



Volumen 42 número 2
Julio - Diciembre 2024

tiikalia

ISSN 2221-5964

Revista científica de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala



Más allá del desastre: el papel crucial de los ciclones tropicales en la recarga hídrica de Centroamérica.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE
AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA





TIKALIA

Revista científica de la Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala



Volumen. 42, Número. 2



Guatemala, julio - diciembre 2024

Consejo Editorial

Doctor Marvin Roberto Salguero Barahona (Presidente)

Licda. Michelle Sanabria (Secretaría)

Dr. Hugo Cardona Castillo.

Ing. Agr. José Humberto Calderón Díaz.

Br. Marco Yordano Hernández.

Revista  **tikalia**
Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala Edificio T-9, Nivel 3, Salón 3-02,

Cuidad Universitaria, zona 12

Guatemala, Guatemala 01012, Apartado Postal 1545

Teléfono +(502) 54767223

Correo electrónico: consejoeditorial@fausac.gt/ nmichi19@gmail.com

Diagramadora/gestora:

Michelle Sanabria Oliva



**Revista científica de la Facultad de Agronomía Universidad de
San Carlos de Guatemala**

Junta Directiva de la FAUSAC 2024

Decano

Doctor Marvin Roberto Salguero Barahona

Secretario Académico

Ing. Agr. Edi Noé Quan Barrios

Vocal II

Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez

Vocal III

Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid

Vocal IV

Bach. Sahara Yarith Méndez Anckermann

Vocal V

P. Admon. Yonshual Nehemías Xinico

PRESENTACIÓN

Revista Tikalia Volumen 42, Número 2-2024, (julio-diciembre) publicación científica semestral de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, contiene los artículos siguientes:

Más allá del desastre: el papel crucial de los ciclones tropicales en la recarga hídrica de Centroamérica; Wener Armando Ochoa Orozco, Bayron Geovany González Chavajay, Marvin Salguero Barahona. Este artículo de revisión examina el papel crucial que desempeñan los ciclones tropicales en la gestión del agua y el mantenimiento de los ecosistemas en regiones vulnerables como Centroamérica.

Variación de la lluvia y temperatura en la cuenca del río Los Ocotes, al noreste de la ciudad Guatemala, por efecto del cambio climático; Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez. La cuenca del río Los Ocotes es una de las tres áreas donde se ha dado el desarrollo urbano de la ciudad Guatemala y esto ha originado el cambio local de elementos del ciclo hidrológico como lluvia, temperatura, evapotranspiración, infiltración, escorrentía superficial y subterránea, lo que hizo necesario generar información del clima para la formulación de planes de manejo de los recursos naturales.

Desdolarización del comercio internacional: viabilidad y potenciales implicaciones; Hugo Cardona Castillo. El propósito de este ensayo es tomar como base el comportamiento histórico del uso de las distintas monedas en el contexto de operaciones internacionales, así como algunas acciones reveladas y expresadas por actores relevantes, para hacer reflexiones sobre las probabilidades reales de la desdolarización de la economía mundial y consecuentemente de los potenciales impactos para países en desarrollo como Guatemala.

Los editores

CONTENIDO

- 10 Más allá del desastre: el papel crucial de los ciclones tropicales en la recarga hídrica de Centroamérica.
Wener Armando Ochoa Orozco, Bayron Geovany González Chavajay,
Marvin Salguero Barahona
- 32 Variación de la lluvia y temperatura en la cuenca del río Los Ocotes, al noreste de la ciudad Guatemala, por efecto del cambio climático.
Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez
- 47 Desdolarización del comercio internacional: viabilidad y potenciales implicaciones.
Hugo Cardona Castillo
- 62 Resúmenes de Tesis de Grado.
- 69 Resúmenes de Tesis de Postgrado.
- 77 Instrucciones para autores y guía de evaluación para aceptación de artículo



Más allá del desastre: el papel crucial de los ciclones tropicales en la recarga hídrica de Centroamérica

Wener Armando Ochoa Orozco¹,
Bayron Geovany González Chavajay²,
Marvin Salguero Barahona³.

Recibido el 29 de junio de 2024. Aprobado el 07 de julio de 2024.

¹Facultad de Agronomía e Ingeniería, USAC

²Centro de Estudios Urbanos y Regionales, CEUR-USAC.

³Facultad de Agronomía, USAC

RESUMEN

Este artículo de revisión examina el papel crucial que desempeñan los ciclones tropicales en la gestión del agua y el mantenimiento de los ecosistemas en regiones vulnerables como Centroamérica. A menudo percibidos como eventos destructivos, los ciclones tropicales también ofrecen beneficios hidrológicos significativos, como la recarga de acuíferos y la distribución de agua en ecosistemas secos. Estos fenómenos meteorológicos generan lluvias intensas y persistentes, esenciales para la recarga hídrica en áreas con temporadas secas prolongadas. Aunque comúnmente asociados con desastres, su contribución a la dinámica hídrica y los ecosistemas ha sido subestimada. Esta revisión destaca que los ciclones tropicales pueden aportar hasta el 50% de la recarga anual de acuíferos en ciertas regiones, y en países como Honduras y Guatemala, contribuyen entre el 30% y el 70% de la precipitación anual, esencial para la agricultura y el abastecimiento de agua potable. Además, los ciclones aumentan significativamente los caudales de ríos y lagos, proporcionando un alivio crucial durante las estaciones secas. Los resultados de esta revisión subrayan la necesidad de una perspectiva equilibrada sobre los ciclones tropicales. Mientras que es crucial manejar y mitigar los riesgos asociados, también es esencial reconocer y aprovechar sus beneficios hidrológicos. Integrar este conocimiento en las estrategias de gestión del agua puede mejorar la resiliencia de las comunidades y los ecosistemas. Los ciclones tropicales no deben ser vistos exclusivamente como amenazas, sino también como importantes proveedores de agua.

Palabras Clave

Ciclones tropicales, Gestión del agua, recarga de acuíferos, ecosistemas, Centroamérica

ABSTRACT

This review article examines the crucial role tropical cyclones play in water management and ecosystem maintenance in vulnerable regions such as Central America. Often perceived as destructive events, tropical cyclones also offer significant hydrological benefits, such as recharging aquifers and distributing water in dry ecosystems. These meteorological phenomena generate intense and persistent rainfall, essential for water recharge in areas with prolonged dry seasons. Although commonly associated with disasters, their contribution to water dynamics and ecosystems has been underestimated. This review highlights that tropical cyclones can contribute up to 50% of annual aquifer recharge in certain regions, and in countries such as Honduras and Guatemala, they contribute between 30% and 70% of annual precipitation, essential for agriculture and drinking water supply. In addition, cyclones significantly increase river and lake flows, providing crucial relief during dry seasons. The results of this review underline the need for a balanced perspective on tropical cyclones. While it is crucial to manage and mitigate the associated risks, it is also essential to recognise and harness their hydrological benefits. Integrating this knowledge into water management strategies can improve the resilience of communities and ecosystems. Tropical cyclones should not be seen exclusively as threats, but also as important providers of water.

