20costeros%20Part2.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Barboza Núñez, E. (2016). Ciudades Amuralladas del Siglo XXI: producción del espacio y colonialidad en el turismo de playa intramuros en Guanacaste, Costa Rica. *Revista Latino-Americana De Turismo*, 2(1), 71-83. <https://periodicos.ufjf.br/index.php/rlaturismologia/article/view/10012>
- Barboza Núñez, E. (2023). *Boom inmobiliario dispar para construcción en zonas costeras de Guanacaste*. <https://www.obtur.una.ac.cr/index.php/boom-inmobiliario-dispara-construccion-en-zonas-costeras-de-guanacaste>
- Camill, P. (2010) Global Change. *Nature Education Knowledge* 3(10):49. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/global-change-an-overview-13255365/>
- Chacón Araya, A. R., y Blanco Salas, K. (2021). *Inventario Nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de Gases de Efecto Invernadero de Costa Rica 1990-2017*. MINAE. IMN. <http://eglobal.imn.ac.cr/index.php/publications/inventariogeicostarica2017/>
- Corporación Arrocería Nacional [Conarroz, CR]. (2023). *Informe anual estadístico 2022-2023*. Conarroz. <https://www.conarroz.com/userfile/file/Operaciones/InformeAnualEstadístico22-23.pdf>
- Corrales-Chávez, L. (2019). *Uso, Conservación y gestión de la biodiversidad y los recursos forestales. Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2019*. Programa Estado de la Nación. San José. [https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2019/11/informe\\_estado\\_nacion\\_2019.pdf](https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2019/11/informe_estado_nacion_2019.pdf)
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., y Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195)401-406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>
- Espinoza Hernández, M. E., Camacho Velázquez, M., Dobles Perriard, E., Baide Muñoz, M. R., y Mencía Salgado, Ó. R. (2023). *Reporte del estado de las ciudades de Centroamérica y República Dominicana*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat). <https://onuhabitat.org.mx/index.php/reportes-del-estado-de-las-ciudades-de-centroamerica-y-republica-dominicana>
- Guevara-Villalobos, D., Céspedes-Vindas, C., Flores-Soto, N., Úbeda-Carrasquilla, L., Chinnock, A., y Gómez, G. (2019). Hábitos alimentarios de la población urbana costarricense. *Acta Médica Costarricense*, 61(4), 152-159. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-60022019000400152&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022019000400152&lng=en&tlng=es)
- Hidalgo, H. G., Amador, J. A., Alfaro, E. J., y Quesada, B. (2013). Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology*, 495, 94-112. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.05.004>
- Hidalgo, H.-G., Alfaro, E.-J., Pérez-Briceño, P.-M., Hidalgo, H.-G., Alfaro, E.-J., y Pérez-Briceño, P.-M. (2021). Cambios climáticos proyectados de modelos CMIP5 en La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 69, 60-73. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69is2.48307>
- Hidalgo, H. G., Alfaro, E. J., Pérez-Briceño, P. M., Calderón-Solera, B., y Cerda-Escare, I. (2023). Escenarios de cambio climático de última generación para América Central y la República Dominicana: Implicancias en la gestión de la inversión pública. *La Integración Centroamericana avanzando hacia el desarrollo sostenible, resiliente, innovador e inclusivo*, 1(1). [https://www.researchgate.net/publication/379076942\\_Escenarios\\_de\\_Cambio\\_Climatico\\_de\\_ultima\\_generacion\\_para\\_America\\_Central\\_y\\_la\\_Republica\\_Dominicana\\_Implicancias\\_en\\_la\\_gestion\\_de\\_la\\_inversion\\_publica](https://www.researchgate.net/publication/379076942_Escenarios_de_Cambio_Climatico_de_ultima_generacion_para_America_Central_y_la_Republica_Dominicana_Implicancias_en_la_gestion_de_la_inversion_publica)

- Instituto Costarricense de Turismo [ICT]. (2024). *Situación del turismo en Costa Rica. Análisis de los principales indicadores turísticos. Cierre 2023*. <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/informes-estad%C3%ADsticos/monitoreo-tur%C3%ADstico/2613-informe-cierre-2023/file.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC, CR]. (2023a). *Estimación de población y vivienda 2022: Resultados generales*. INEC. [https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-10/rePoblacResultadosGenerales\\_Estimacion\\_poblacion\\_vivienda\\_2022\\_0.pdf](https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-10/rePoblacResultadosGenerales_Estimacion_poblacion_vivienda_2022_0.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC, CR]. (2023b). *Guanacaste: Estimación de población y vivienda 2022*. [https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-07/INFOGRAFIA\\_ESTIM\\_POB\\_VIV\\_2022\\_GUANACASTE.pdf](https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-07/INFOGRAFIA_ESTIM_POB_VIV_2022_GUANACASTE.pdf)
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. (2019). Annex I: Glossary [Weyer, N.M. (ed.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. <https://apps.ipcc.ch/glossary/>
- Lafragua, J., Sánchez, L. F., González, D., Bahena, A., y García, I. (2008). *Elaboración de balances hídricos por cuencas hidrográficas y propuesta de modernización de las redes de medición en Costa Rica: balances hídricos mensuales oferta y demanda*. San José: Ministerio de Ambiente y Energía/Departamento de Aguas. [https://da.go.cr/wp-content/uploads/2016/07/BALANCE-HIDRICO\\_Mayo-08-.pdf](https://da.go.cr/wp-content/uploads/2016/07/BALANCE-HIDRICO_Mayo-08-.pdf)
- Medina, W. (2020). *Evaluación del Modelo de Cartografía de Riesgos de Incendios Forestales en el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica*. [Tesis de doctorado no publicada]. Universidad Estatal a Distancia UNED.
- Molina, L. (2022, septiembre 14). Costa Rica está entre los países más dependientes de la importación de granos básicos. *Semanario Universidad*. <https://semanariouniversidad.com/pais/costa-rica-esta-entre-los-paises-mas-dependientes-de-la-importacion-de-granos-basicos/>
- Morataya-Montenegro, R., y Bautista-Solís, P. (2020). Water Governance and Adaptation to Drought in Guanacaste, Costa Rica. En E. de O. Vieira, S. Sandoval-Solis, V. de A. Pedrosa, y J. P. Ortiz-Partida (Eds.), *Integrated Water Resource Management: Cases from Africa, Asia, Australia, Latin America and USA* (pp. 85-99). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16565-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16565-9_8)
- National Research Council, US. (2000). *Global Change Ecosystems Research*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9983>
- Orias Arguedas, L. (2016). Cambios en el uso de la tierra, urbanización y recurso hídrico: transformaciones del espacio costero de El Coco, Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Historia*, (74), 71-87. <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/20720/LIDIA%20ORÍAS%20ARGUEDAS%20Cambios%20en%20el%20uso%20de%20la%20tierra%20Urbanización%20y%20recurso%20hídrico%20Transformaciones%20del%20espacio%20costero%20de%20El%20Coco%20Guanacaste%20Costa%20Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pahl-Wostl, C., Giupponi, C., Richards, K., Binder, C., de Sherbinin, A., Sprinz, D., Toonen, T., y van Bers, C. (2013). Transition towards a new global change science: Requirements for methodologies, methods, data and knowledge. *Special Issue: Responding to the Challenges of our Unstable Earth (RESCUE)*, 28, 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.11.009>
- Price, M. F. (1989). Global Change: Defining the Ill-Defined. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 31(8), 18-44. <https://doi.org/10.1080/00139157.1989.9928971>
- Ramírez Cover, A. (2008). Conflictos socio-ambientales y recursos hídricos en Guanacaste. Una descripción desde el cambio en el estilo de desarrollo (1997-2006). *Anuario de Estudios Centroamericanos*, 33(1-2), 359-385. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/view/1169>

- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., ... Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37), <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Silva Lucas, A. (2023). *Reactivación turística y conflictos socioecológicos en Guanacaste*. Alba Sud Editorial. Serie Informes en Contraste, núm. 22. <https://www.albasud.org/publicacion/es/117/reactivacion-turistica-y-conflictos-socioecologicos-en-guanacaste>
- Tapia-Arenas, C.A. (2016). Análisis del cambio de cobertura forestal 2005-2015 en Guanacaste, Costa Rica. Tesis de licenciatura aprobada por la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6735/analisis\\_cambio\\_cobertura\\_forestal\\_2005\\_2015\\_guanacaste\\_costa\\_rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20extensión%20total%20de%20la,-9%20145%20ha%20Fañó](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6735/analisis_cambio_cobertura_forestal_2005_2015_guanacaste_costa_rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20extensión%20total%20de%20la,-9%20145%20ha%20Fañó)
- Warner, B. (2014). *A study of agrarian rural development in Northwest Costa Rica* [Tesis de doctorado no publicada]. Arizona State University]. <https://hdl.handle.net/2286/R.I.24966>
- Warner, B. P., Kuzdas, C., Yglesias, M. G., y Childers, D. L. (2015). Limits to adaptation to interacting global change risks among smallholder rice farmers in Northwest Costa Rica. *Global Environmental Change*, 30, 101-112. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.11.002>
- Vargas Venegas, M. de los Á., Ávila Artavia, A., Arroyo Zeledón, M. S., Aguilar Ellis, A. N., Saénz-Segura, F., Golcher-Benavides, C., y Bautista-Solís, P. (2023). *Diagnóstico de la región Chorotega*. Hidrocec. EPPS. Cinpe. Cemed. UNA.



**Centro de Investigaciones Geofísicas, Escuela de Física y Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica**  
(hugo.hidalgo@ucr.ac.cr)



**Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, Escuela de Física y Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica**  
(erick.alfaro@ucr.ac.cr)

## Proyecciones de cambio climático en eventos extremos para el cantón Dota

Hugo G. Hidalgo

Eric J. Alfaro

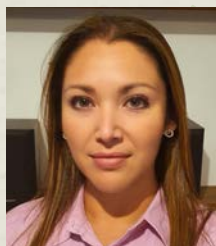
Paula M. Pérez-Briceño

Blanca Calderón-Solera

Vladimir Naranjo



**Centro de Investigaciones Geofísicas y Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica**  
(paula.perez@ucr.ac.cr)



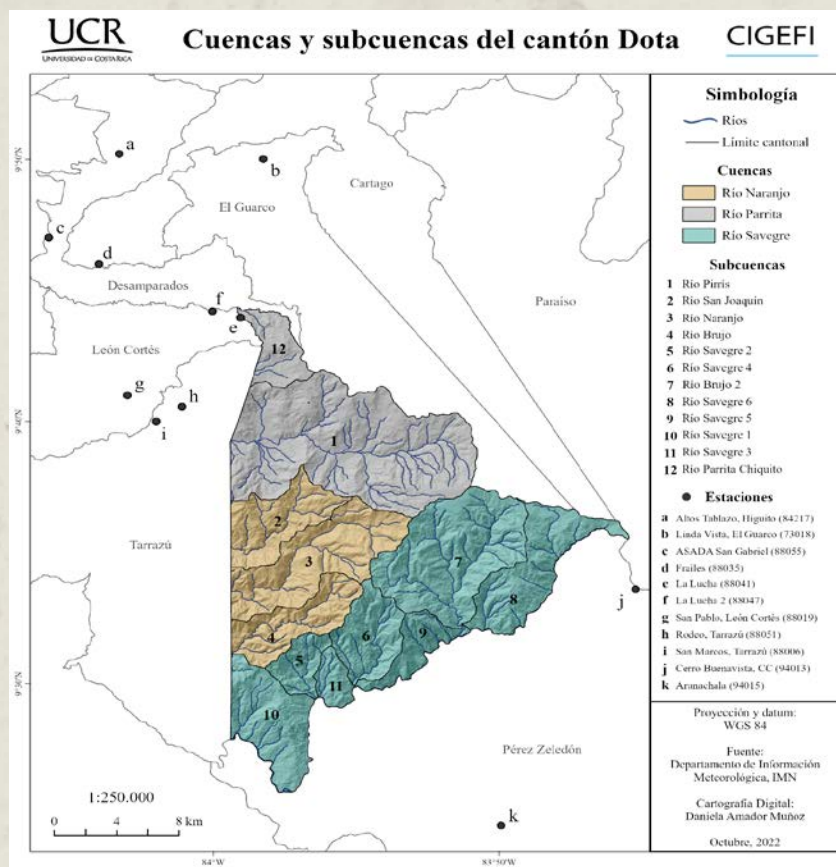
**Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica**  
(blanca.calderonsolera@ucr.ac.cr)



**Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, Costa Rica, San José, Costa Rica**  
(vnaranjo@cfa.cr)

El cantón Dota en San José empieza a enfrentar problemas de disponibilidad de agua, por lo que en esta investigación se modelaron eventos extremos de precipitación y temperatura bajo el escenario de cambio climático pesimista de concentraciones, el cual podrá utilizarse como insumo del análisis de riesgo climático. Como una forma de determinar la oferta de agua dentro del cantón, se estimó el balance hídrico para la cuenca madre. Estos insumos pueden ser utilizados por los habitantes del cantón y funcionarios de instituciones para la toma de decisiones en el futuro con relación con el tema del agua.

Para ello se evaluaron las posibles amenazas de eventos hidroclimáticos extremos proyectados hacia el futuro usando modelos climáticos de circulación general de última generación (GCMs, por sus siglas en inglés). Las estimaciones diarias de precipitación (P), temperatura media (T<sub>prom</sub>), temperatura máxima (T<sub>max</sub>) y temperatura mínima (T<sub>min</sub>) para 12 subcuencas del cantón Dota (**Figura 1**) provenientes de seis diferentes GCMs, fueron cambiadas de escala de la resolución nativa de los modelos a una resolución final de 1 km mediante un método estadístico, que



**Figura 1.** Delimitación de las 12 subcuencas dentro del cantón Dota y la ubicación de las estaciones meteorológicas del IMN.

luego se usaron para calcular índices de eventos extremos desde 1979 a 2099.

El cantón Dota es el cantón 17 de la provincia San José y tiene una extensión de 404.5 km<sup>2</sup>. Dentro del cantón, se identificaron 12 microcuencas que se muestran en la **Figura 1**, así como las estaciones meteorológicas que se utilizaron para el análisis. Estas estaciones son las más cercanas al cantón. El **Cuadro 1** contiene la información del área en kilómetros cuadrados y área relativa al porcentaje de cada una de las 12 cuencas.

**Cuadro 1.** Subcuencas en el cantón Dota.

| #                 | Nombre                         | Área (km <sup>2</sup> ) | Porcentaje relativo (%) |
|-------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1                 | Subcuenca Río Pirris           | 111.02                  | 27.49                   |
| 2                 | Subcuenca Río San Joaquín      | 26.19                   | 6.48                    |
| 3                 | Subcuenca Río Naranjo          | 45.76                   | 11.33                   |
| 4                 | Subcuenca Río Brujo 1          | 24.58                   | 6.09                    |
| 5                 | Subcuenca Río Savegre 2        | 10.97                   | 2.72                    |
| 6                 | Subcuenca Río Savegre 4        | 21.92                   | 5.43                    |
| 7                 | Subcuenca Río Brujo 2          | 61.4                    | 15.20                   |
| 8                 | Subcuenca Río Savegre 6        | 35.46                   | 8.78                    |
| 9                 | Subcuenca Río Savegre 5        | 13.32                   | 3.30                    |
| 10                | Subcuenca Río Savegre 1        | 31.43                   | 7.78                    |
| 11                | Subcuenca Río Savegre 3        | 7.36                    | 1.82                    |
| 12                | Subcuenca Río Parrita Chiquito | 15.11                   | 3.74                    |
| <b>Área Total</b> |                                | <b>404.52</b>           | <b>100</b>              |



Vista panorámica de Dota desde la laguna don Manuel. Fotografía: Kattia Bonilla Gamboa.



Zona de Los Santos. Fotografía: Kattia Bonilla Gamboa.

**Cuadro 2.** Modelos CMIP6 usados en el estudio, la institución que los ejecutó y su resolución nominal.

| Modelo        | Institución         | Resolución Nativa (km) |
|---------------|---------------------|------------------------|
| ACCESS-CM2    | CSIRO-ARCCSS        | 250                    |
| AWI-CM-1-1-MR | AWI                 | 100                    |
| EC-EARTH3     | EC-EARTH Consortium | 100                    |
| EC-EARTH3-Veg | EC-EARTH Consortium | 100                    |
| GFDL-ESM4     | NOAA-GFDL           | 100                    |
| MPI-ESM1-2-HR | MPI-M               | 100                    |

Los datos diarios de los GCMs correspondientes a la última generación de modelos (conocidos en inglés como Coupled Model Intercomparison Project -Phase 6 o CMIP6) fueron descargados de World Climate Research Programme (<https://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip6/>). Las variables usadas fueron P, Tprom, Tmax

y Tmin. Se usaron seis modelos (**Cuadro 2**), considerados como de bajo sesgo para América Central de acuerdo con la selección de *Almazroui et al. (2021)*. Se trabajó con el escenario intensivo de concentraciones SSP5-8.5, que corresponde a un escenario futuro pesimista de emisiones de gases de efecto invernadero.

**Cuadro 3.** Lista de los índices de precipitación diaria de CLIMDEX.

| Identificador | Nombre  | Nombre del indicador                           | Definición                                                                   | Unidades |
|---------------|---------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1             | CDD     | Días secos consecutivos                        | Número máximo de días consecutivos con lluvia diaria < 1mm                   | Días     |
| 2             | CWD     | Días húmedos consecutivos                      | Número máximo de días consecutivos con lluvia diaria $\geq 1$ mm             | Días     |
| 3             | PRCPTOT | Precipitación total anual en días húmedos      | Total anual de PRCP en días húmedos ( $RR \geq 1$ mm)                        | mm       |
| 4             | R10mm   | Número de días con precipitaciones fuertes     | Conteo anual de días cuando la precipitación fue $\geq 10$ mm                | días     |
| 5             | R20mm   | Número de días con precipitaciones muy fuertes | Conteo anual de días cuando la precipitación fue $\geq 20$ mm                | días     |
| 6             | R95p    | Días muy húmedos                               | Total anual de PRCP cuando $RR >$ al percentil 95                            | mm       |
| 7             | R99p    | Días extremadamente húmedos                    | Total anual de PRCP cuando $RR >$ al percentil 99                            | mm       |
| 8             | RX1day  | Cantidad máxima de precipitación en 1 día      | Máximo anual de precipitación en 1 día                                       | mm       |
| 9             | RX5day  | Cantidad máxima de precipitación en 5 días     | Máximo anual de precipitación en 5 días                                      | mm       |
| 10            | SDII    | Índice simple de intensidad diaria             | Precipitación anual total dividida entre el número de días húmedos en el año | mm/día   |

Fuente: Aguilar *et al.*, 2005.

El método empleado para el cambio de escala es el de Navarro-Racines *et al.* (2020) y los detalles se pueden encontrar en Hidalgo *et al.* (2024).

La delimitación de las subcuencas se realizó a partir de un modelo de elevación digital construido con las curvas de nivel de 10 m, escala 1:5 000 del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT). Se extrajeron las curvas de nivel con un área de influencia de 2 km al cantón Dota. Con la herramienta de Análisis de Terreno y el complemento de Hidrología se determinaron las acumulaciones de flujo, la red de canales y posteriormente las cuencas a partir de puntos de aforo que en algunos casos coincide con el límite del

cantón en el software SAGA GIS<sup>1</sup> (System for Automated Geoscientific Analyses). A cada cuenca se le calculó el área y se determinó el porcentaje que representa del cantón. Los datos fueron procesados en CRTM05 (EPSG: 5367) y se compartieron los vértices de las subcuencas en coordenadas geográficas (EPSG: 4326)

Para identificar las tendencias históricas y futuras en los eventos extremos se calcularon los índices de CLIMDEX (<https://www.climdex.org>; Aguilar *et al.*, 2005) usando los datos de las variables mencionadas para cada una de las subcuencas de Dota. En los Cuadros 3 y 4 se muestran las definiciones de los índices.

<sup>1</sup> <https://saga-gis.sourceforge.io/>

**Cuadro 4.** Lista de los índices de temperatura máxima diaria (Tmax) y mínima diaria (Tmin) de CLIMDEX.

| Identificador | Nombre | Nombre del indicador                        | Definición                                                                                 | Unidades |
|---------------|--------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1             | CSDI   | Indicador de la duración de la ola de frío  | Conteo anual de días con al menos 6 días consecutivos cuando $TN < \text{percentil } 10$   | % días   |
| 2             | DTR    | Rango de temperatura diurna                 | Diferencia de la media anual entre Tmax y Tmin                                             | °C       |
| 3             | TN10p  | Noches frescas                              | Porcentaje de días cuando Tmin $< \text{percentil } 10$                                    | % días   |
| 4             | TN90p  | Noches cálidas                              | Porcentaje de días cuando Tmin $> \text{percentil } 90$                                    | % días   |
| 5             | TNn    | Mínima Tmin                                 | Valor anual mínimo de Tmin diaria                                                          | °C       |
| 6             | TNx    | Máxima Tmin                                 | Valor anual máximo de Tmin diaria                                                          | °C       |
| 7             | TX10p  | Días frescos                                | Porcentaje de días cuando Tmax $< \text{percentil } 10$                                    | % días   |
| 8             | TX90p  | Días cálidos                                | Porcentaje de días cuando Tmax $> \text{percentil } 90$                                    | % días   |
| 9             | TXn    | Mínimo Tmax                                 | Valor mínimo anual de Tmax diaria                                                          | °C       |
| 10            | TXx    | Máximo Tmax                                 | Valor máximo anual de Tmax diaria                                                          | °C       |
| 11            | WSDI   | Indicador de la duración de la ola de calor | Conteo anual de días con al menos 6 días consecutivos cuando $Tmax > \text{percentil } 90$ | % días   |

Fuente: Aguilar *et al.*, 2005.

Se calcularon las tendencias de los índices usando regresión lineal junto con su significancia al 95% de confianza. A continuación se describen los principales resultados de los cálculos de los índices:

**Precipitación:** El análisis de las tendencias (1979-2099) en CDD y CWD implica que la manera en que llueve cambiará en el futuro, con períodos secos máximos más largos (en el noroeste del cantón) y períodos de lluvias máximos (temporales) cada vez más cortos.

El análisis de tendencias de los períodos 1979-2050 y 2051-2099 PRCPTOT, indica que podría aumentar en el mediano plazo,

pero luego se presentarían disminuciones importantes en la precipitación en la segunda mitad del siglo. El que la precipitación anual no cambie en el período histórico no significa que el cambio climático no pueda afectar los recursos hídricos, ya que los aumentos en la temperatura pueden afectar la demanda de agua de la atmósfera y reducir los caudales totales y en la recarga. La situación en la segunda mitad del siglo es muy crítica, ya que la aridez aumentaría por las reducciones en la disponibilidad de agua (precipitación) y aumentos en la demanda de agua causados por la evapotranspiración potencial (PET). El R10mm,

R20mm y SDII tienen resultados similares a PRCPTOT. Los resultados de los índices R95p y R99p confirman que, aunque el total *máximo* de duración de días secos consecutivos está creciendo en algunas regiones, las lluvias extremas capturan una fracción cada vez mayor de los totales anuales; esto tiene repercusiones en el aumento de posibles inundaciones y deslizamientos, y posibles afectaciones en la agricultura en el futuro del cantón.

*Temperaturas máximas y mínimas:* El indicador de la duración de la ola de frío (CSDI) muestra algo muy particular y es que a partir de aproximadamente 2020 no habrá más olas de frío en la región (de acuerdo con la definición del índice y considerando que la ola de frío está definida sobre el período histórico). El rango diurno de temperatura (DTR) tiene una señal muy clara en la región hacia disminuciones significativas a través del tiempo. Esto es producto de que, aunque Tmax está creciendo, Tmin está creciendo aún más y la diferencia entre ambas (DTR) está disminuyendo. TN10p (noches frescas) indica lo mismo que CSDI, aproximadamente en 2020 dejó de haber noches frías (según la definición de noche fría en el período histórico) y en cuanto a TN90p a partir de 2040 todas las noches serán cálidas. Los días frescos (TX10p) dejaron de existir en aproximadamente 2020. Por otra parte, el 100 % de los días se catalogarán como días cálidos (TX90p) en 2060. Los índices de valor anual mínimo de temperatura mínima diaria (TNn), valor anual máximo de temperatura mínima diaria (TNx), valor

mínimo anual de temperatura máxima diaria (TXn) y valor máximo anual de temperatura máxima diaria (TXx) muestran tendencias significativas positivas monotónicas en todas las variables y épocas en que se calcularon las tendencias. Es evidente que se proyecta un calentamiento de la región en las próximas décadas, tanto en el día como en la noche. El indicador de la duración de la ola de calor (WSDI) muestra un aumento en el porcentaje de días que son parte de olas de calor a través del tiempo, y en muchos años después del 2080 el 100 % de los días tienen temperaturas muy extremas (mayores al percentil 90 del período histórico).

En conclusión, se proyectan cambios significativos en los índices de extremos de precipitación y temperatura en el cantón Dota. Se encontró que la precipitación anual en días húmedos no ha cambiado en el período histórico (1979-2014), pero que podría aumentar significativamente si se considera la variación proyectada hasta mediados de siglo (1979-2050). Sin embargo, hacia la segunda mitad de siglo se proyecta una disminución drástica y significativa de la precipitación. Esto es particularmente preocupante porque se prevé que en esta época se experimenten los mayores aumentos en la temperatura promedio; y ambos efectos producirían aumentos en la aridez y reducciones drásticas en los recursos hídricos del cantón. Otra situación que se encontró es que la forma en que llueve también cambiará, hacia eventos extremos acumulando mayores totales de lluvia durante el año.

Esto plantea una disyuntiva, por un lado, existe el riesgo de que las sequías eventualmente se convertirán en una preocupación, pero el de inundaciones repentinas debidas a eventos hidrometeorológicos extremos también aumentará, tomando en cuenta que el tipo de suelo predominante que al ser arcilloso se expande con el agua y la infiltración es poca, pero con una mayor escorrentía. El problema del aumento en las sequías parece no ser una preocupación en el corto o mediano plazo, pero el de los eventos hidrometeorológicos húmedos extremos parece ser lo más apremiante (en la primera mitad del siglo). Por supuesto, siempre existirán años húmedos y secos producto de la *variabilidad climática natural* (no antrópica) del clima causado por diferentes forzantes climáticos como por ejemplo los eventos asociados con las fases cálidas (eventos tipo El Niño) o frías (eventos tipo La Niña) de El Niño-Oscilación del Sur, que pueden causar déficits o excesos de lluvia en años particulares que exacerban el efecto de la acción antrópica en el clima. Se recomienda empezar a gestionar los recursos hídricos para adaptarse a esta variabilidad, ya que constituye un primer paso en la dirección correcta ante la adaptación al cambio climático (Hidalgo-León *et al.*, 2015; Hidalgo, 2021).

Hay que tener en cuenta de que las conclusiones de este estudio están basadas en el ensamble de seis modelos climáticos usando el escenario pesimista de concentraciones, un método de cambio de escala estadístico, por lo cual es

importante que este estudio se complemente con un monitoreo constante de las variables hidrológicas y meteorológicas en el cantón (cabe destacar que no hay estaciones meteorológicas del IMN en las subcuencas del cantón, ni estaciones de caudal en los ríos).

### Agradecimientos

Este trabajo se realizó dentro del marco del proyecto “Productos climáticos para el cantón Dota” (C2-806) apoyado por el Colegio Federados de Ingenieros y Arquitectos. Se agradece también al apoyo recibido a través de los siguientes proyectos inscritos en la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica: B9454 (apoyado por Fondo de Grupos), C2103, C3991 (UCREA), A4906 (PESCTMA), B0810 y del apoyo brindado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), Ottawa, Canadá y el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA) al proyecto RC4 (C4-468, CR-66, SIA 0054-23). Las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente las del IDRC, CSUCA o las de la Junta de Gobernadores. HH y EA agradecen también a la Escuela de Física, UCR, por el tiempo cedido para realizar la investigación. A la estudiante Daniela Amador por su aporte en la cartografía y a la señora Kattia Bonilla Gamboa por las fotografías de la zona.