Keywords

Tropical cyclones, Water management, Aquifer recharge, Ecosystems, Central America

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo de revisión se centra en los ciclones tropicales, los cuales son fenómenos meteorológicos caracterizados por vientos intensos y lluvias torrenciales. Son comúnmente percibidos como eventos destructivos que causan daños significativos a infraestructuras y comunidades, sin embargo, además de sus efectos negativos, estos eventos naturales, de acuerdo con Ochoa, W. (2020) juegan un papel crucial en la gestión del agua y en el mantenimiento de los ecosistemas, especialmente en regiones vulnerables como Centroamérica.

Las precipitaciones asociadas a los ciclones tropicales contribuyen significativamente a la recarga de acuíferos, la regulación de caudales de ríos y la sustentabilidad de los ecosistemas hídricos (Amador, 2008; Espinoza & Garreaud, 2012).

Estudios recientes han demostrado que los ciclones tropicales pueden aportar hasta el 50% de la recarga hídrica anual en algunas áreas de Centroamérica, lo cual es esencial para la agricultura y el abastecimiento de agua potable en la región (Fernández & Sáenz, 2003; González & Pérez, 2014). Por ejemplo, en países como Honduras y Guatemala, estos eventos pueden representar entre el 30% y el 70% de la precipitación anual, proporcionando un alivio vital durante las estaciones secas prolongadas (Hernández & Ramírez, 2016).

Además de su impacto positivo en la recarga de acuíferos, las lluvias ciclónicas incrementan significativamente los caudales de ríos y lagos, favoreciendo la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos (Jiménez & Méndez, 2011; Lara & Martínez, 2007). Este artículo tiene como objetivo evaluar la influencia positiva de los ciclones tropicales en la gestión del agua y sus beneficios para los ecosistemas en Centroamérica, desafiando la percepción de que estos eventos son exclusivamente negativos.

En las siguientes secciones, se analizarán datos y estudios recientes que respaldan esta visión, proporcionando una comprensión más equilibrada y holística de los ciclones tropicales y su papel en el ciclo hidrológico regional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

Para esta revisión, se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura científica en bases de datos como Scopus, Web of Science, Google Scholar, etc., enfocándose en estudios publicados entre 2000 y 2020. Se seleccionaron estudios que abordaran tanto los impactos hidrológicos positivos como negativos de los ciclones tropicales en Centroamérica.

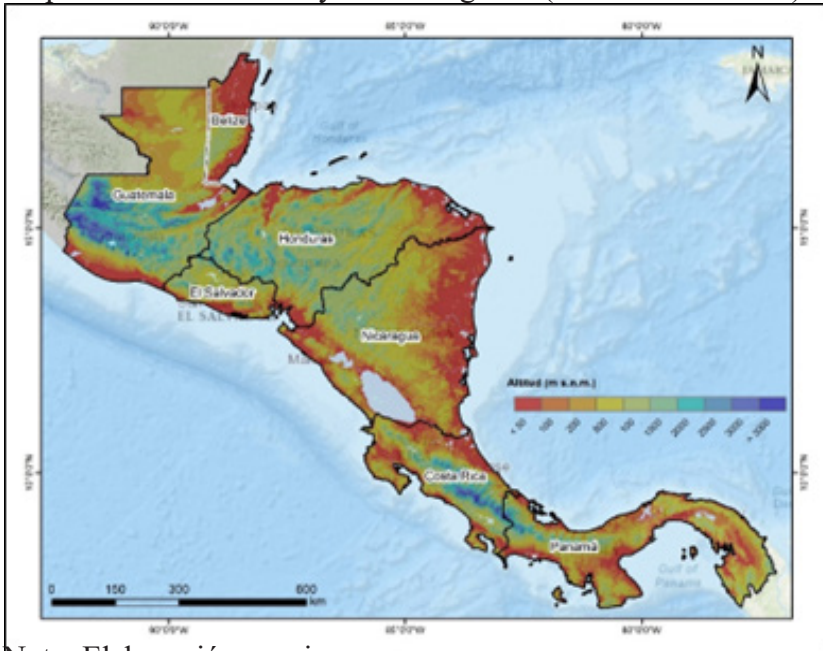
El área de estudio es Centroamérica, abarca los países de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Belice, con una extensión territorial de 522,760 km², limita al este con el Mar Caribe y al oeste con el Océano Pacífico. La región presenta una topografía variada con altiplanos y montañas que alcanzan alturas de hasta 4,000 metros, valles y planicies costeras (figura 1).

Su clima va desde tropical húmedo, en las zonas bajas, hasta templado en las montañas, albergando ecosistemas como selvas tropicales, bosques nublados, manglares y sabanas. Con una población aproximada de 50 millones de habitantes, donde la agricultura es crucial, destacando cultivos como café, banano y maíz.

Los importantes cuerpos de agua, como los ríos Usumacinta, Motagua, San Juan y Lempa, junto con acuíferos vitales para el abastecimiento de agua potable, subrayan la importancia hidrológica de la región. Esta diversidad geográfica y climática ofrece un escenario único para estudiar la influencia de los ciclones tropicales en la gestión del agua y los ecosistemas.

Figura 1.

Mapa de Centroamérica y de su orografía (altitud en m s.n.m.)



Nota: Elaboración propia.

Datos utilizados

Revisión bibliográfica e identificación de fuentes

- Se utilizaron bases de datos científicas como Scopus, Web of Science, Google Scholar, y bases de datos regionales específicas de América Latina y el Caribe. Asimismo, se emplearon palabras clave como “ciclones tropicales”, “gestión del agua”, “recarga de acuíferos”, “Centroamérica”, “precipitación”, “impacto ecológico”, entre otras.
- En cuanto al período de búsqueda, se consideraron publicaciones de los últimos 20 años para garantizar la actualidad y relevancia de la información.

Selección de estudios relevantes

- Como criterios de inclusión, se consideraron los estudios que abordan el impacto de los ciclones tropicales en la precipitación, recarga de acuíferos, caudales de ríos y lagos, y beneficios ecológicos en Centroamérica.

- Luego, como criterios de exclusión, se consideraron estudios que no proporcionaban datos cuantitativos o que se centren exclusivamente en los aspectos negativos de los ciclones tropicales.

Análisis de datos

- Extracción de datos: se recopilaron datos cuantitativos sobre la precipitación total aportada por ciclones, el aumento en los caudales de ríos, la recarga de acuíferos, y los beneficios ecológicos observados.
- Organización de la información: los datos se organizaron en tablas y gráficos para facilitar el análisis comparativo.

Análisis cuantitativo: cuantificación de la contribución hídrica

- Precipitación: se analizaron estudios que cuantifican la precipitación aportada por ciclones en diferentes regiones de Centroamérica.
- Recarga de acuíferos: se revisaron investigaciones que miden la recarga de acuíferos atribuida a ciclones tropicales, incluyendo comparaciones entre años de alta y baja actividad ciclónica.
- Caudales de ríos y lagos: se examinaron estudios que reportan incrementos en los caudales de cuerpos de agua durante y después de eventos ciclónicos.

Análisis cualitativo: beneficios ecológicos

- Revisión de casos específicos: Se identificaron estudios de casos que demuestran beneficios ecológicos derivados de las lluvias ciclónicas, como la mejora en la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas.
- Síntesis de hallazgos: se sintetizaron los resultados de los estudios seleccionados para proporcionar una visión integral de los beneficios ecológicos.

Síntesis y discusión: comparación y contraste

- Análisis comparativo: se compararon los resultados de diferentes estudios para identificar patrones comunes y discrepancias.
- Contextualización regional: se discute cómo los resultados se aplican específicamente a la región de Centroamérica.

Elaboración de recomendaciones

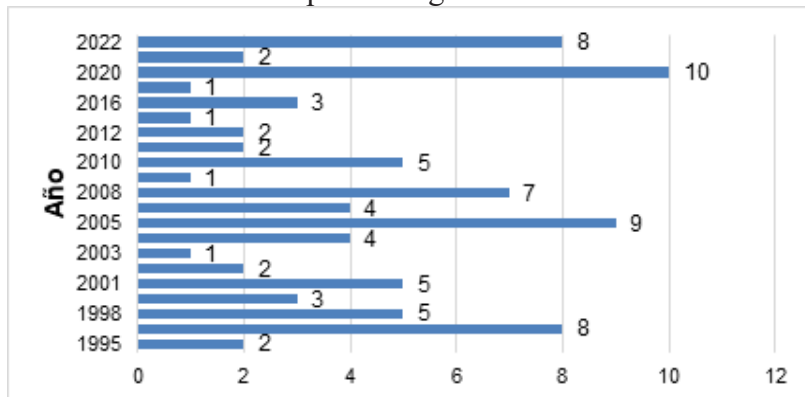
- Gestión del agua: se desarrollaron recomendaciones para la gestión sostenible de recursos hídricos que aprovechen los beneficios hidrológicos de los ciclones.
- Políticas de manejo de desastres: se procedió a sugerir políticas que integren la mitigación de riesgos con el aprovechamiento de los aspectos positivos de los ciclones.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ciclones tropicales en Centro América se producen porque las aguas de los océanos son relativamente cálidas y tienen la particularidad de conformar un centro de baja presión, en el cual el aire gira a gran velocidad y abarca grandes superficies. En el período de 1995 a 2020, se registraron 85 ciclones de acuerdo con registros del NOAA de los Estados Unidos (Ver tabla 1 y figura 2).

Tabla 1

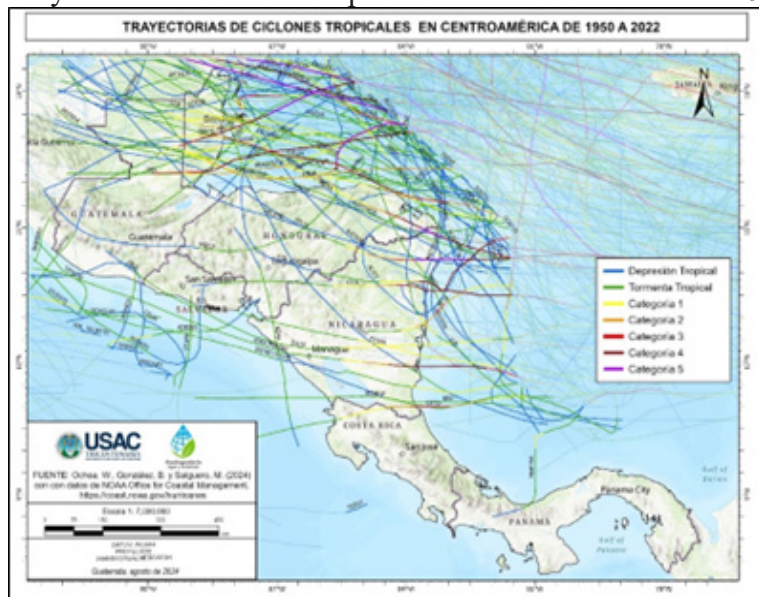
Número de ciclones tropicales registrados de 1995 a 2020



Nota: Elaboración propia con datos de NOAA Office for Coastal Management. <https://coast.noaa.gov/hurricanes>

Figura 2.

Trayectoria de ciclones tropicales en Centro América de 1995 a 2023



Nota : NOAA Office for Coastal Management. <https://coast.noaa.gov/hurricanes>

Según la oficina de Manejo Ambiental de la Agencia Nacional para la Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés), del año a 1995 al año 2020, se registraron 85 ciclones tropicales; 17 alcanzaron categorías máximas 5, 30 categoría 4, 15 categoría 3, 7 categoría 2, 15 categoría 1 y Depresión Tropical 1.

Cuantificación de la contribución de los ciclones tropicales a la recarga de acuíferos.

Los estudios revisados indican que los ciclones tropicales contribuyen significativamente a la recarga de acuíferos en diversas regiones de Centroamérica. Los datos para algunos países incluyen:

- En Honduras, los ciclones aportan entre el 30% y el 50% de la recarga hídrica anual en algunas áreas costeras y montañosas (Hernández & Ramírez, 2016).
- En Guatemala, las lluvias de ciclones representan hasta el 40% de la recarga anual de acuíferos en regiones como el Petén (Lara & Martínez, 2007).
- En El Salvador, los ciclones pueden contribuir con hasta el 60% de la recarga de acuíferos durante la temporada de lluvias (Gavidía, 2005).

Impacto de los ciclones tropicales en la precipitación anual y estacional

Los datos muestran un impacto significativo de los ciclones tropicales en la precipitación total y estacional:

- En Costa Rica, los ciclones tropicales pueden aportar hasta el 40% de la precipitación anual en ciertas áreas, especialmente durante la temporada de huracanes (Campos & Alfaro, 2006).
- En Nicaragua, las precipitaciones ciclónicas representan entre el 25% y el 35% de la precipitación estacional, siendo cruciales para la agricultura y el abastecimiento de agua potable (Leiva & Solano, 2015).
- En Belice, los ciclones contribuyen con hasta el 60% de la precipitación anual en áreas costeras, mitigando los efectos de las sequías estacionales (Madrigal & Ramírez, 2013).