## Referencias

- ArcGIS Pro. (2022). *Cómo funciona de Tópo a ráster*. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/how-topo-to-raster-works.htm#:~:text=La%20herramienta%20De%20topo%20a,1996%2C%202000%2C%202011>.
- Aguilar E., Peterson T. C., Obando P. R., Frutos R., Retana J. A., Solera M. and Valle V. E. (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110, 1-15. <https://doi.org/10.1029/2005JD006119>
- Almazroui, M., Islam, M. N., Saeed, F., Saeed, S., Ismail, M., Ehsan, M. A., Diallo, I., O'Brien, E., Ashfaq, M., Martínez-Castro, D., Cavazos, T., Cerezo-Mota, R., Tippet, M. K., Gutowski, W. J., Alfaro, E. J., Hidalgo, H. G., Vichot-Llano, A., Campbell, J. D., Kamil, S., Rashid, I. U., Sylla, M. B., Stephenson, T., Taylor, M., & Barlow, M. (2021). Projected Changes in Temperature and Precipitation Over the United States, Central America, and the Caribbean in CMIP6 GCMs. *Earth Syst Environ*, 5(1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00199-5>.
- Centro de Investigaciones Agronómicas. (2016). *Mapa de Suelos de Costa Rica*. <http://www.cia.ucr.ac.cr/es/mapa-de-suelos-de-costarica>
- Copernicus Climate Change Service (C3S) (2017): *ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate*. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), Accessed: junio, 2022. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>
- Fick, S.E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12): 4302-4315.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M.,...
- Thépaut, J.-N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146 (730), pp. 1999-2049
- Hidalgo, H. G. (2021). Climate Variability and Change in Central America: What Does It Mean for Water Managers? *Frontiers in Water*, 2, 632739. doi: 10.3389/frwa.2020.632739
- Hidalgo-León, H. G., Herrero-Madriz, C., Alfaro-Martínez, E. J., Muñoz, A. G., Mora-Sandí, N. P., Mora-Alvarado, D. A., & Chacón Salazar, V. H. (2015). Las aguas urbanas en Costa Rica/Urban Waters in Costa Rica. En: *Desafíos del agua urbana en las Américas. Perspectivas de las Academias de Ciencias/Urban water challenges in the Americas. A perspective from the Academies of Sciences*. Red Interamericana de Academias de Ciencias/The Inter-American Network of Academies of Sciences (eds.) (Hugo Hidalgo, editor del capítulo/ chapter editor). 208-233/202-225.
- Hidalgo, H. G., Alfaro, E. J., & Quesada-Román, A. (En prensa). (2024). Flood projections for selected Costa Rican main basins using CMIP6 climate models downscaled output in the HBV hydrological model for scenario SSP5-8.5. *Hydrological Research Letters*, 17(4), 98-105.
- Navarro-Racines, C., Tarapues, J., Thornton, P., Jarvis, A., & Ramirez-Villegas, J. (2020). High-resolution and bias-corrected CMIP5 projections for climate change impact assessments. *Sci Data* 7, 7, doi: 10.1038/s41597-019-0343-8



Académico en la  
Escuela de Medicina  
Veterinaria,  
Universidad Nacional,  
Costa Rica ([juan.romero.zuniga@una.ac.cr](mailto:juan.romero.zuniga@una.ac.cr))

## Perspectivas epidemiológicas actuales y futuras a causa del cambio global

Juan José Romero Zúñiga



El cambio global tiene derivaciones profundas en la salud pública y el perfil epidemiológico de un país y del mundo; la pandemia por la Covid-19 es un claro ejemplo de ello. La comprensión de las interacciones entre todos los componentes de la biosfera, en todas dimensiones y direcciones, es esencial para desarrollar estrategias de salud pública adaptativas y mitigadoras que aborden los desafíos emergentes y promuevan la resiliencia frente a los impactos del cambio global en la salud.

En este camino, la integración de los conceptos de Una Salud (One Health) y Un Bienestar (One Welfare) en la epidemiología, como un concepto de amplio alcance e impacto, ofrece una perspectiva ampliada y colaborativa para enfrentar los desafíos de salud en el contexto del cambio global. Reconocer la interconexión de la salud humana, animal y ambiental en este enfoque holístico permitirá anticipar y gestionar mejor las amenazas epidemiológicas de manera ético y sostenible; incluso, teniendo, en el horizonte cercano, la producción social regenerativa de la salud.

**H**oy, al hablar de salud, debemos de hacerlo desde el concepto de Una Salud (One Health), complementado por el de Un Bienestar (One Welfare) (Lindenmayer & Kaufman, 2021). Se trata de un cambio sustancial en la forma histórica, muy biologicista y disciplinar, de ver la salud de las personas de manera aislada de la de los animales y la del ambiente. Ya desde mediados del siglo XIX Rudolph Virchow introduce el término “zoonosen” en alusión a las enfermedades compartidas entre humanos y animales, y deja ver que no deben existir líneas divisorias entre la medicina humana y la animal (Saunders, 2000).

Fue casi un siglo después, en 1947, que James H. Steele funda la división de Salud Pública Veterinaria en los Centros para el Control de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos de América. En muy pocos años se reconoció, a partir de ahí, la estrecha relación entre las enfermedades de las personas y los animales y Calvin Schwabe, en 1964, propone el término One medicine para referirse a las enfermedades compartidas (Sánchez *et al.*, 2022). Sin embargo, quedaba pendiente un elemento en la ecuación: la salud ambiental. Aguirre y colaboradores se adentran en el concepto de salud ecológica, y muestran la estrecha relación entre esta y la salud humana y animal (Aguirre *et al.*, 2002). Aun así, no existía una forma global, de un carácter oficial, de impulsar este nuevo paradigma de la salud de enfoque integral.

Ya entrado el siglo XXI es que se reconoce la estrecha relación de los tres componentes: salud humana, salud animal y salud ambiental por parte de las máximas autoridades en salud: Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Desde el 2004, a nivel global, los países han ido adoptado, en mayor o menor medida y velocidad, esta concepción de la salud con enfoque holístico. Al inicio, este enfoque se centraba en tres elementos urgentes: zoonosis (ZNS), enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), y resistencia a los antimicrobianos (RAM).

Estos tres son responsables de decenas de millones de muertes al año, especialmente en países pobres y de renta media; pero los ricos no están exentos de sus impactos (Berggren, 2017). Se reportó que la cantidad de muertes directas por RAM en 2019 fue de 1.27 millones (IC 95% 0.91–1.71), pero las muertes asociadas alcanzaron casi los 5 millones (IC 95% 3.62–6.57) (Murray *et al.*, 2022). La OMS reportó que, en 2010, las ETA producidas únicamente por 31 peligros globales (virus, parásitos y bacterias) causaron cerca de 600 millones de casos (IC95% 420 - 960) y 420 mil muertes (IC 95% 310 - 600) (Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group, 2015). Por su parte, se estima que las ZNS causan 2.5 miles de millones de casos anuales, y cerca de 2.7 millones de muertes (van der Westhuizen *et al.*, 2023).

Actualmente, el paradigma de Una Salud se ha convertido en uno más integrador aún, especialmente inspirado por los Objetivos del Desarrollo Sostenible 2030 (United Nations, 2015). Como se observa en la **Figura 1**, cada factor ahí representado junto a su respectivo ámbito de salud guarda relación, directa o indirecta, con todos los demás. Si se hiciera un ejercicio de grafos, las aristas irían de cada nodo hacia los demás, y cada nodo recibiría una de todos. Así de cercanas son las relaciones.

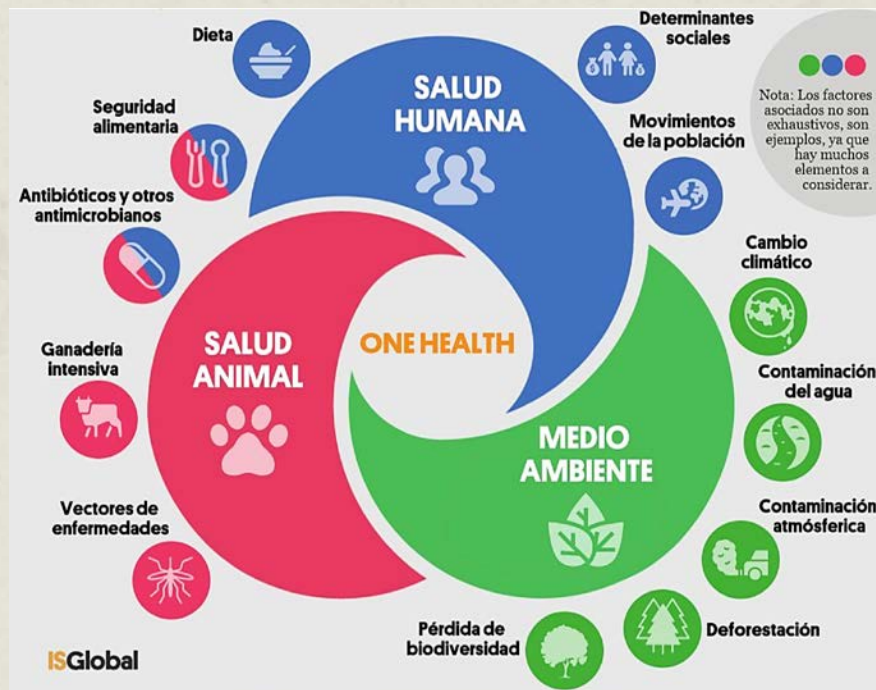
Recientemente se ha incorporado el concepto de Un Bienestar (One Welfare) (García Pinillos *et al.*, 2015). Esta visión pretende proporcionar la

construcción ética, moral y social individual en búsqueda de orientar las acciones de Una Salud y procurar el bienestar como parte consustancial de una salud plena. Como se observa en el **Figura 2**, describe las interrelaciones entre el bienestar animal, el bienestar humano y el entorno físico y social (García Pinillos *et al.*, 2016). Se pretende que sirva como fundamento del comportamiento humano y de la formulación de políticas establecidas en el reconocimiento y el respeto de la interdependencia entre todos los seres vivos y con los recursos naturales del planeta (Lindenmayer & Kaufman, 2021).

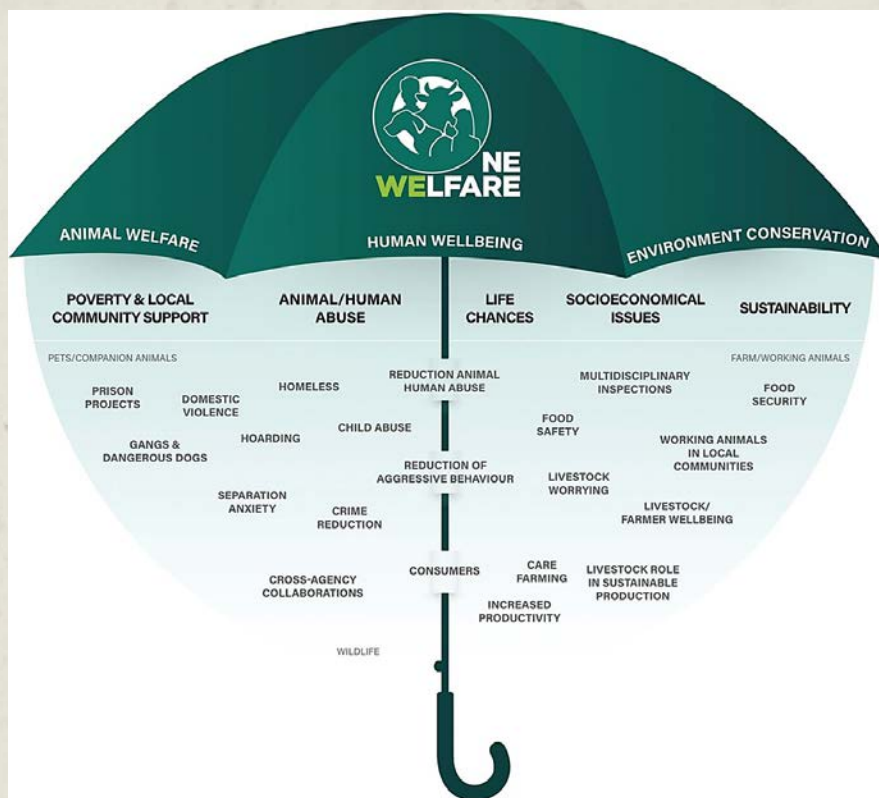
Como se verá más adelante, este par de conceptos: Una Salud y Un Bienestar,

son la base actual de cualquier forma de observar los eventos en salud de las poblaciones, pero con una visión ampliada de la salud física, mental, emocional y social, incluyendo al resto de los elementos consustanciales de la biosfera: animales y ambiente.

La pandemia por la Covid-19 acercó, como nunca en la historia, la epidemiología a las



**Figura 1.** Principales relaciones entre factores específicos de los componentes de la salud humana, salud animal y salud ambiental. Fuente: ISGlobal (s. f.).



**Figura 2.** Ejemplos de los eventos que cubre, en primera instancia, el paradigma de Un Bienestar (One Welfare). Fuente: [García Pinillos et al. \(2016\)](#).

personas. De un pronto a otro, los medios de comunicación y las redes sociales se inundaron de datos, cifras, gráficos, conceptos, entre otras cosas, de elementos generalmente reservados a las personas dedicadas a la epidemiología y sus aplicaciones. Dicho sea de paso, que van más allá de la medicina en particular, y de las ciencias de la vida, en general.

Hay definiciones de epidemiología que, particularmente, no me gustan pues se quedan muy cortas en su alcance y la circunscriben al ámbito de las enfermedades, incluso, olvidándose de sus determinantes.

La definición más amplia, es la del Diccionario de Epidemiología ([Porta et al., 2008](#)): “El estudio de la aparición y distribución de estados o acontecimientos relacionados con la salud en poblaciones específicas, incluido el estudio de los determinantes que influyen en dichos estados, y la aplicación de estos conocimientos para controlar los problemas de salud”.

El alcance de esa definición se ha ampliado de

modo que se puede aplicar a eventos o estados sociales (pobreza, desempleo, divorcios, accidentes de tráfico, violencia, etc.); además, la aparición y profundización del abordaje desde de los eventos desde los determinantes sociales de la salud ([World Health Organization, 2010](#)), vino a romper el paradigma preponderantemente biologicista. De ese modo, los eventos que ocurren a una persona, en lo individual, está determinado por factores incluso muy externos a ella y su entorno, generadas, incluso, hace décadas.

El cambio global, marcado por factores como el calentamiento global, la pérdida de biodiversidad y la globalización, entre otros, ha desencadenado transformaciones profundas en los ecosistemas y la sociedad. En este punto hay que recalcar que el cambio global es producto directo de las actividades antrópicas acumuladas desde siempre, pero que se intensificaron en el último siglo.

De ese modo, los impactos negativos de esa actividad antrópica han crecido, en muchos aspectos, de forma exponencial. Tanto así, que se le ha llamado a esta Era la del Antropoceno (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017). Los efectos del cambio global se pueden resumir, a grandes rasgos, como se presenta en la **Cuadro 1**.