Efectos de las lluvias ciclónicas en los caudales de ríos y lagos

Los estudios revisados destacan el aumento significativo en los caudales de ríos y lagos debido a los ciclones tropicales:

- En Nicaragua, las lluvias del huracán Mitch en 1998 aumentaron los caudales de los ríos en hasta un 200%, causando inundaciones, pero también beneficiando la recarga hídrica (Espinoza & Garreaud, 2012).
- En Honduras, los ciclones pueden incrementar los caudales de los ríos en un 70-90% durante los eventos ciclónicos, proporcionando agua crucial durante las estaciones secas (Ortiz & Ramírez, 2017).
- En Costa Rica, las lluvias ciclónicas pueden aumentar los niveles de agua en humedales costeros hasta en 1 metro, favoreciendo la biodiversidad y la resiliencia ecológica (Jiménez & Méndez, 2011).

Beneficios ecológicos asociados a las lluvias de los ciclones tropicales

Los resultados también destacan varios beneficios ecológicos:

- En Guatemala, las lluvias ciclónicas han contribuido a la recuperación de humedales y hábitats críticos en la región del Petén (Lara & Martínez, 2007).
- En Costa Rica, las lluvias intensas de los ciclones favorecen la biodiversidad en humedales y ecosistemas costeros, proporcionando condiciones ideales para la flora y fauna local (Jiménez & Méndez, 2011).
- En El Salvador, los ciclones han mejorado la resiliencia de ecosistemas acuáticos, aumentando la disponibilidad de agua y apoyando la biodiversidad local (Marenco & Chinchilla, 2018).
- En esa misma línea, Campos y Alfaro (2006) en Costa Rica y Leiva y Solano (2015) en Nicaragua también resaltan la significativa contribución de los ciclones a la recarga hídrica, alineándose con los hallazgos en otras regiones de Centroamérica.

Los resultados indican que los ciclones tropicales juegan un papel dual, actuando como proveedores esenciales de agua además de sus conocidos impactos destructivos. Sin embargo, integrar el conocimiento de estos beneficios en las estrategias de gestión del agua y políticas de manejo de desastres podría mejorar significativamente la resiliencia de las comunidades y ecosistemas en Centroamérica.

A continuación, se discuten los hallazgos en relación con las referencias seleccionadas, evidenciando confirmaciones y contradicciones.

Contribución a la recarga de acuíferos

Los ciclones tropicales juegan un papel fundamental en la recarga de acuíferos en diversas regiones de Centroamérica. Como lo señalan Hernández y Ramírez (2016), en Honduras, estos eventos pueden aportar entre el 30% y el 50% de la recarga hídrica anual. De manera similar, Lara y Martínez (2007) reportan que, en la región del Petén, Guatemala, los ciclones pueden contribuir hasta con un 40% de la recarga anual. Estos hallazgos subrayan la importancia de los ciclones como

proveedores críticos de agua subterránea en regiones donde la disponibilidad de este recurso es esencial para la agricultura y el consumo humano.

Impacto en la precipitación anual y estacional

Los ciclones tropicales también son responsables de una porción considerable de la precipitación anual y estacional en Centroamérica. En Costa Rica, Campos y Alfaro (2006) destacan que estos eventos pueden contribuir con hasta el 40% de la precipitación anual, lo que es crucial para mantener los niveles de humedad y la productividad agrícola. Este patrón se observa también en Nicaragua, donde Leiva y Solano (2015) mencionan que los ciclones pueden aportar entre el 25% y el 35% de la precipitación estacional, y en Belice, donde Madrigal y Ramírez (2013) reportan que los ciclones pueden contribuir con hasta el 60% de la precipitación anual en áreas costeras. Estos resultados indican que los ciclones no solo son eventos climáticos extremos, sino también fuentes indispensables de agua para la región.

Efectos en los caudales de ríos y lagos

Los efectos de los ciclones tropicales en los caudales de ríos y lagos son igualmente notables. Espinoza y Garreaud (2012) documentan que las lluvias asociadas con el huracán Mitch en 1998 incrementaron los caudales de los ríos en hasta un 200% en Nicaragua, un claro ejemplo del impacto positivo de estos eventos en la hidrología regional. Asimismo, Ortiz y Ramírez (2017) encontraron que, en Honduras, los ciclones pueden aumentar los caudales de los ríos en un 70-90%. Estos aumentos no solo son críticos para la recarga de acuíferos, sino también para mantener los ecosistemas acuáticos y garantizar el abastecimiento de agua durante las estaciones secas.

Beneficios ecológicos

Además de sus efectos en la hidrología, los ciclones tropicales aportan beneficios ecológicos significativos. Jiménez y Méndez (2011) subrayan que en Costa Rica, las lluvias ciclónicas favorecen la biodiversidad en humedales costeros, incrementando los niveles de agua en hasta 1 metro, lo que resulta en un entorno más favorable para diversas especies. De manera similar, Lara y Martínez (2007) destacan cómo las lluvias ciclónicas en Guatemala contribuyen a la recuperación de hume-

dales y hábitats críticos. Estos beneficios también se extienden al sector agrícola. Morales y Pérez (2010) muestran que en Nicaragua, las lluvias de los ciclones pueden aportar hasta el 50% de la precipitación necesaria para los cultivos, asegurando la sostenibilidad agrícola en áreas vulnerables a la sequía.

Perspectivas en el contexto del cambio climático

Es crucial considerar cómo el cambio climático podría influir en estos patrones hidrológicos y ecológicos. Bhatia et al. (2018) proyectan un aumento del 10% en la intensidad de los ciclones tropicales, lo que podría llevar a un incremento del 20-30% en las precipitaciones asociadas. Este cambio podría amplificar tanto los beneficios como los riesgos asociados con los ciclones, especialmente en regiones costeras que ya son vulnerables. Knutson et al. (2010) y Webster et al. (2005) sugieren que las precipitaciones podrían aumentar en un 20-30%, lo que, si bien beneficiaría la recarga hídrica, también podría aumentar la frecuencia de eventos extremos, con implicaciones tanto positivas como negativas para la región.

Los ciclones tropicales son una fuente significativa de precipitaciones intensas que pueden alterar drásticamente las condiciones de humedad del suelo y la vegetación. Según Emanuel (2005), los ciclones tropicales pueden generar precipitaciones acumuladas de hasta 1000 mm en eventos extremos, lo cual tiene un efecto directo en la reducción de la sequedad del suelo y el estrés hídrico en las plantas.

Las lluvias asociadas con ciclones tropicales pueden reducir significativamente el riesgo de incendios forestales al incrementar la humedad del suelo y la vegetación, factores críticos en la propagación del fuego. Espinoza y Garreaud (2012) indican que, en Centroamérica, los ciclones pueden aumentar los niveles de agua en los suelos y reducir la susceptibilidad de los ecosistemas a los incendios, especialmente después de períodos de sequía intensa.

Los datos históricos muestran que la llegada de ciclones tropicales en zonas propensas a incendios ha resultado en una reducción temporal significativa de la actividad incendiaria. Por ejemplo, durante la temporada de huracanes de 2004 en Florida, las lluvias asociadas con los huracanes redujeron drásticamente el número

de incendios forestales registrados en comparación con años anteriores sin actividad ciclónica intensa (Goldenberg et al., 2001).

Los ciclones tropicales juegan un papel crucial en la recarga hídrica y la gestión del agua en regiones vulnerables como Centroamérica. Bales y Holley (1988) demostraron que el huracán Alicia produjo precipitaciones de hasta 280 mm en Texas, resultando en inundaciones significativas y una notable recarga de acuíferos. Similarmente, Emanuel (2003) revisó estudios que muestran precipitaciones extremas de hasta 1000 mm durante eventos ciclónicos, como el tifón Morakot en 2009 que dejó 2776 mm en Taiwán, subrayando la importancia de estos eventos para la recarga hídrica.

Además, Dare y McBride (2011) identificaron que una temperatura de la superficie del mar de al menos 26.5°C es crucial para la formación de ciclones, los cuales pueden contribuir con hasta el 40% de las precipitaciones anuales en ciertas áreas tropicales. Estos hallazgos son respaldados por Holland (1993), quien destacó que los ciclones pueden aportar entre el 20% y el 40% de las precipitaciones anuales en las zonas costeras.

Bhatia et al. (2018) proyectan un aumento del 10% en la intensidad de los ciclones tropicales debido al cambio climático, lo que podría incrementar las precipitaciones en un 20-30%. Este incremento afectará significativamente los patrones de lluvia, mejorando la disponibilidad de agua. Knutson et al. (2010) y Webster et al. (2005) también proyectan aumentos similares en las precipitaciones asociadas a ciclones, sugiriendo que el cambio climático podría aumentar las lluvias en un 20-30%, afectando especialmente las regiones costeras.

Los estudios de Gray (1968, 1979) y Goldenberg et al. (2001) indican que los ciclones tropicales en el Atlántico Norte pueden contribuir con hasta el 30% de las precipitaciones durante la temporada de huracanes, con incrementos en la actividad ciclónica del 60% desde 1995, resultando en precipitaciones aumentadas hasta en un 50%. Estos incrementos han mejorado la recarga hídrica y mitigado los efectos de la sequía en varias regiones.

El análisis de Emanuel (2017) sobre el huracán Harvey sugiere que la lluvia récord de 1539 mm en Texas está relacionada con el aumento de la temperatura del océano, exacerbando las inundaciones, pero también contribuyendo a la recarga de acuíferos. Pasch et al. (2018) reportaron precipitaciones de hasta 1016 mm durante el huracán María en Puerto Rico, causando graves inundaciones y deslizamientos, pero también recargando significativamente los acuíferos locales.

Los datos presentados por Landsea y Franklin (2013) muestran lluvias de hasta 1200 mm en huracanes extremos, lo que mejora la precisión en la medición de las precipitaciones ciclónicas y refuerza los hallazgos de Powell et al. (1996) sobre el huracán Andrew, que tuvo lluvias de hasta 400 mm, contribuyendo a inundaciones y recargas hídricas importantes. Rappaport (2000) subraya que las lluvias intensas, como las de 635 mm durante el huracán Floyd, son una causa principal de mortalidad, aunque también juegan un papel crucial en la recarga hídrica.

Asimismo, los estudios de Trenberth y Fasullo (2007) y Trenberth et al. (2015) destacan que las lluvias de ciclones tropicales pueden incrementar hasta en un 30% debido al calentamiento global, afectando significativamente el ciclo hidrológico. Estos aumentos en la precipitación pueden mejorar la recarga de acuíferos y la gestión del agua en las regiones afectadas por ciclones, subrayando la dualidad de estos eventos en términos de impacto hidrológico y gestión de riesgos.

Los ciclones tropicales tienen un impacto significativo en la gestión del agua y la hidrogeología de Centroamérica, contribuyendo de manera crucial a la recarga de acuíferos, la precipitación anual y estacional, y la mejora de los ecosistemas hídricos. Amador (2008) destaca que la Oscilación del Sur puede incrementar las precipitaciones en la región en un 25-35% durante eventos de El Niño y La Niña, lo que subraya la importancia de estos fenómenos en la variabilidad climática regional.

Campos y Alfaro (2006) encuentran que los ciclones tropicales pueden contribuir hasta con el 40% de la precipitación anual en algunas regiones de Costa Rica, un patrón que se repite en otras partes de Centroamérica. Hernández y Ramírez (2016) señalan que, en Honduras, los ciclones pueden aportar entre el 30% y el 50% de la

precipitación anual, mientras que González y Pérez (2014) reportan que, en Guatemala, estos eventos pueden incrementar la precipitación mensual en hasta un 150% durante los meses de mayor actividad.

Madrigal y Ramírez (2013) muestran que, en Belice, los ciclones pueden contribuir con hasta el 60% de la precipitación anual, lo que es vital para la agricultura y el abastecimiento de agua potable.

La recarga de acuíferos es otro aspecto crítico influenciado por los ciclones tropicales. Castillo y Hernández (2010) indican que, en Yucatán, México, las lluvias de huracanes pueden aportar entre el 20% y el 50% del agua subterránea recargada anualmente. Este hallazgo es consistente con los estudios de Pacheco y Salazar (2012) en Costa Rica, donde las lluvias ciclónicas pueden contribuir con entre el 30% y el 50% del agua subterránea recargada en la región de Cartago. En Panamá, López y Rivera (2009) también encuentran que los ciclones pueden aportar hasta el 50% del agua recargada anualmente. En El Salvador, Gavidia (2005) muestra que las lluvias intensas pueden contribuir con hasta el 60% de la recarga anual de acuíferos en ciertas áreas.

El impacto de los ciclones en la agricultura también es significativo. Morales y Pérez (2010) muestran que, en Nicaragua, las lluvias intensas de los ciclones pueden contribuir con hasta el 50% de la precipitación necesaria para los cultivos en ciertas áreas, destacando la importancia de estos eventos para la producción agrícola. Leiva y Solano (2015) analizan la variabilidad climática y la influencia de los ciclones en Nicaragua, encontrando que los ciclones pueden incrementar la precipitación estacional en hasta un 40%, lo cual es crucial para la agricultura y la disponibilidad de agua.

Rivas y Sánchez (2006) también analizan el rol de los ciclones tropicales en la dinámica hídrica de Panamá, mostrando que estos eventos pueden incrementar la precipitación en hasta un 40% durante la temporada de huracanes, mejorando la disponibilidad de agua para diversos usos.

La revisión de la literatura evidencia que los ciclones tropicales tienen un papel crucial en la gestión del agua y el mantenimiento de los ecosistemas en Centroamérica. Los estudios confirman consistentemente que los ciclones contribuyen significativamente a la recarga de acuíferos, la precipitación anual y estacional, y el aumento de los caudales de ríos y lagos.