**Cuadro 1.** Efectos del cambio global sobre diversos ámbitos epidemiológicos.

| Ámbito                                                | Efecto                         | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aumento de enfermedades infecciosas                   | Cambio climático               | Cambios en los patrones climáticos y las temperaturas globales perturban la distribución geográfica y estacional de vectores de enfermedades como el dengue, la malaria, las encefalitis virales, y la borreliosis, entre otras, expandiendo las nosoáreas (Jones <i>et al.</i> , 2008; Shope, 1991; Van de Vuurst & Escobar, 2023).                                                                                                                                          |
|                                                       | Desplazamiento de población    | La movilización humana forzada asociada a eventos climáticos extremos -o conflictos- facilitan la propagación de enfermedades infecciosas (Castelli & Sulis, 2017; McMichael, 2015).                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                       | Pérdida de biodiversidad       | La pérdida de biodiversidad por la degradación de los hábitats aumenta la interacción entre animales silvestres, domésticos (mascotas o de producción) y humanos, lo que facilita las zoonosis (Jones <i>et al.</i> , 2008; Watts <i>et al.</i> , 2018; Zinsstag <i>et al.</i> , 2018).                                                                                                                                                                                       |
| Enfermedades y zoonosis emergentes y reemergentes     | Globalización                  | La conectividad global facilita que las enfermedades (re) emergentes se propaguen rápidamente entre países (p. ej. COVID-19) (Choi <i>et al.</i> , 2022; Tsiotas & Tselios, 2022).                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                       | Rápida urbanización            | La urbanización acelerada en áreas naturales facilita las condiciones para el desarrollo de ETA, zoonosis y la RAM (Messina <i>et al.</i> , 2019; Nguyen-Thanh <i>et al.</i> , 2023).                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Desafíos en la seguridad alimentaria                  | Cambio climático y agricultura | Las alteraciones en los patrones climáticos pueden reducir la eficiencia de la producción agropecuaria, reduciendo la disponibilidad de alimentos y produciendo malnutrición, condiciones que facilitan la ocurrencia de enfermedades infecciosas por afectación el sistema inmunológico (Myers <i>et al.</i> , 2017; Trivellone <i>et al.</i> , 2022).                                                                                                                       |
| Enfermedades no transmisibles (ENT) y estilos de vida | Rápida urbanización            | La urbanización se asocia con actividades económicas de alta exigencia en tiempo que puede inducir a cambios en el estilo de vida: dietas poco saludables, falta de actividad física, consumo de tabaco y alcohol, trastornos del sueño, y descuido de las prácticas sanitarias de control, prevención y tratamiento, que contribuyen al aumento de ENT como diabetes, enfermedades cardiovasculares y obesidad (Angkurawaranon <i>et al.</i> , 2014; Unwin & Alberti, 2006). |

| Ámbito                             | Efecto                                  | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desigualdades en salud             | Impacto diferencial                     | El cambio global no afecta a todos por igual: las comunidades más vulnerables y marginadas enfrentan una mayor carga de enfermedad debido la falta de acceso a servicios de salud, agua limpia y condiciones de vida adecuadas, entre otros (Levy & Patz, 2015). |
| Resistencia a los antibióticos     | Uso excesivo en agricultura y ganadería | La agricultura intensiva propicia el abuso de antibióticos en animales y la agricultura, lo que contribuye a la resistencia antimicrobiana y reduce la eficacia de los tratamientos médicos (Anderson <i>et al.</i> , 2019; Samreen <i>et al.</i> , 2021).       |
| Impacto en la economía de la salud | Desplazamiento económico                | Eventos climáticos extremos con subsecuentes crisis económicas, pueden afectar negativamente la salud mental y aumentar la prevalencia de enfermedades relacionadas con el estrés (Chersich <i>et al.</i> , 2018).                                               |

Eventos como los desastres naturales, cada vez más difíciles de separar de los de causa antrópica, se pueden relacionar de manera transversal con los resumidos en la **Cuadro 1**. Quizás sea más claro pensar en que terremotos o erupciones volcánicas como verdaderos eventos que causen desastres naturales, pero otros como incendios forestales, inundaciones, tornados y tormentas tropicales, entre los más significativos, tienen una evidente marca de causa antrópica. Los efectos sobre la salud, pensada siempre bajo el paradigma de Una Salud-Un Bienestar, se evidencian en el incremento en lesiones y muertes de personas y animales (Bartholdson & von Schreeb, 2018; International Fund for Animal Welfare, 2023), aumento en las consecuencias de las enfermedades crónicas como diabetes e hipertensión por dificultad en su atención y seguimiento (Gohardehi *et al.*, 2020; Narita *et al.*, 2021), aumento en ETA por agua contaminada o por la dificultad de acceder a agua potable para la higiene personal y la cocción de los alimentos

(Kouadio *et al.*, 2012; Na *et al.*, 2016). Se suma a ello la afectación a la seguridad alimentaria por reducción de las áreas de cultivo, pérdidas en las cosechas o dificultades logísticas para hacer llegar los productos hasta la población (Khan *et al.*, 2022; Reed *et al.*, 2022). Un efecto muchas veces inadvertido, pero cada vez más estudiado es sobre la salud mental: hay un incremento sustancial en los desórdenes mentales a consecuencia de estos eventos calamitosos (Charlson *et al.*, 2021; Saeed & Gargano, 2022). Finalmente, es posible que haya inhabilitación de infraestructura sanitaria, además de que los recursos humanos se ven sometidos a fuertes presiones, horarios inapropiados y distrés físico y emocional (Palmer *et al.*, 2022; Salam *et al.*, 2023).

La relación entre el cambio global y la epidemiología es compleja y multifacética. Aunque presenta desafíos sustanciales para la salud pública, también crea oportunidades para abordar de manera más efectiva las enfermedades. La

integración de enfoques multidisciplinarios, la colaboración internacional y la adopción de medidas preventivas sostenibles son cruciales para mitigar los efectos negativos y capitalizar las oportunidades que el cambio global presenta en el ámbito epidemiológico. Al comprender y abordar esta conexión intrincada, podemos avanzar hacia un futuro más saludable y resiliente en el contexto de un mundo en constante transformación.

## Referencias

- Aguirre, A. A., Ostfeld, R. S., Tabor, G. M., House, C., & Pearl, M. C. (2002). *Conservation Medicine: Ecological Health in Practice*.
- Anderson, M., Clift, C., Schulze, K., Sagan, A., Nahrang, S., Ait Ouakrim, D., & Mossialos, E. (2019). *Averting the AMR crisis: What are the avenues for policy action for countries in Europe?* European Observatory on Health Systems and Policies. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK543406/>
- Angkurawaranon, C., Jiraporncharoen, W., Chenthanakij, B., Doyle, P., & Nitsch, D. (2014). Urbanization and non-communicable disease in Southeast Asia: A review of current evidence. *Public Health*, 128(10), 886-895. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2014.08.003>
- Bartholdson, S., & von Schreeb, J. (2018). Natural Disasters and Injuries: What Does a Surgeon Need to Know? *Current Trauma Reports*, 4(2), 103-108. <https://doi.org/10.1007/s40719-018-0125-3>
- Berggren, C. (2017). *The impact of climate change on zoonotic infectious diseases*. Karolinska Institutet.
- Castelli, F., & Sulis, G. (2017). Migration and infectious diseases. *Clinical Microbiology and Infection: The Official Publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 23(5), 283-289. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2017.03.012>
- Charlson, F., Ali, S., Benmarhnia, T., Pearl, M., Massaza, A., Augustinavicius, J., & Scott, J. G. (2021). Climate Change and Mental Health: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4486. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094486>
- Chersich, M. F., Wright, C. Y., Venter, F., Rees, H., Scorgie, F., & Erasmus, B. (2018). Impacts of Climate Change on Health and Wellbeing in South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9), 1884. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091884>
- Choi, Y., Zou, L., & Dresner, M. (2022). The effects of air transport mobility and global connectivity on viral transmission: Lessons learned from Covid-19 and its variants. *Transport Policy*, 127, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.08.009>
- Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group. (2015). *WHO estimates of the Global Burden of Foodborne Diseases* (1st ed.). WHO Library. <https://collections.plos.org/collection/ferg2015/>
- García Pinillos, R., Appleby, M. C., Manteca, X., Scott-Park, F., Smith, C., & Velarde, A. (2016). One Welfare—A platform for improving human and animal welfare. *The Veterinary Record*, 179(16), 412-413. <https://doi.org/10.1136/vr.i5470>
- García Pinillos, R., Appleby, M. C., Scott-Park, F., & Smith, C. W. (2015). One Welfare. *Veterinary Record*, 177(24), 629-630. <https://doi.org/10.1136/vr.h6830>
- Gohardehi, F., Seyedin, H., & Moslehi, S. (2020). Prevalence Rate of Diabetes and Hypertension in Disaster-Exposed Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 30(3), 439-448. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v30i3.15>
- International Fund for Animal Welfare. (2023, noviembre 7). *How disasters impact animals*. IFAW. <https://www.ifaw.org/journal/how-disasters-impact-animals>
- ISGLOBAL. (s.f.). *One Health (Una sola salud) o cómo lograr a la vez una salud óptima para las personas, los animales y nuestro planeta*. <https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/one-health-una-sola-salud-o-como-lograr-a-la-vez-una-salud-optima-para-las-personas-los-animales-y-nuestro-planeta/90586/0>

- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990-993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- Khan, M. T. I., Anwar, S., & Batool, Z. (2022). The role of infrastructure, socio-economic development, and food security to mitigate the loss of natural disasters. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(35), 52412-52437. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19293-w>
- Kouadio, I. K., Aljunid, S., Kamigaki, T., Hammad, K., & Oshitani, H. (2012). Infectious diseases following natural disasters: Prevention and control measures. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 10(1), 95-104. <https://doi.org/10.1586/eri.11.155>
- Levy, B. S., & Patz, J. A. (2015). Climate Change, Human Rights, and Social Justice. *Annals of Global Health*, 81(3), 310-322. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2015.08.008>
- Lindenmayer, J., & Kaufman, G. (2021). One Health and One Welfare. En *One Welfare in Practice: The Role of the Veterinarian* (p. 414). CRC Press.
- McMichael, C. (2015). Climate change-related migration and infectious disease. *Virulence*, 6(6), 548-553. <https://doi.org/10.1080/21505594.2015.1021539>
- Messina, J. P., Brady, O. J., Golding, N., Kraemer, M. U. G., Wint, G. R. W., Ray, S. E., Pigott, D. M., Shearer, F. M., Johnson, K., Earl, L., Marezak, L. B., Shirude, S., Davis Weaver, N., Gilbert, M., Velayudhan, R., Jones, P., Jaenisch, T., Scott, T. W., Reiner, R. C., & Hay, S. I. (2019). The current and future global distribution and population at risk of dengue. *Nature Microbiology*, 4(9), 1508-1515. <https://doi.org/10.1038/s41564-019-0476-8>
- Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., Swetschinski, L., Aguilar, G. R., Gray, A., Han, C., Bisignano, C., Rao, P., Wool, E., Johnson, S. C., Browne, A. J., Chipeta, M. G., Fell, F., Hackett, S., Haines-Woodhouse, G., Hamadani, B. H. K., Kumaran, E. A. P., McManigal, B., ... Naghavi, M. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629-655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
- Myers, S. S., Smith, M. R., Guth, S., Golden, C. D., Vaitla, B., Mueller, N. D., Dangour, A. D., & Huybers, P. (2017). Climate Change and Global Food Systems: Potential Impacts on Food Security and Undernutrition. *Annual Review of Public Health*, 38, 259-277. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356>
- Na, W., Lee, K. E., Myung, H.-N., Jo, S.-N., & Jang, J.-Y. (2016). Incidences of Waterborne and Foodborne Diseases After Meteorologic Disasters in South Korea. *Annals of Global Health*, 82(5), 848-857. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2016.10.007>
- Narita, K., Hoshida, S., & Kario, K. (2021). Time course of disaster-related cardiovascular disease and blood pressure elevation. *Hypertension Research*, 44(11), 1534-1539. <https://doi.org/10.1038/s41440-021-00698-y>
- Nguyen-Thanh, L., Wernli, D., Mälqvist, M., Graells, T., & Jørgensen, P. S. (2023). Characterising proximal and distal drivers of antimicrobial resistance: An umbrella review. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 36, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2023.12.008>
- Palmer, J., Ku, M., Wang, H., Crosse, K., Bennett, A., Lee, E., Simmons, A., Duffy, L., Montanaro, J., & Bazaid, K. (2022). Public health emergency and psychological distress among healthcare workers: A scoping review. *BMC Public Health*, 22(1), 1396. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13761-1>
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2017). *Qué es el cambio global*. Cambio global. <https://cambioglobal.uc.cl/comunicacion-y-recursos/que-es-el-cambio-global>
- Porta, M. S., Greenland, S., Porta, M., & International Epidemiological Association (Eds.). (2008). *A dictionary of epidemiology* (5th ed). Oxford University Press.
- Reed, C., Anderson, W., Kruczkiewicz, A., Nakamura, J., Gallo, D., Seager, R., & McDermid, S. S. (2022). The impact of flooding on food security across Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(43), e2119399119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2119399119>

- Saeed, S. A., & Gargano, S. P. (2022). Natural disasters and mental health. *International Review of Psychiatry (Abingdon, England)*, 34(1), 16-25. <https://doi.org/10.1080/09540261.2022.2037524>
- Salam, A., Wireko, A. A., Jiffry, R., Ng, J. C., Patel, H., Zahid, M. J., Mehta, A., Huang, H., Abdul-Rahman, T., & Isik, A. (2023). The impact of natural disasters on healthcare and surgical services in low- and middle-income countries. *Annals of Medicine and Surgery*, 85(8), 3774-3777. <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000001041>
- Samreen, Ahmad, I., Malak, H. A., & Abulreesh, H. H. (2021). Environmental antimicrobial resistance and its drivers: A potential threat to public health. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 27, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.08.001>
- Sánchez, A., Contreras, A., Corrales, J. C., & de la Fe, C. (2022). En el principio fue la zoonosis: One Health para combatir esta y futuras pandemias. Informe SESPAS 2022. *Gaceta Sanitaria*, 36, S61-S67. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2022.01.012>
- Saunders, L. Z. (2000). Virchow's Contributions to Veterinary Medicine: Celebrated Then, Forgotten Now. *Veterinary Pathology*, 37(3), 199-207. <https://doi.org/10.1354/vp.37-3-199>
- Shope, R. (1991). Global climate change and infectious diseases. *Environmental Health Perspectives*, 96, 171-174.
- Trivellone, V., Hoberg, E. P., Boeger, W. A., & Brooks, D. R. (2022). Food security and emerging infectious disease: Risk assessment and risk management. *Royal Society Open Science*, 9(2), 211687. <https://doi.org/10.1098/rsos.211687>
- Tsiotas, D., & Tselios, V. (2022). Understanding the uneven spread of COVID-19 in the context of the global interconnected economy. *Scientific Reports*, 12(1), 666. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04717-3>
- United Nations. (2015). *UN Sustainable Development Goals*. United Nations Sustainable Development. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- Unwin, N., & Alberti, K. G. M. M. (2006). Chronic non-communicable diseases. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 100(5-6), 455-464. <https://doi.org/10.1179/136485906X97453>
- Van de Vuurst, P., & Escobar, L. E. (2023). Climate change and infectious disease: A review of evidence and research trends. *Infectious Diseases of Poverty*, 12(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s40249-023-01102-2>
- van der Westhuizen, C. G., Burt, F. J., van Heerden, N., van Zyl, W., Anthonissen, T., & Musoke, J. (2023). Prevalence and occupational exposure to zoonotic diseases in high-risk populations in the Free State Province, South Africa. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1196044. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1196044>
- Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Cox, P. M., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Depledge, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., Ekins, P., ... Costello, A. (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health. *Lancet (London, England)*, 391(10120), 581-630. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9)
- World Health Organization. (2010). *A Conceptual Framework For Action on the Social Determinants of Health*: Document Production Services, WHO. <https://www.who.int/publications/item/9789241500852>
- Zinsstag, J., Crump, L., Schelling, E., Hattendorf, J., Maidane, Y. O., Ali, K. O., Muhummed, A., Umer, A. A., Aliyi, F., Nooh, F., Abdikadir, M. I., Ali, S. M., Hartinger, S., Mäusezahl, D., de White, M. B. G., Cordon-Rosales, C., Castillo, D. A., McCracken, J., Abakar, F., ... Cissé, G. (2018). Climate change and One Health. *FEMS Microbiology Letters*, 365(11), fny085. <https://doi.org/10.1093/femsle/fny085>



Planificadora urbana  
e Ingeniera civil  
([silvia.valentinuzzi@  
tropicalstudies.org](mailto:silvia.valentinuzzi@tropicalstudies.org))

## ERUS: una herramienta de desarrollo urbano sostenible

Silvia Valentinuzzi Núñez



El planeta se encuentra en un momento de una importante encrucijada enfrentado los efectos del calentamiento global, ante el cual se requieren cambios en los *patrones de consumo* de combustibles fósiles, necesarios para una *descarbonización* que permita que la temperatura del planeta no aumente más de 1.5 °C para evitar los peores impactos del cambio climático (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2019). Un aspecto crucial, para entender cómo se ha llegado a este punto es visualizar los patrones de consumo y los bienes que el planeta ofrece, incluyendo el *suelo donde desarrollamos todas las actividades humanas*. Desde la segunda mitad del siglo anterior (Baudrillard, 1970) llamó la atención sobre la gran degradación y contaminación de los espacios naturales, a consecuencia del posicionamiento de la *sociedad de consumo*; llegando alterar el clima y poniendo en riesgo la existencia humana en la Tierra, sin que haya un claro signo de cambio.