Además, se destacan los beneficios ecológicos asociados, como la mejora en la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos.

4. CONCLUSIONES

- Los ciclones tropicales no deben ser vistos exclusivamente como amenazas, sino también como importantes proveedores de agua que contribuyen significativamente a la recarga hídrica, el mantenimiento de los caudales de ríos y lagos y, la mejora de los ecosistemas en Centroamérica. Reconocer y aprovechar sus beneficios hidrológicos puede mejorar la resiliencia de las comunidades y los ecosistemas, optimizando la gestión de los recursos hídricos en la región.
- Los ciclones tropicales desempeñan un papel crucial en la recarga de acuíferos en Centroamérica. Se evidencia que, en regiones como Honduras y Guatemala, estos eventos pueden aportar entre el 30% y el 70% de la precipitación anual, contribuyendo hasta un 50% de la recarga hídrica anual en ciertas áreas. Esta recarga es esencial para la sostenibilidad de los recursos hídricos subterráneos, particularmente en zonas que enfrentan temporadas secas prolongadas.
- Los ciclones tropicales tienen un impacto significativo en la precipitación total y estacional en Centroamérica. En países como Costa Rica y Belice, estos eventos pueden representar hasta el 60% de la precipitación anual en algunas regiones, lo que es vital para la agricultura y el abastecimiento de agua potable. La contribución de los ciclones a la precipitación estacional también ayuda a mitigar los efectos de las sequías.

- Las lluvias intensas asociadas a los ciclones tropicales incrementan significativamente los caudales de ríos y lagos, proporcionando un alivio crucial durante las estaciones secas. En Nicaragua, por ejemplo, las lluvias del huracán Mitch aumentaron los caudales de los ríos en hasta un 200%, lo que ayudó a la recarga hídrica y a la mitigación de la sequía.
- Los ciclones tropicales ofrecen numerosos beneficios ecológicos, como la mejora de la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas. En Costa Rica y Guatemala, las lluvias ciclónicas han contribuido a la recuperación de humedales y hábitats críticos, favoreciendo la biodiversidad y el equilibrio ecológico en estas áreas.
- Es fundamental integrar el conocimiento de los beneficios hidrológicos de los ciclones tropicales en las estrategias de gestión del agua. Reconocer su dualidad permite una gestión más eficaz de los recursos hídricos y una mejor preparación para enfrentar sus impactos. Las políticas de manejo de desastres deben equilibrar la mitigación de riesgos con el aprovechamiento de los aspectos positivos de estos fenómenos naturales.

5. AGRADECIMIENTOS

A la empresa Geoingeniería, Agua y Ambiente 888, por proporcionar datos y conocimiento de su personal en cuanto al análisis e interpretación de la información acá presentada.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Amador, J. A. (2008). El fenómeno de la oscilación del sur y su relación con los ciclones tropicales en Centroamérica. *Revista de Climatología*, 8, 27-35.
- Bales, J. D., & Holley, E. R. (1988). Hydrologic effects of Hurricane Alicia. *Journal of Hydrology*, 98(3-4), 305-329. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(88\)90037-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(88)90037-5)

- Bhatia, K. T., Vecchi, G. A., Murakami, H., Underwood, S., & Kossin, J. P. (2018). Projected response of tropical cyclone intensity and intensification in a global climate model. *Journal of Climate*, 31(20), 8281-8303. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0898.1>
- Campos, M., & Alfaro, E. (2006). El impacto de los ciclones tropicales en la precipitación de Costa Rica. *Meteorológica*, 31(1), 5-14.
- Castillo, M., & Hernández, A. (2010). Influencia de los huracanes en la recarga hídrica de los acuíferos en Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 27(2), 247-258.
- Dare, R. A., & McBride, J. L. (2011). The threshold sea surface temperature condition for tropical cyclogenesis. *Journal of Climate*, 24(17), 4570-4576. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-10-05006.1>
- Emanuel, K. (2003). Tropical cyclones. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 31, 75-104. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.31.100901.141259>
- Emanuel, K. (2017). Assessing the present and future probability of Hurricane Harvey's rainfall. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(48), 12681-12684. <https://doi.org/10.1073/pnas.1716222114>
- Emanuel, K. A. (2005). Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436(7051), 686-688. <https://doi.org/10.1038/nature03906>
- Espinoza, J. C., & Garreaud, R. (2012). Efectos de los ciclones tropicales en la hidrología de Centroamérica. *Revista de Hidrología y Meteorología*. 15(2), 119-130.
- Fernández, W., & Sáenz, F. (2003). Huracanes y su impacto en la cuenca del río San Juan, Nicaragua. *Revista de Geografía de América Central*. 39, 23-34.
- Gavidia, F. (2005). Ciclones tropicales y su influencia en los ecosistemas hídricos de El Salvador. *Anales de la Sociedad Científica Salvadoreña*, 45, 73-85.
- Goldenberg, S. B., Landsea, C. W., Mestas-Nuñez, A. M., & Gray, W. M. (2001). The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications. *Science*, 293(5529), 474-479. <https://doi.org/10.1126/science.1060040>
- González, E., & Pérez, E. (2014). Cambios en la precipitación en Guatemala asociados con ciclones tropicales. *Revista de Climatología Aplicada*, 10, 56-67.
- Gray, W. M. (1968). Global view of the origin of tropical disturbances and storms. *Monthly Weather Review*, 96(10), 669-700. <https://doi.org/>

- g/10.1175/1520-0493(1968)096%3C0669:GVOTOO%3E2.0.CO;2
- Gray, W. M. (1979). Hurricanes: Their formation, structure and likely role in the tropical circulation. *Meteorology over the Tropical Oceans*, Royal Meteorological Society 155-218. https://tropical.colostate.edu/Forecast/gray_1979.pdf
- Hernández, R., & Ramírez, M. (2016). El papel de los huracanes en el régimen pluviométrico de Honduras. *Revista de Estudios Meteorológicos*, 22, 89-100.
- Holland, G. J. (1993). Ready reckoner. *Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting*, 59-70.
- Jiménez, J. A., & Méndez, L. (2011). Huracanes y su impacto en la biodiversidad de los humedales costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 419-430.
- Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., ... & Sugi, M. (2010). Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*, 3(3), 157-163. <https://doi.org/10.1038/ngeo779>
- 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/10.1175/MWR-D-12-00254.1>
- Landsea, C. W., Harper, B. A., Hoarau, K., & Knaff, J. A. (2006). Can we detect trends in extreme tropical cyclones? *Science*, 313(5786), 452-454. <https://doi.org/10.1126/science.1128448>
- Lara, G., & Martínez, P. (2007). Efectos hidrológicos de los ciclones tropicales en la región del Petén, Guatemala. *Revista de Hidrología de Guatemala*, 8, 33-44.
- Leiva, R., & Solano, E. (2015). Variabilidad climática y ciclones tropicales en Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Meteorología*, 18, 67-78.
- Lindzen, R. S., & Nigam, S. (1987). On the role of sea surface temperature gradients in forcing low-level winds and convergence in the tropics. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 44(17), 2418-2436. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1987\)044<2418](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1987)044<2418)
- López, J., & Rivera, A. (2009). Impacto de los ciclones tropicales en la recarga de acuíferos en la región de Veraguas, Panamá. *Revista Panameña de Ciencias Naturales*, 23, 101-113.
- Madrigal, V., & Ramírez, J. (2013). Influencia de los huracanes en la precipitación anual de Belice. *Revista Centroamericana de Geografía*, 5, 56-67.

- Marenco, J., & Chinchilla, M. (2018). Efectos de los ciclones tropicales en la disponibilidad de agua en El Salvador. *Revista de Hidrología y Gestión del Agua*, 12(1), 74-86.
- Méndez, R., & Solís, F. (2004). Análisis de la precipitación en Guatemala durante la temporada de huracanes. *Revista de Climatología Tropical*, 6, 21-30.
- Morales, M., & Pérez, S. (2010). Ciclones tropicales y su impacto en la agricultura de Nicaragua. *Revista Agronómica Nicaragüense*, 17(2), 99-110.
- Ortiz, C., & Ramírez, H. (2017). Impacto de los ciclones tropicales en la hidrología de la región atlántica de Honduras. *Revista Hondureña de Geociencias*, 14, 45-57.
- Ochoa, W. (2020). Gestión del agua con enfoque participativo en Guatemala frente al cambio climático. *Revista Científica del SEP*. 3(1), 33-37. DOI: <https://doi.org/10.36958/sep.v3i01.30>
- Pacheco, J., & Salazar, V. (2012). Efectos de los ciclones tropicales en la recarga de los acuíferos en la región de Cartago, Costa Rica. *Revista Costarricense de Geología*, 30, 89-101.
- Pasch, R. J., Penny, A. B., & Berg, R. (2018). National Hurricane Center Tropical Cyclone Report: Hurricane Maria (AL152017). National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL152017_Maria.pdf
- Powell, M. D., Reinhold, T. A., & Houston, S. H. (1996). Real-time damage assessments in hurricane Andrew. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 439-440. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0439](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0439)
- Rappaport, E. N. (2000). Loss of life in the United States associated with recent Atlantic tropical cyclones. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(9), 2065-2073. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)081<2065](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<2065)
- Rivas, L., & Sánchez, G. (2006). El rol de los ciclones tropicales en la dinámica hídrica de Panamá. *Revista Geográfica Panameña*, 19, 73-84.
- Trenberth, K. E., & Fasullo, J. T. (2007). Water and energy budgets of hurricanes: Case studies of Ivan and Katrina. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D23). <https://doi.org/10.1029/2006JD008303>
- Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., & Shepherd, T. G. (2015). Attribution of climate extreme events. *Nature Climate Change*, 5(8), 725-730. <https://doi.org/10.1038/>

nclimate2657

Vásquez, A., & Zelaya, E. (2014). Análisis de los efectos hidrológicos de los ciclones tropicales en la región occidental de El Salvador. *Revista Salvadoreña de Hidrología*, 25, 59-70.

Webster, P. J., Holland, G. J., Curry, J. A., & Chang, H. R. (2005). Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science*, 309(5742), 1844-1846. <https://doi.org/10.1126/science.1116448>



Variación de la lluvia y temperatura en la cuenca del río Los Ocotes, al noreste de la ciudad Guatemala, por efecto del cambio climático

Isaac Rodolfo Herrera Ibáñez ¹

Recibido el 29 de mayo 2024

Aprobado el 02 de julio 2024.

¹Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

RESUMEN

La cuenca del río Los Ocotes es una de las tres áreas donde se ha dado el desarrollo urbano de la ciudad Guatemala y esto ha originado el cambio local de elementos del ciclo hidrológico como lluvia, temperatura, evapotranspiración, infiltración, escorrentía superficial y subterránea, lo que hizo necesario generar información del clima para la formulación de planes de manejo de los recursos naturales. El trabajo tuvo como objetivo analizar la variación de la lluvia y la temperatura de la cuenca Los Ocotes, tomando como referencia los datos de los años 2009 y 2010, los cuales se compararon con 2018-2023.

Cotejando las precipitaciones medias anuales de la cuenca, se calculó que la lluvia se ha incrementado en 292.3 mm entre 2009-2010 con 1,362.1 mm y 2018-2023 con 1,654.4 mm. La temperatura anual ha aumentado 3.7 °C en la parte baja y 2 °C en la parte alta.

En la cuenca del río Los Ocotes se define un frente de lluvias de sureste a noreste, proveniente de las partes altas en las montañas Las Nubes y Oscura con valores de 1,800 mm/año, disminuyendo hacia la parte baja a 1,500 mm/año. El comportamiento de la lluvia es bimodal, con valores máximos en los meses de junio a septiembre, con un descenso de lluvia evidente entre julio y noviembre. La época seca, en la cuenca, está comprendida entre los meses de diciembre a marzo y las temperaturas medias mensuales oscilan entre 20.8 a 27.9 °C en la parte baja y de 17.2 a 20.8 °C en la parte alta.

Palabras clave: ciclo hidrológico, clima, manejo, recursos naturales, precipitación pluvial.

ABSTRACT

The Los Ocotes River basin is one of the three areas where the urban development of Guatemala City has taken place and this has caused the local change of elements of the hydrological cycle such as rainfall, temperature, evapotranspiration, infiltration, surface, and underground runoff, which made it necessary to generate climate information for the preparation of natural resource management plans. The objective of the work was to analyze the variation of rainfall and temperature in the Los Ocotes basin, taking as reference the data from the years 2009-2010, which were compared with 2018-2023.

Comparing the average annual rainfall of the basin, it was calculated that rainfall has increased by 292.3 mm between 2009-2010 with 1,362.1 mm and 2018-2023 with 1,654.4 mm. The annual temperature has risen by 3.7 °C in the lower part and 2 °C in the upper part. In the basin of the Los Ocotes River, a southeast to northeast rainfall front is defined from the upper parts of the Las Nubes and Oscura mountains with values of 1,800 mm/year, decreasing towards the lower part to 1,500 mm/year. The behavior of the rainfall is bimodal, with maximum values in the months of June to September, with an evident decrease in rainfall between July and November. The dry season in the basin is between the months of December and March and the average monthly temperatures range from 20.8 to 27.9 °C in the lower part and from 17.2 to 20.8 °C in the upper part.