Aunque hay sectores que no creen en estas dinámicas, muchos otros sí lo hacen y abogan por una necesidad de cambio a escala planetaria, un cambio que debe tocar muchos

ámbitos del quehacer humano, aunque con más urgencia y visibilidad lo referente a las actividades que se vinculan con el consumo de combustibles, a fin de descarbonizar la economía y disminuir los efectos y pérdidas por el cambio climático.

El propósito de este artículo es reflexionar sobre las necesidades del país en materia de desarrollo urbano, producto de este cambio de paradigma mundial, y las oportunidades de avanzar hacia un desarrollo urbano sostenible, dando ejemplos del tipo de esfuerzos que se están impulsando, a través del Proyecto TEVU (Transición hacia una economía verde urbana), los cuales podrían replicarse en el territorio nacional y a lo largo del tiempo.

Uno de los aspectos que más se comentan, no sólo a nivel nacional sino internacional, especialmente en América Latina, es el relacionado con el uso que se le da al suelo, especialmente en términos del proceso de urbanización. Este fenómeno, en la mayoría de los países de la región ha sido rápido y disperso, donde tanto la planificación urbana como la normativa urbanística no han logrado guiar estos procesos de urbanización (CEPAL, 2017). De acuerdo con Erba, (2013) este tipo de normativa urbanística busca definir las reglas según las cuales debe darse el uso y la ocupación del suelo, considerando para ello diversos aspectos, entre ellos:

la capacidad de uso de la tierra (enfocada especialmente en preservar tierras para la agricultura), las disponibilidad de servicios y facilidades comunales, la

conectividad vial con zonas ya urbanizadas, la presencia de condicionantes al desarrollo urbano (amenazas naturales, restricciones legales), la preservación de zonas de valor ambiental (zonas de recarga de acuíferos, áreas boscosas), la necesidad de crecimiento futuro para las distintas actividades humanas; todo lo cual, finalmente, definirá el mayor y mejor uso posible del suelo, algo que determina la rentabilidad de la tierra y condiciona los procesos de urbanización.

Para formular estas reglas, de manera resumida, deben estudiarse en detalle muchos elementos del territorio que se normará, para tomar decisiones donde se alineen las realidades y necesidades ambientales, económicas y sociales, con la política de desarrollo que visualizan las autoridades políticas y técnicas para el mismo; dicha normativa debería ser actualizada, cada cierto tiempo, para asegurarse de que pueda responder a las dinámicas del desarrollo, se corrijan errores identificados al aplicar la norma y se modernicen los criterios y parámetros técnicos definidos, conforme el avance en la ciencia y la técnica.

En Costa Rica, según la Ley de Planificación Urbana N°4240, la herramienta a utilizarse para la planificación urbana cantonal es el plan regulador. Por definición de la Ley, el plan regulador:

*“es el instrumento de planificación local que define en un conjunto de planos,*

*mapas, reglamentos y cualquier otro documento, gráfico o suplemento, la política de desarrollo y los planes para distribución de la población, usos de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales, y construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas” (Art. 1º).*

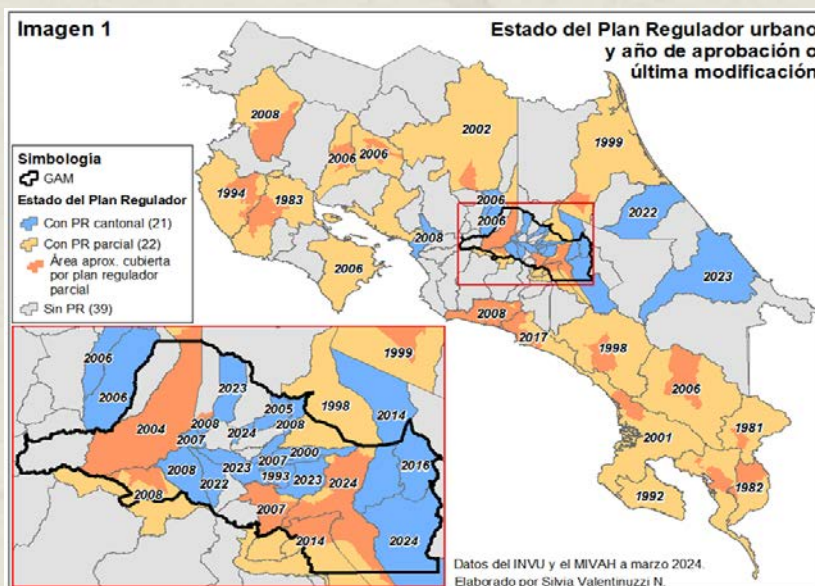
Corresponde a todas las municipalidades hacer lo procedente para implantar un plan regulador (Art. 15), siguiendo una serie de pasos que se establecen en el artículo 17 de la misma Ley; adicionalmente, es fundamental señalar que, a la hora de elaborar un plan regulador, es importante seguir lo establecido en el *Manual de Planes Reguladores como Instrumentos de Ordenamiento Territorial* (Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo [INVU], 2017). El

INVU realizará la revisión y aprobación final, sobre la base de lo establecido en la Ley y el Manual, una vez que el Concejo municipal lo envíe. Luego de aprobado el plan regulador por el INVU, corresponde que el Concejo municipal apruebe su adopción para que éste entre en vigencia (Art. 17).

Cabe señalar que la Ley de Planificación Urbana data de 1968, lo cual significa que las municipalidades del país han tenido más de 55 años para adoptar su plan regulador. Aunque este tiempo parecería suficiente para que en el país se cuente con un amplio número de planes reguladores, la realidad es muy distinta. En las **Figuras 1 y 2** se resumen datos relevantes sobre el estado de los planes reguladores en el país.

En resumen, lo que muestran las figuras es lo siguiente:

- De los 82 cantones de país<sup>1</sup> tan sólo



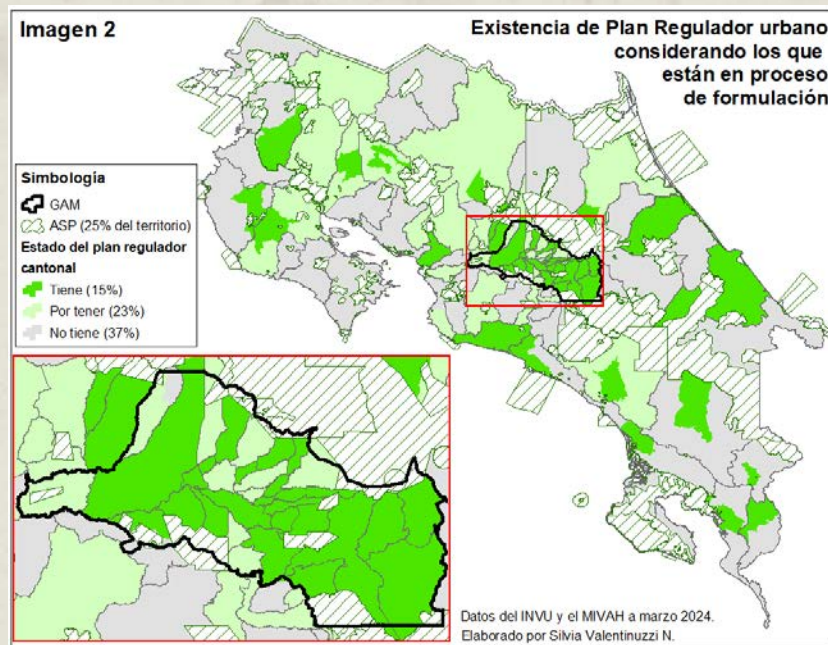
**Figura 1.** Estado del Plan regulador urbano y año de aprobación o última modificación.

21 tienen un plan regulador que cubre la totalidad del territorio del municipio. 22 tienen un plan regulador parcial que, en el mejor de los casos, cubre uno o dos distritos, aunque por lo general el área de cobertura del plan se restringe al área que se encontraba urbanizada al momento en que se formuló

<sup>1</sup> No se consideran aún los cantones de Puerto Jiménez ni de Monteverde, sin embargo, en ninguno de estos territorios existe hoy un plan regulador.

el plan regulador; para elaborar la **Figura 1** se asumió que el área cubierta era la del distrito completo y se le restaron las Áreas Silvestres Protegidas (ASP).

- 17 de los 22 planes reguladores parciales que existen fueron hechos el siglo pasado por el INVU. Aunque algunos han sido modificados, ninguno se convirtió en un plan regulador cantonal. Las únicas excepciones son el cantón de Limón, que en el 2023 adoptó un plan regulador cantonal, luego de tener un plan parcial desde 1993 y Paraíso, que muy recientemente (marzo 2024) aprobó la modificación de su plan regulador, incluyendo una pequeña porción del cantón que se salía de los límites del GAM.
- Hay 39 cantones que no tienen un plan regulador, lo cual representa un 48 %.
- Tan sólo ocho cantones cuentan con un plan regulador reciente (de menos de cinco años), estos son, según orden de aprobación más reciente: Paraíso (modificación), San Pablo



**Figura 2.** Existencia del Plan regulador urbano considerando los que están en proceso de formulación.

(por primera vez), San José (modificación), Barva (por primera vez), La Unión (modificación), Limón (pasó de un plan regulador parcial a uno cantonal), Escazú (modificación) y Siquirres (por primera vez). El Manual del INVU recomienda modificar el plan regulador cada 5 años (INVU, 2017, p. 101).

- De la superficie continental del país, considerando la cobertura de los planes reguladores existentes y el hecho de que en un 25 % corresponde a ASP, donde el instrumento normativo que rige sería un Plan de Manejo (los planes reguladores no pueden establecer normativa para las ASP), tan sólo un 15 % del territorio tiene regulación de uso del suelo. Esto

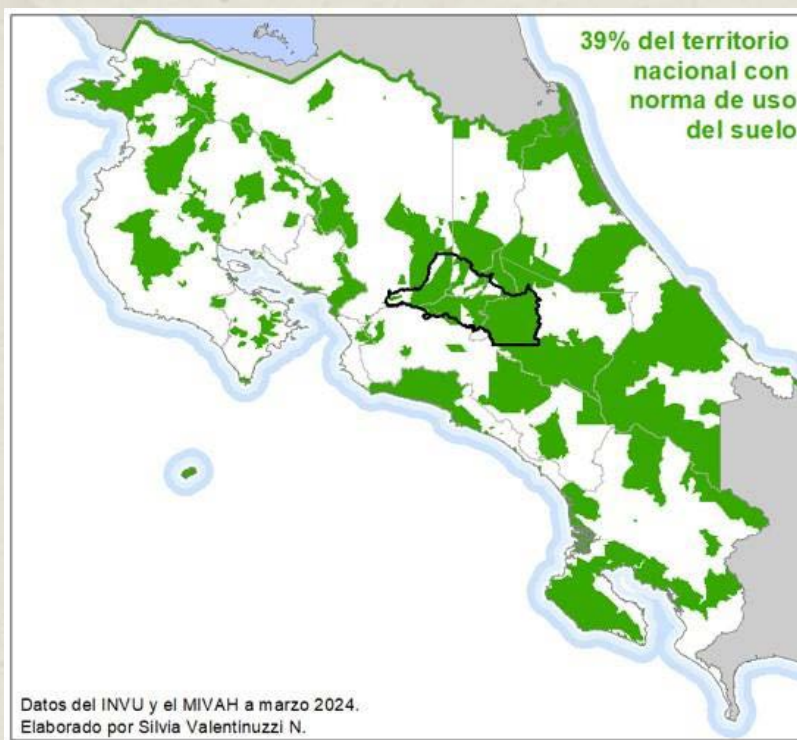
significa que sólo cerca del 40 % del territorio nacional tiene algún instrumento normativo para regular lo relacionado al uso del suelo.

- Como dato un poco más positivo, hay un 23 % de territorio donde se está dando algún proceso para formular un plan regulador, con lo cual se esperaría que, en un futuro no tan distante, se puedan aprobar y poner en vigencia. Con ello, se tendría un 63 % del territorio nacional regulado. Sin embargo, es importante acotar que el tiempo que toma hacer o incluso modificar un plan regulador puede ser largo, llegando hasta 15 años desde que se inicia hasta que se publica el plan en La Gaceta.
- Un 37 % del territorio no tiene plan regulador y las municipalidades a cargo de este territorio (29 en total) ni siquiera han iniciado el proceso para poder contar con uno, cosa que, en la mayoría de los casos, se aduce se debe a la falta de recursos económicos para pagar la elaboración de esta herramienta de planificación territorial. A propósito de esto, existe una

iniciativa impulsada por el actual gobierno para financiar a 22 municipalidades, incluyendo a León Cortés y Puerto Jiménez.

Pese a los datos anteriores, hay dos que llaman la atención y son críticos:

- Solo un 39 % de la superficie del territorio nacional tiene normativa sobre uso del suelo (**Figura 3**). Esto significa que en el 61 % del país las decisiones sobre nuevos usos, desarrollos inmobiliarios y constructivos se toman sin contar con una norma técnica, tal como llamó la atención la CEPAL (2017) para América Latina.



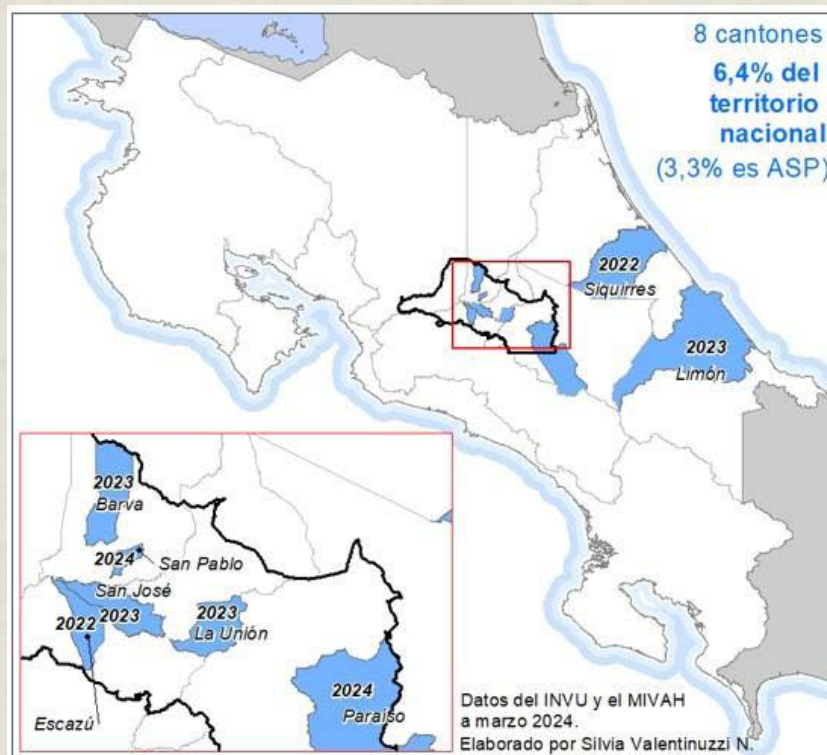
**Figura 3.** Área con normativa sobre uso del suelo.

- De los cantones que tienen plan regulador sólo ocho son suficientemente recientes como para considerarse actualizados (**Figura 4**), estos son: Limón y Siquirres fuera de la GAM, y Paraíso, San Pablo, San José, Barva, La Unión y Escazú en la GAM. Esto suma tan solo un 6.4 % del territorio nacional (donde 3.1 % corresponde a ASP).

Una debilidad ampliamente conocida en materia de ordenamiento territorial, especialmente en los países latinoamericanos, es el proceso de urbanización que se caracteriza porque la mayor parte del tiempo no se da como resultado de un proceso de planificación territorial, de donde surja un marco normativo, claro, actualizado y comprensivo de las realidades del territorio, de modo que puedan preverse y minimizarse los impactos negativos del desarrollo de actividades humanas. Particularmente en Costa Rica, hay evidencia de esta problemática y de sus impactos. A continuación, se presentan algunos datos relevantes tomados de la publicación del Informe del Estado de la Nación en

Armonía con la Naturaleza (Sánchez, 2020), con datos de las bases de datos del CFIA, para el periodo 2016 y 2019:

- El 28 % de toda el área construida en el país se ubicó en los cantones de condiciones menos favorables para un desarrollo sostenible de la actividad inmobiliaria. Un 78 % de estas construcciones no está cubierto por planes de ordenamiento territorial.
- Se desarrollaron más de 29 mil construcciones fuera del anillo de contención de la GAM, lo cual representó el 33.1 % del total registrado para la GAM; de éstas, un 24 % está asociado al sector habitacional.



**Figura 4.** Cantones con plan regulador reciente, menor o igual a 5 años.

- El 38.2 % de todas las construcciones se localizó en *cantones con alta frecuencia de desastres* por eventos naturales. Considerando solo las obras residenciales, se trata del 42.4%.
- Se identifican 12 049 construcciones en zonas clasificadas como de *alto riesgo de inundación*.
- Un total de 5 911 construcciones desarrolladas se ubicaron en *Áreas Silvestres Protegidas*.
- Un 18.2 % del área construida está cubierta por una *ASADA con problemas para brindar un servicio de calidad o garantizar la sostenibilidad* del servicio de agua potable en el tiempo.
- En promedio, las construcciones realizadas *se encuentran a 1.96 km de las rutas de transporte público* de autobús. Las distancias varían significativamente entre la GAM, donde son menores, y las zonas rurales.

Para complementar la información anterior, conviene mencionar otros hallazgos del Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (s), que se refieren a áreas fuera de la GAM:

- En el caso de las ciudades intermedias, en promedio, *el crecimiento de la mancha urbana disminuyó la cobertura geográfica que tienen los servicios*. Por ejemplo, en el caso de transporte público se pasa de una

cobertura del área urbana del 69.3 % en 2015 a una cobertura de 66.8 % en 2020, por su parte, los servicios educativos pasan de tener una cobertura del área urbanizada del 85.7 % al 83.2 % mientras que en los servicios de salud se redujo la cobertura del 63.4 % al 62.1 %. Si bien los cambios porcentuales podrían parecer pequeños, se dieron en tan sólo cinco años y reflejan una situación menos favorable que, de todas formas, ya no era tan buena, especialmente en el caso del transporte público y los servicios de salud.

- El 42 % de los planos relacionados con la construcción (APT) para el periodo 2020 *se ubican en cantones de alta vulnerabilidad* y muestran un potencial desarrollo disperso, principalmente en cantones costeros, fronterizos y rurales.
- El patrón de distribución de los planos de agrimensura se focaliza en cantones costeros, fronterizos y rurales y en los bordes de las zonas urbanas, lo que indica un patrón de dispersión a futuro si se desarrollan construcciones en esos terrenos. De acuerdo con el CFIA, cerca del 82 % de estos planos son para construir y el restante con otros fines agropecuarios.

Un dato adicional, que pone de manifiesto el impacto económico de las decisiones que se materializan en los patrones de urbanización que se siguen en

el país, es el de que los *costos por congestión* solo para la GAM, considerando sólo el costo del tiempo de las personas trabajadoras que se desplazan entre su casa y el trabajo, representa alrededor del 3.8 % *del PIB nacional*, es decir, cerca de \$2.527 millones al año (CONARE, 2018).

La información anterior refleja desde un accionar al margen de la normativa urbanística existente, hasta la toma de decisiones que no parecen congruentes con el conocimiento que se tiene del territorio, ante lo que cabe preguntarse ¿Quién es responsable? Posiblemente la respuesta en realidad incluye a instituciones del Gobierno Nacional, a las municipalidades, al sector inmobiliario, a las personas profesionales en ingeniería y arquitectura y, en último lugar, a la población en general. En resumen, es una responsabilidad compartida, porque en la construcción de estos problemas ha habido varios momentos en que cada actor pudo actuar diferente e influir para cambiar el resultado final.

Las situaciones, evidenciadas con los datos, ponen de manifiesto la necesidad atender con urgencia, al menos, los siguientes aspectos:

- a) Reforzar el cumplimiento de la normativa existente.
- b) Reforzar el respeto a las áreas no aptas para la construcción, en especial aquellas bajo alguna amenaza natural, como las inundaciones.
- c) Solventar los problemas que originan que no se cuente con planes

reguladores en el país. Este tema, en sí mismo, ameritaría de un análisis a profundidad y en mayor detalle.

- d) Mejorar la normativa existente para crear alternativas más actuales y dinámicas para atender las necesidades de planificación del desarrollo urbano.

Lo anterior requiere de un esfuerzo donde se involucren las instituciones del Gobierno Nacional, la Asamblea Legislativa, las municipalidades, los colegios profesionales y la academia, con el fin de alcanzar acuerdos, que permitan cambiar el accionar que nos ha llevado al estado actual. Este esfuerzo no es simple y requiere de un liderazgo guiado por el conocimiento, la empatía y el sentido de urgencia por construir la resiliencia ante el cambio climático que nos pisa los talones.

Una alternativa para enfrentar la problemática referida y atender algunas de sus particularidades, es lograr un desarrollo urbano más eficiente con las bases de lo que hoy se tiene; esto quiere decir realizar acciones puntuales y orientadas a un *cambio*, en dirección a la *regeneración del paisaje urbano*, considerando especialmente la necesidad de aumentar la resiliencia de los territorios habitados ante la crisis climática.

Desde el TEVU se realizan acciones orientadas a ese cambio en los espacios urbanos de 20 cantones de la GAM, lo cual se seguirá realizando hasta el 2025. El proyecto tiene tres grandes líneas de trabajo:

- Mejora de espacios públicos: considerando estos espacios como un capital social que debe estar al servicio de todas las personas y de la biodiversidad urbana, se trabaja en mejorar su diseño, la oferta de equipamiento y mobiliario urbano y reverdecerlos aplicando las mejores prácticas de la arboricultura urbana. En este rubro se incluyen tanto parques como bulevares, aceras y ciclovías. Destacan intervenciones como La Sabanita, en La Guápil de Alajuelita; Escuela Perú en San José Centro; el Parque Treviso, en Desamparados; el bulevar y ciclovía de Cartago; el sendero Tururú en Barva de Heredia, entre otros espacios públicos mejorados.
- Reforestación: para mejorar la conexión biológica en zonas urbanas y enfrentar el fenómeno de las islas de calor, se reforestan espacios como parques, aceras, áreas de protección de ríos y propiedades municipales con vocación ambiental. Ejemplo de este accionar son la reforestación de las aceras alrededor de la Escuela de León XIII en Tibás y la del área de protección del Río Porrosatí en Santa Bárbara de Heredia, escuela Miguel de Cervantes en Hatillo. En total se han reforestado 517 ha en espacios públicos urbanos.
- Desarrollo de infraestructura basada en la naturaleza para gestionar la escorrentía pluvial y prevenir inundaciones urbanas. Esto se hace

en espacios públicos que incluyen calles, bulevares, aceras y parques. Además del bulevar de Cartago, construido juntamente con la municipalidad, se tienen encaminadas cinco intervenciones de este tipo, donde destaca el bulevar que pasaría frente a la Municipalidad de Heredia, y el Paseo Gastronómico que se quiere desarrollar en el centro de Guadalupe, en Goicoechea.

Además, se hacen esfuerzos importantes sobre sensibilización y educación, dirigidos a personas en comunidades y municipios, en biodiversidad, ambiente, gestión de residuos sólidos, convivencia con fauna, aspectos legales ambientales, manejo del recurso hídrico, monitoreo de aves, entre otros.

Este tipo de trabajo permite gestionar el espacio urbano que se comparte de manera más sensible con la naturaleza, la biodiversidad y la amenaza que representa el calentamiento global, permitiendo aumentar el involucramiento de las personas en las soluciones y la conciencia sobre el impacto que el accionar individual tiene sobre el resultado que se experimenta a nivel colectivo.

Una forma de institucionalizar la comprensión de estos temas y de extender la vida de estos esfuerzos, fue crear la Estrategia de Renovación Urbana Sostenible Verde y Azul, conocida como *ERUS*, la cual es una herramienta de desarrollo urbano con acciones en pro de la adaptación

climática, que se ha construido en conjunto con las 20 municipalidades, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SI-NAC) y los Comité Locales de los Corredores Biológicos Interurbanos (CBI).

El objetivo de la ERUS es mejorar los espacios verdes y azules y las condiciones para la movilidad sostenible en el territorio, para ampliar el suministro de servicios ecosistémicos. Para ello se definieron 401 acciones, a desarrollarse en los próximos años, organizadas en siete ejes de trabajo que incluyen: Espacios verdes públicos; Espacios verdes privados; Movilidad sostenible; CBI y Conectividad biológica; ASP y Patrimonio Natural del Estado; Infraestructura azul y Gobernanza ambiental.

Las acciones se clasifican según cuatro tipos. Las que se presentan en mayor número (163 en total) son de tipo A): Intervención en el territorio, estas implican el desarrollo de un proyecto o la ejecución de una intervención que genere un impacto positivo en el territorio; por ejemplo, la remodelación o el mejoramiento de un parque o una acera; la construcción de infraestructura de alcantarillado o movilidad activa (ciclovía o bulevar); la reforestación de un área de protección de

río o de una propiedad específica; la instalación de mobiliario urbano en el espacio público, entre otras. El segundo tipo de acción más frecuente son las de tipo B) Gestión institucional (152 en total), que son acciones de tipo administrativo u operativo de la institución, parte de su quehacer ordinario, en cumplimiento de sus competencias y que, en muchos casos, permiten crear condiciones habilitantes para la ejecución de intervenciones en el territorio; por ejemplo, diseñar un plan de acción o un programa para el mejoramiento de espacios públicos; actualizar el inventario de espacios públicos o del arbolado urbano; desarrollo de campañas de educación o sensibilización dirigidos a la población sobre temas de conservación de la biodiversidad o sobre el respeto al área de protección de los ríos, entre otras.

Los otros dos tipos de acciones son C) Gestión financiera (15 en total) y D) Gestión legal (71 en total). Con estas acciones se busca disponer de los recursos económicos y de la normativa para sustentar la ejecución de los otros tipos de acciones. Entre la normativa que se creará está la reglamentación a la Ley de Comercio al Aire Libre (N°10126) y a la Ley de Movilidad Peatonal (N°9976), así como un reglamento sobre arbolado urbano, arbustos y herbáceas en espacios verdes.

Hay retos importantes para ejecutar las acciones. En algunos casos se requieren recursos para



ejecutar obras. En otros hay retos técnicos importantes, por tratarse de acciones complejas, como serían los proyectos sobre alcantarillado sanitario y pluvial que quieren realizar municipalidades como Barva, Cartago y Santo Domingo; la recuperación de áreas de protección de ríos invadidas en La Unión; el desarrollo de varios proyectos por medio de la figura de fideicomiso en Alajuela o la intervención en propiedades privadas para protección del recurso hídrico (por medio de la tarifa hídrica) en Belén. Estos son sólo algunos ejemplos, pero hay muchas acciones en la ERUS que reflejan la intención de trabajo futuro de las municipalidades, que pueden servir de inspiración y, también, evidenciar la necesidad de fortalecer el accionar en algunas líneas, como podría ser la económica, para asegurar que se puede pagar la transición hacia la economía verde deseada.

Aunque hay problemas que deben atenderse a nivel nacional, esforzarse por alcanzar consensos sobre el tipo de desarrollo que se quiere en el país, también hay acciones que pueden darse a escala intermunicipal, local y barrial, que tendrían gran impacto en la calidad de vida, donde concentrarse los esfuerzos.

Un ejemplo de esta posible acción es la ERUS, que permitirá dar seguimiento a la actuación de los actores involucrados, por ampliar el suministro de servicios ecosistémicos en los próximos años, que constituye un banco de proyectos interesados en impulsar por las municipalidades, que podría servir de insumo para otras iniciativas de cooperación internacional

o que apoyen a las municipalidades en la mejora de los espacios urbanos. Es una herramienta que puede replicarse en otras municipalidades, implementando los principios que impulsa el Proyecto TEVU, como diseño urbano de espacios públicos sensibles a la naturaleza, a las necesidades de las personas y que integra la perspectiva de género; reverdecimiento del entorno urbano, para contrarrestar las islas de calor y promover la conectividad biológica; protección y resguardo de la naturaleza urbana; creación de condiciones para la adaptación al cambio climático en zonas urbanas; sana convivencia con la fauna silvestre; gestión integral del agua y de los residuos sólidos; impulso a la economía verde y a la transición.

Puede que el país siga el ritmo del cambio global, necesario para superar los múltiples retos del cambio climático impone, pero es necesario actuar con urgencia y desde múltiples frentes, ampliando el conocimiento sobre las prácticas que deben incorporarse en la acción institucional e individual y aunando esfuerzos, algo en lo que se trabaja desde el TEVU y donde se requiere que todos puedan sumarse.

## Referencias

- Baudrillard, J. (1970). *La Sociedad de Consumo: Sus mitos, sus estructuras*. Siglo XXI Editores.
- Comisión Económica Para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2017). *Desarrollo sostenible, urbanización y desigualdad en América Latina y el Caribe: Dinámicas y desafíos para el cambio estructural*. Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/bitstream/b83172de-d3d6-4e45-a4d7-e5c2adbc9ff0/download>

- Costa Rica. Ley N°4.240. Ley de Planificación Urbana. Asamblea Legislativa. La Gaceta 145, de 1° de agosto de 1985. Original del 15 de noviembre de 1968.
- Erba, D. A. (ed.). (2013). *Definición de Políticas de Suelo en América Latina: Teoría y Práctica*. Instituto Lincoln de Políticas del Suelo, LILP. <https://www.lincolninst.edu/es/publications/books/definicion-politicas-suelo-urbano-en-america-latina>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC]. (2019). Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf)
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo [INVU]. (2017). *Manual de Planes Reguladores como Instrumentos de Ordenamiento Territorial*. Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. <https://www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Manual+de+Planes+Reguladores+como+Instrumento+de+Ordenamiento+Territorial>
- Sánchez, L. (2020). Miradas a profundidad en armonía con la naturaleza: condiciones territoriales para un desarrollo constructivo más sostenible. En CONARE, *Informe Estado de la Nación* (pp. 129-150). Programa Estado de la Nación. [https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8003/PEN\\_informe\\_estado\\_nacion\\_capitulo\\_3\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8003/PEN_informe_estado_nacion_capitulo_3_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sánchez, L. (2021). *Ordenamiento territorial y crecimiento urbano: desafíos e impactos para las ciudades intermedias y la zona marino-costera*. Programa Estado de la Nación. [https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8243/Sanchez\\_L\\_Ordenamiento\\_territorial\\_crecimiento\\_urbano\\_desafios\\_impactos\\_IEN\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/8243/Sanchez_L_Ordenamiento_territorial_crecimiento_urbano_desafios_impactos_IEN_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sánchez, L. (2018). *Tendencias y patrones del crecimiento urbano en la GAM, implicaciones sociales, económicas y ambientales y desafíos desde el Ordenamiento territorial*. Programa Estado de la Nación. [https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/2982/Tendencias\\_patrones\\_crecimiento\\_urbano\\_GAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/2982/Tendencias_patrones_crecimiento_urbano_GAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



**Cartera de  
ecosistemas y  
producción  
Programa de las  
Naciones Unidas para  
el Desarrollo, PNUD  
([jairo.serna@undp.org](mailto:jairo.serna@undp.org))**

## Monitoreo satelital de uso de la tierra, oportunidad en un mundo que transita hacia la producción libre de deforestación

Jairo Serna Bonilla



Los bosques cubren el 31 % de la superficie del planeta, tan solo los ubicados en el trópico albergan alrededor del 60 % de todas las especies de plantas vasculares, anfibios, aves y mamíferos terrestres, sin embargo, esto no ha sido justificante para que entre 1990 y 2020 se hayan perdido 420 millones de hectáreas, debido a la deforestación, tan solo entre el 2000 y el 2020 se perdieron alrededor de 47 millones de hectáreas de bosques primarios (FAO, 2022).

Si bien este proceso es potenciado por una combinación de factores sociales, económicos y ecológicos (incluyendo los climáticos), es innegable el impacto del esquema actual de producción de alimentos. Acorde al reporte Estado de los Suelos editado por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), la agricultura y ganadería, fundamentalmente el pastoreo extensivo y el cultivo de soja y palma de aceite, generan los procesos de deforestación de mayor prevalencia, ya que provocan el 40 % de esta pérdida. Situación que no ha pasado desapercibida para uno de los principales bloques comerciales del planeta, la Unión Europea (UE).

El 31 de mayo de 2023, en Bruselas Bélgica, el Parlamento de este bloque continental puso en vigor el Reglamento (UE) 2023/1115 (Unión Europea, 2023), “*relativo a la comercialización en el mercado de la Unión y a la exportación desde la Unión de determinadas materias primas y productos asociados a la deforestación y la degradación forestal*”, (RCMPAD) la cual establece que “*No se introducirán en el mercado, comercializarán ni exportarán materias primas pertinentes y productos pertinentes, excepto si se cumplen todas las condiciones siguientes: a) que estén libres de deforestación; b) que hayan sido producidos de conformidad con la legislación pertinente del país de producción, y c) que estén amparados por una declaración de diligencia debida.*” La normativa abarca no solo materias primas como carne, leche, aceite de palma y soya, asociadas directamente a deforestación sino también al cacao, café, madera, junto con algunos de sus derivados. En este sistema los países se clasificarán según el nivel de riesgo (bajo, estándar o alto), adaptando el proceso de evaluación en consecuencia.

Este reglamento no es un tema nuevo, se enmarca en el *Pacto Verde*, iniciativa europea de amplia envergadura, que a su vez responde a un movimiento global para abordar la deforestación y la pérdida de bosques. Declaraciones internacionales como la realizada en Nueva York sobre los bosque (2014), Ámsterdam sobre cadenas de suministro libres de deforestación (2015) y Glasgow Leaders’ Declaration on Forests and Land Use (2021),

le sirven como antecedente y demuestran un compromiso global para reducir la pérdida de bosques y promover prácticas sostenibles con un abordaje de cadenas de suministro y permite deducir que el paso que está dando la UE va a ser seguido por otros destinos de la producción nacional. El RCMPAD tiene un elemento innovador ya que cambia la carga de garantizar el cumplimiento estos requisitos a quien comercia en la UE.

El RCMPAD establece que *un «operador», es toda persona física o jurídica que, en el transcurso de una actividad comercial, introduce los productos pertinentes en el mercado (europeo) o los exporta.* Estos operadores (clientes de los productos costarricenses en Europa), deben demostrar que cumplen con tres condiciones establecidas en el artículo 3 del citado reglamento. De estos tres factores quizás los dos más importantes son demostrar que se han producido en *parcelas de terreno libres de deforestación y garantizar el cumplimiento de la legislación nacional.* Para ello el reglamento establece en su artículo 9, los requisitos que debe cumplir la información provista por los operadores, en específico:

- g) *la necesidad de contar con información suficientemente concluyente y verificable de que los productos pertinentes están libres de deforestación.*
- h) *información suficientemente concluyente y verificable de que las materias primas pertinentes se han producido de conformidad con la*

*legislación pertinente del país de producción.* Hay que aclarar que la definición la Legislación pertinente del reglamento, incluyen derechos de usos del suelo, protección del ambiente, normativa relacionada con bosques, derechos de terceros, y el consentimiento libre previo e informado (Unión Europea, 2023, Artículo 2 inciso 40).

El Sistema de Monitoreo de Cambios en el Uso de la Tierra en Paisajes Productivos (MOCUPP) articula diversas instituciones como el Instituto Geográfico Nacional, el Registro Público y dos universidades estatales, la Universidad de

Costa Rica y la Universidad Nacional. MOCUPP permite la generación de capas de información geográfica con información detallada y actualizada sobre la evolución de la cobertura de cultivos de cultivos estratégicos para la nación. Ya existen capas de localización, extensión e interacción con un buffer de cobertura arbórea para cultivos como la piña, palma aceitera, y pasturas (hasta un 70 % de cobertura arbórea). Otros como los de musáceas, incluyendo banano y café están en su etapa de generación.

MOCUPP aprovecha el apoyo económico de la cooperación internacional, las capacidades, equipos, software, experiencia y personal (docentes



**Figura 1.** Paisaje productivo del área de Conservación Amistad Pacífico. Fotografía: PNUD.

y estudiantes) de las universidades, y la Infraestructura de Datos Espaciales de Costa Rica (IDECORI), en el análisis y reporte de los cambios en la localización, extensión e interacción (pérdida, ganancia y no cambio) con la cobertura arbórea presente en una zona de amortiguamiento de 2 km desde el borde de las áreas de cultivo de los productos ya mencionados.

Las capas MOCUPP han sido aprovechadas desde diferentes ángulos, desde la prevención de la contaminación de fuentes de agua en fuentes de consumo Humano (Serna, 2020), la reducción en los costos del censo (Valverde y Aramburo, 2020), la gestión de la conectividad de paisajes (Picado, 2020), la gestión del territorio y la alerta ante posibles infracciones a la legislación ambiental (Lobo, 2020) e identificada como un mecanismo para mejorar la competitividad del país (Sasa, 2020). Más recientemente MOCUPP fue perfilado como fuente para informar a potenciales compradores de los productos costarricenses que deben demostrar que están *libres de deforestación* (Serna *et al.*, 2023). Con esto en mente. ¿Cuál es el potencial del MOCUPP para ofrecer información clave a operarios en la Unión Europea?

Como ya vimos, MOCUPP es un sistema interinstitucional e intersectorial que sirve como fuente de información relevante sobre la dinámica de cultivos y su relación con diferentes tipos de cobertura arbórea, incluyendo bosques. En el proceso de debida diligencia a cargo de los compradores de productos agrícolas y

pecuarios en Europa, y en combinación con otras capas publicadas en el sistema Nacional de Información territorial (SNIT, <http://www.snitcr.go.cr>), permite dar seguimiento a los cambios en el uso de la tierra, especialmente de áreas silvestres protegidas, territorios indígenas y otros elementos claves del paisaje, en este sentido MOCUPP ofrece información:

- *Retrospectiva y periódica:* Los cambios en el uso de la tierra identificados en la capa de pérdida, ganancia y no cambio de cobertura arbórea para los cultivos MOCUPP pueden emplearse en la comparación interanual y retrospectiva partiendo desde el 31 de diciembre del 2020 como lo solicita el considerando N° 46 del citado reglamento. Este esquema también genera información que permite contrastar si una parcela de terreno dentro de un establecimiento se traslapa con zonas de no cambio o ganancia de cobertura arbórea, la cual incluye bosques en todos sus estadios de sucesión, garantizando así que no haya deforestación.
- *Verificable:* MOCUPP *confirma mediante evidencia objetiva* (ISO, 2005), generada por una tercera parte de prestigio, la interacción de un área de producción para materias primas clave con la cobertura arbórea que la rodea. Esto se hace mediante la recopilación y análisis de evidencia objetiva, como pruebas,

registros y mediciones. Si bien el RCMPAD no incluye una definición de verificación, otras como la normativa ISO 9000, aceptadas a nivel global para garantizar sistemas de gestión, incluye los elementos asociados a la verificación ya mencionados e integrados en MOCUPP.

- *Suficientemente concluyente:* Las capas generadas por MOCUPP son desarrolladas usando una metodología que implica análisis realizados por especialistas, verificación virtual y de campo (en conjunto con autoridades de la dirección nacional de extensión agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería) y un doble set de revisión que garantizan una confiabilidad por encima del 90% y constante evolución.

En definitiva, el MOCUPP se presenta como una esquema que genera información fundamental para la debida diligencia de compradores de productos agrícolas y pecuarios, en destinos clave para las exportaciones costarricenses, permitiendo a los operadores en la Unión Europea, uno de nuestros principales socios comerciales, aprovechar las capas generadas para garantizar el cumplimiento del reglamento y contribuir con el cumplimiento de nuestra legislación y a la lucha contra la deforestación, sin que ello signifique gastos para la cadena productiva, que en últimas ser trasladados al consumidor.

## Referencias

- FAO y PNUMA. (2020). *El estado de los bosques del mundo. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- FAO. (2022). *El estado de los bosques del mundo 2022. Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://doi.org/10.4060/cb9360es>
- International Organization for Standardization. (2005). *Norma Internacional ISO 9000, Sistemas de gestión de calidad-Fundamentos y vocabulario*. International Organization for Standardization (ISO).
- Lobo, A. M. (2020). MOCUPP: una herramienta que mejora la gestión del territorio y alerta sobre posibles infracciones de la legislación ambiental. *Ambientico*, (276), 62-65. <https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/mocupp-una-herramienta-que-mejora-la-gestion-del-territorio-y-alerta-sobre-posibles-infracciones-de-la-legislacion-ambiental/>
- Picado, D. (2020). MOCUPP como herramienta para la gestión de la conectividad del paisaje en los corredores biológicos: Caso de estudio en el Área de Conservación La Amistad Pacífico. *Ambientico*, (276), 26-34. <https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/mocupp-como-herramienta-para-la-gestion-de-la-conectividad-del-paisaje-en-los-corredores-biologicos-caso-de-estudio-en-el-area-de-conservacion-la-amistad-pacifico/>
- Sasa, K. (2020). MOCUPP: Mecanismo para mejorar competitividad de países agroexportadores. *Ambientico*, (276), 4-7. <https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/mocupp-mecanismo-para-mejorar-competitividad-de-paises-agroexportadores/>

- Serna, A. (2020). Una herramienta para prevenir el riesgo de contaminación de aguas subterráneas para abastecimiento humano en el Territorio Norte-Norte. *Ambientico*, (276), 6-14. <https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/una-herramienta-para-prevenir-el-riesgo-de-contaminacion-de-aguas-subterraneas-para-abastecimiento-humano-en-el-territorio-norte-norte/>
- Serna, et al. (2023). Cadenas de suministro libres de deforestación, una oportunidad para el sector ganadero de Costa Rica. *Ambientico*, (287), 29-35. <https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/cadenas-de-suministro-libres-de-deforestacion-una-oportunidad-para-el-sector-ganadero-de-costa-rica/>
- Unión Europea. (2023). *Reglamento (UE) 2023/1115, “relativo a la comercialización en el mercado de la Unión y a la exportación desde la Unión de determinadas materias primas y productos asociados a la deforestación y la degradación forestal”*. Diario Oficial de la Unión Europea. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32023R1115>
- Valverde, M., & Aramburo, J. (2020). Aprovechamiento de la metodología de MOCUPP: una forma de abaratar el costo del censo agropecuario de Costa Rica. *Ambientico*, (276), 15-19. <https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/aprovechamiento-de-la-metodologia-de-mocupp-una-forma-de-abaratar-el-costodel-censo-agropecuario-de-costa-rica/>

## Normas mínimas para la presentación de artículos a *Ambientico*

### 1. Acerca de la revista Ambientico

La revista Ambientico es una publicación trimestral sobre la actualidad ambiental costarricense que se publica desde la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (UNA), institución pública y benemérita de la Patria. Creada en 1992, es una revista de acceso abierto que tiene por misión estimular, publicar y difundir un análisis riguroso y actualizado sobre problemáticas e iniciativas ambientales en Costa Rica.

### 2. Equipo editorial:

Editor en jefe: Dr. Sergio A. Molina-Murillo  
Editor adjunto: M.Sc. Jesús Ugalde Gómez  
Dr. William Fonseca González  
M.Sc. Wilbert Jiménez Marín  
Lic. Luis Poveda Álvarez

### 3. Público meta

Nuestro público meta está constituido por la sociedad costarricense interesada en conocer sobre problemáticas e iniciativas ambientales en Costa Rica. De manera específica los artículos de la revista Ambientico están dirigidos a personas tomadoras de decisiones de los Poderes de la República, gobiernos locales, docentes de todos los niveles, estudiantes, personas profesionales y aquellas que lideran grupos y comunidades locales.

### 4. Política de acceso abierto

La revista Ambientico ofrece acceso abierto, libre e inmediato de su contenido bajo el principio de que hacer disponible de manera abierta y gratuita la investigación a la sociedad, fomenta un mayor intercambio de conocimiento local y global. Por tanto, no existe costo por acceso a los artículos por parte de las personas lectoras (usuarios individuales o instituciones), ni por el procesamiento, revisión, envío y publicación de los artículos por parte de las personas autoras.

Los artículos publicados se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.ambientico.ac.cr>, lo que implica la posibilidad de que las personas lectores (usuarios individuales o instituciones) puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

No es necesario solicitar permisos a la persona editora o autora, siempre y cuando el contenido se utilice de acuerdo con la licencia CC BY NC SA 4.0 Internacional, tal y como se explica arriba.

## 5. Propiedad intelectual

Los artículos publicados se distribuyen bajo una *Creative Commons* Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.ambientico.una.ac.cr>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra. Las personas autoras se comprometen a enviar firmada —junto con el escrito— la Carta de Originalidad y Cesión de derechos.

## 6. Política sobre plagio

La Revista penaliza el plagio en todas sus formas. La detección del plagio implica la conclusión del proceso editorial en cualquiera de sus etapas. En el caso de artículos ya publicados, estos serán eliminados del acervo y se contactará a las instituciones empleadoras para informar de este tipo de conducta. La Revista velará para que tanto el equipo editorial como el de revisión y autoría cumplan con las normas éticas en el proceso de revisión y publicación de un artículo a través de proceso transparente y libre de plagio. Para más información se recomienda consultar la norma *International Standards for editors and authors* del Comité de Ética en la Publicación (COPE) y las del *International Committee of Medical Journal Editors* (ICMJE). Para detectar plagio la revista utiliza el programa Turnitin.

## 7. Declaración de privacidad

De conformidad con la Ley N° 8968 de Cosa Rica, ley de protección de la persona frente al tratamiento de sus datos personales, la(s) PERSONA(s) AUTORA(s) consienten en facilitarle a la Revista un correo electrónico de contacto, así como los datos personales necesarios para la identificación de la autoría del artículo. A su vez, autorizan a la Revista a publicar junto con el artículo, los datos personales necesarios (nombre y apellidos, puesto, especialidad, institución, ciudad/país, correo).

## 8. Pertinencia de artículos

Aunque la mayoría de los artículos de la revista Ambientico son solicitados por invitación, se podrán considerar otros artículos altamente pertinentes a la realidad ambiental nacional, y en donde las opiniones estén claramente sustentadas (usar bibliografía en los casos necesarios). De manera general, se reciben artículos cortos (2 000 palabras), claros (entendibles e informativos para una audiencia general no científica), rigurosos (con sustento científico) y coherentes (que el escrito siga un flujo ordenado de ideas).

## 9. Modo de entrega

El artículo ha de ser presentado en Word y entregado al correo [ambientico@una.ac.cr](mailto:ambientico@una.ac.cr)

## 10. Tamaño, formato, elementos gráficos y separaciones internas

- El artículo no excede las 2 000 palabras.
- Escribir a espacio sencillo en letra Calibre tamaño 11.

- **Secciones:** En *Ambientico* no se usan subtítulos para separar secciones (apartados). Para separar secciones, dejar un renglón entre ellas.
- **Párrafos:** Dentro de cada sección, los párrafos inician solamente con una sangría y no requiere agregar renglones entre párrafos.
- Incluir los **Cuadros** en formato Word y no como imágenes o capturas de pantalla.
- **Figuras:** Favor ilustrar el artículo con fotografías, figuras, ilustraciones, mapas, gráficos, etc. Incluir todas estas figuras en el mismo documento de Word *cerca de donde se espera ser presentadas*, pero asegurarse de que sean en alta resolución (300 dpi o mayor a 2Mb). Enviar en Excel los gráficos elaborados en ese programa para su más fácil edición. Incluir debajo de cada fotografía un título descriptivo. Si las figuras —incluyendo fotografías— no son propiedad del autor, deben indicar el nombre de la persona autora.

#### 11. Sobre las personas autoras

- Se requiere enviar aparte, una fotografía del rostro de la persona autora en alta resolución (300 dpi o mínimo 2Mb).
- Solamente incluir el puesto (p. ej. Consultor independiente, Ministro de Ambiente, Profesor de economía), la organización para la que labora, y el correo electrónico.
- En caso de varias personas autoras, la anterior información debe ser provista para cada una de ellas.

#### 12. Uso de cursivas y de comillas

Se usará cursivas —nunca negritas ni subrayado— para enfatizar conceptos. Vocablos en otras lenguas no aceptados por la Real Academia Española de la Lengua, y neologismos, han de escribirse también en cursivas. Asimismo, irán en cursivas nombres de obras de teatro y cinematográficas, de libros, de folletos, de periódicos, de revistas y de documentos publicados por separado. Capítulos de libros y artículos de publicaciones periódicas se pondrán entrecomillados.

#### 13. Uso de números y unidades de medida

Cuando las cantidades sean escritas numéricamente ha de usarse un espacio para separar los grupos de tres dígitos (p.ej., 1 320). Para los decimales ha de usarse punto (p.ej., 1.5 ¡atención en los cuadros!). Las unidades de medida, en caso de consignarse abreviadamente, habrán de escribirse en singular y en minúsculas, y separadas por un espacio del número (p.ej., 50 % o 18.3 mm)

#### 14. Uso de acrónimos

Los acrónimos lexicalizados que son nombres comunes (como ovni, oenegé y mipyme, por ejemplo), se escriben con todas las letras minúsculas. Los acrónimos no lexicalizados y que, por tanto, se leen destacando cada letra por separado (como UCR y EU, por ejemplo), se escriben con todas las letras mayúsculas.

#### 15. Palabras clave

Si bien *Ambientico* no publica las palabras clave de cada artículo, se le solicitan al autor no más de cinco para usarlas en el buscador del sitio web.

## 16. Citas textuales

Las citas textuales, que se ruega no excedan las 40 palabras, no han de ponerse en cursivas, ni usando sangría ni en párrafo aparte, sino entrecomilladas, y entreveradas en el texto.

## 17. Comunicaciones personales o entrevistas

La mención en el texto de comunicaciones personales o entrevistas se hará así: luego de una apertura de paréntesis se consigna la inicial del nombre de pila del entrevistado, después se coloca un punto y, enseguida, el apellido del entrevistado. A continuación, se pone una coma y, posteriormente, la frase “comunicación personal”; luego se coloca el nombre del mes y el día, que se separa con una coma del año en que se efectuó la comunicación; finalmente, se pone el paréntesis de cierre. Ejemplo: “... (L. Jiménez, comunicación personal, septiembre 28, 1998) ...”. Las comunicaciones personales no se consignan en la sección de Referencias.

## 18. Notas a pie de página

Podrá usarse notas a pie de página para aclarar o ampliar información o conceptos, pero solo en los casos en que, por su longitud, esos contenidos no puedan insertarse entre paréntesis en el texto.

## 19. Citas bibliográficas

A partir de la 7ma versión original del *Manual de la American Psychological Association (APA)* (2019), seguimos los siguientes lineamientos respecto a citación de fuentes bibliográficas. Hay dos modalidades de

presentación de las referencias bibliográficas intercaladas en el texto. En una, la persona autora citada es el sujeto de la oración; en la otra, la persona autora citada, no es parte de la oración, sino que lo que es parte de la oración es solo lo dicho o aportado por ella. Ejemplo del primer caso: “... Acuña (2008) asegura que el sistema de áreas protegidas...”. Ejemplo del segundo: “... Los problemas ambientales han resultado el principal foco de conflicto (Morales, 2009)...”.

### *Obra con un autor*

Entre paréntesis, se coloca el apellido del autor al que se hace referencia, separado por una coma del año de publicación de la obra. Ejemplo: “... (Pacheco, 1989) ...”.

### *Obra con más de un autor*

Cuando la obra tiene dos autores, se cita a ambos, separados por la conjunción “y”. Ejemplo: “... (Núñez y Calvo, 2004) ...”.

Cuando la obra es de más de dos autores, se cita solamente el apellido del primer autor seguido de “*et al.*” en cursiva y con punto después de la contracción “al.”. Ejemplo: “... (Pérez *et al.*, 2009) ...”.

### *Obra con autor desconocido o anónimo*

Si la obra carece de autor explícito, hay que consignar en vez de él, y entre comillas, las primeras palabras del título (entre paréntesis). Ejemplo: “... (“Onu inquieta”, 2011) ...”; o, alternativamente, el nombre de la obra y, después de una coma, la fecha de publicación. Ejemplo: “... *La Nación* (2011) ...”.

Solo cuando se incluye una cita textual debe indicarse la/s página/s. Ejemplo: "... (Pérez, 1999, p. 83) ...".

## 20. Presentación de las obras referenciadas

Al final del artículo, debajo del subtítulo **Referencias**, habrá de consignarse todas las obras referenciadas en orden alfabético.

### *Libro*

Primero se anotará el apellido del autor, luego, precedido de una coma, la inicial de su nombre; después, e inmediatamente luego de un punto, el año de publicación de la obra entre paréntesis; seguidamente, y en cursivas, el título de la obra; posteriormente, y después de un punto, el lugar de publicación de la obra (si la ciudad es internacionalmente conocida no hace falta señalar el país, pero, si no, solo se consigna el país), y, finalmente, antecedido por dos puntos, el nombre de la editorial. Ejemplo: Pérez, J. (1999). *La ficción de las áreas silvestres*. Barcelona: Anagrama.

### *Artículo contenido en un libro*

En este caso, se enuncia el apellido del autor seguido de una coma, luego se pone la inicial del nombre de pila seguida de un punto; inmediatamente, entre paréntesis, la fecha. Enseguida ha de ponerse la preposición "En", y, luego, el apellido seguido de una coma y la inicial del nombre de pila del editor o compilador de la obra; indicando a continuación entre paréntesis "Ed." o "Comp.", como sea el caso; inmediatamente se señala el nombre del libro en cursivas y, entre paréntesis, las páginas del artículo precedidas por la abreviatura "p."

o "pp." seguido de un punto; posteriormente, el lugar de publicación de la obra, y, antecedido por dos puntos, la editorial. Ejemplo: Mora, F. (1987). Las almitas. En Ugalde, M. (Ed.) *Cuentos fantásticos* (pp. 12-18). Barcelona: Planeta.

### *Artículo contenido en una revista*

En este caso, se indica el apellido del autor y, luego precedido por una coma, se coloca la letra inicial de su nombre de pila; luego de un punto, y entre paréntesis, la fecha; después el título del artículo y un punto. Enseguida, va el nombre de la revista, en cursivas; inmediatamente, se indica el número de la edición o del volumen separado por una coma de las páginas que constituyen el artículo, luego se coloca el punto final. Ejemplo: Fernández, P. (2008). Las huellas de los dinosaurios en áreas silvestres protegidas. *Fauna prehistórica*, 39, 26-29.

### *Artículo contenido en un periódico*

Si la referencia fuera a un diario o semanario, habría de procederse igual que si se tratara de una revista, con la diferencia de que la fecha de publicación se consignará completa iniciando con el año, separado por una coma del nombre del mes y el día, todo entre paréntesis. Antes de indicar el número de página, se coloca la abreviatura "p." o "pp.". Ejemplo: Núñez, A. (2017, marzo 16). Descubren vida inteligente en Marte. *La Nación*, p. 3A.

### *Material en línea*

(Note que ya no se utiliza el "Disponible en:" o "Recuperado de:" antes del link)

En caso de que el artículo provenga de un periódico o una revista en línea, se conserva el formato correspondiente y luego se

coloca la dirección electrónica, sin punto al final. Ejemplo: Brenes, A. y Ugalde, S. (2009, noviembre 16). La mayor amenaza ambiental: dragado del río San Juan afecta el río Colorado y los humedales de la zona. *La Nación*. [http://www.nacion.com/ln\\_ee/2009/noviembre/16/opinion2160684.html](http://www.nacion.com/ln_ee/2009/noviembre/16/opinion2160684.html)

Para artículos con DOI, al final de la referencia no se debe incluir la palabra DOI como se acostumbraba, sino incluir únicamente el link completo. Ejemplo: Molina-Murillo, S., Perez, J.P. y Herrera, M.E. (2014). Assessment of environmental payments on indigenous territories: The case of Cabecar-Talamanca, Costa Rica. *Journal of Ecosystems Services*, (8), 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.02.003>

#### *Autores múltiples*

Cuando el texto referenciado tenga dos autores, el apellido de cada uno se separa con una coma de la inicial de su nombre de pila; además, entre un autor y otro se pondrá la conjunción “y”. Ejemplo: Otárola, A. y Sáenz, M. (1985). *La enfermedad principal de las vacas*. San José: EUNED.

Tratándose de tres o más autores, se coloca el apellido de cada autor separado por una coma de la inicial de su nombre de pila, luego de la que va un punto; y, entre uno y otro autor

media una coma. Antes del último autor se coloca la conjunción “y”. Ejemplo: Rojas, A., Carvajal, E., Lobo, M. y Fernández, J. (1993). *Las migraciones internacionales*. Madrid: Síntesis.

#### *Sin autor ni editor ni fecha*

Si el documento carece de autor y editor, se colocará el título del documento al inicio de la cita. Al no existir una fecha, se especificará entre paréntesis “s.f.” (sin fecha). La fuente se indica anteponiendo “en”.

En caso de que la obra en línea haga referencia a una edición impresa, hay que incluir el número de la edición entre paréntesis después del título. Ejemplo: Heurístico. (s.f.). En diccionario en línea Merriam-Webster’s (ed. 11). <http://www.m-w.com/dictionary/heuristic>. Otro ejemplo: Titulares Revista Voces Nuestras. (2011, febrero 18). *Radio Dignidad*, 185. [http://www.radiodignidad.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=355&Itemid=44](http://www.radiodignidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=355&Itemid=44)

Puede utilizarse corchetes para aclarar cuestiones de forma, colocándolos justo después del título, y poniendo en mayúscula la primera letra: [Brochure], [Podcast de audio], [Blog], [Abstract], etcétera. Ejemplo: Cambro-nero, C. (2011, marzo 22). La publicidad y los cantos de sirena. *Fusil de chispa* [Blog]. <http://www.fusildechispas.com>

# AMBIENTICO

Web: [www.ambientico.una.ac.cr](http://www.ambientico.una.ac.cr)

Email: [ambientico@una.ac.cr](mailto:ambientico@una.ac.cr)

Tel: (506) 2277 3688

Redes Sociales: Facebook | X | Instagram