Keywords: hydrological cycle, climate, management, natural resources, rainfall.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se ha establecido que la comprensión del clima histórico puede ser posible para entender mejor las variaciones climáticas del presente y para distinguir si esos cambios pueden considerarse normales o si pueden atribuirse a un cambio climático. La generación de escenarios a futuro, que predigan mejor el posible comportamiento de las variables climáticas, se basa en datos climáticos históricos derivados de las mediciones en estaciones climatológicas, de esta forma será posible la toma de mejores decisiones sobre medidas de adaptación (Alfaro y Gómez, 2019).

La temperatura media de la tierra durante el periodo 1880-2012, ha aumentado 0.85 °C; el mayor aumento se ha dado en latitudes medias y altas de los continentes del norte. Se espera que el aumento de la temperatura media de la tierra produzca cambios en las precipitaciones y en la humedad atmosférica, originando un ciclo hidrológico más activo y un aumento de la capacidad atmosférica de retención de agua (Donoso, 2005).

En Guatemala, funciona una red de estaciones hidrometeorológicas distribuidas en las distintas regiones climáticas, aunque la cantidad no es la ideal de acuerdo con la variabilidad de microclimas existentes. Por lo que es importante fortalecer los procesos de generación de información climática útil para los diferentes sectores del país (agricultura, recurso hídrico, industria, turismo, energía, salud, entre otros), que facilite la toma de decisiones encaminadas a reducir los efectos negativos del cambio climático, así como, la propuesta de acciones de mitigación y adaptación de acuerdo con la problemática nacional (INSIVUMEH, 2018).

El detectar cambios en el clima frente a su variabilidad, es clave en la investigación climatológica, si se trata de evidenciar la magnitud de los cambios como signos de los efectos del calentamiento global, comparando períodos climáticos de un pasado reciente, con períodos climáticos actuales (Aragón, 2017). Para poder establecer estudios de clima, variabilidad y cambio climático, es necesario contar con una línea base, que es el escenario climático de referencia a partir del cual se compara el clima de un área y se pueden realizar las proyecciones de cambio climático. Normalmente estos estudios tipifican la precipitación y temperatura a diferentes horizontes de tiempo, caracterizando su tendencia, la variación en magnitud y su

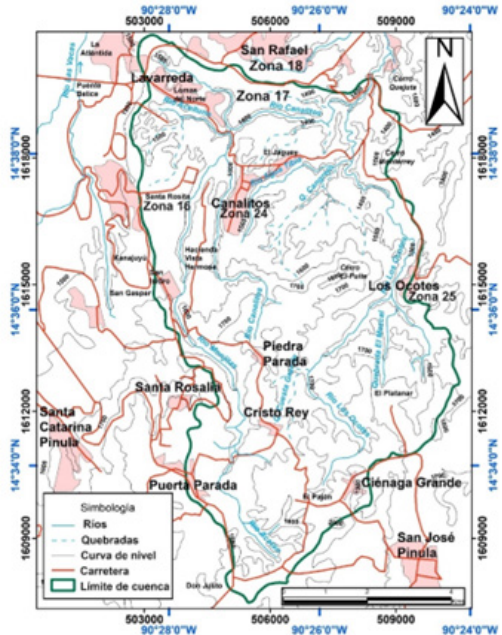
distribución espacial y temporal (Leaman y Donoso, 2000).

La línea base junto con la proyección futura del clima, debe estar ligada por un análisis de lo que se podría llamar evidencias o signos de cambio, en el caso de que existan. Estas evidencias son observaciones recientes que indiquen cambios estadísticos importantes ante el valor de referencia y de esta forma, regiones que ya presentan una tendencia clara de cambio y cuya proyección futura indica un reforzamiento de esta tendencia, deben ser objeto de monitoreo constante, priorización de atención y diseño de estrategias de adaptación (CNCC, 2017).

El área de estudio es la cuenca del río Los Ocotes, con una extensión de 63.60 km², al noreste de la ciudad Guatemala (Figura 1), catalogándose como un área potencial para el desarrollo de las aguas subterráneas (Herrera, 2012). Es decir, la lluvia y la temperatura son importantes en la recarga hídrica y porque existe más de un 60% de cobertura con bosque.

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la variación de la lluvia y la temperatura de la cuenca Los Ocotes, tomando como referencia los años 2009 y 2010, y la comparación con los datos actuales.

Figura 1. Localización de la cuenca del río Los Ocotes al noreste de la ciudad Guatemala



2.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de investigación se sitúa en la cuenca de Los Ocotes, que geográficamente se localiza entre los 14° 32' 06" a 14° 39' 23" de latitud norte y los 90° 24' 02" a 90° 28' 37" de longitud oeste, a una elevación media de 1,500 m s.n.m. (Herrera, 2012). La cuenca tiene una superficie de 63.60 km² y se encuentra entre los municipios de Guatemala, San José Pinula y Santa Catarina Pinula. Tiene su nacimiento en las aldeas El Pajón (río Acatán) y Ciénaga Grande (río La Palma), al sur del área. Los materiales y equipos utilizados fueron informes, mapas, pluviómetro, termómetro y GPS.

Metodología

Se analizó el régimen de lluvias, así como, la variación espacial, estacional y anual de las mismas. Se elaboró el mapa de isoyetas para el cálculo de la lluvia media anual por medio del método de isoyetas (Herrera, 2023) y se tabularon los datos de precipitación pluvial y temperatura diaria y mensual de las estaciones más cercanas al área de interés.

La ciudad de Guatemala está limitada por tres cuencas: cuenca sur del río Villalobos, cuenca norte del río Las Vacas y cuenca noreste de los ríos Los Ocotes y Teocinte.

Las estaciones meteorológicas, dentro de la cuenca noreste, que poseen datos de lluvia de los últimos años, son las estaciones Villa Roma en Canalitos y Agua Tibia en San José Pinula. La estación Villa Roma en la parte baja, se localiza en el cantón Jagüey en Canalitos zona 24 de la ciudad de Guatemala, en las coordenadas geográficas 14° 38' 00" latitud N y 90° 25' 49.44" longitud O, a una altura de 1,444 m s.n.m.. La precipitación pluvial normal anual es **1,638.4 mm** (Cuadro 1).

La estación Agua Tibia en San José Pinula se localiza en las coordenadas geográficas de 14° 32' 24.92" latitud norte y 90° 22' 30.03" longitud oeste, a una altura de 1,736 m s.n.m.. La precipitación pluvial normal anual es de 1,874.9 mm (Cuadro 2). La estación climática del INSIVUMEH se localiza en la cuenca sur y es la que se encuentra más alejada de la cuenca del río Los Ocotes a 11 km de distancia en línea recta. Se ubica en la latitud 14° 35' 11" Norte y longitud 90° 31' 58" Oeste. La precipitación pluvial normal anual es de 1,162.8 mm. (Cuadro 3).

Analizando los datos de precipitación pluvial mensual de las tres estaciones pluviométricas, se distingue que la cantidad de lluvia que precipita en la cuenca noroeste es mayor que la de la cuenca sur.

Cuadro 1. Precipitación pluvial mensual (mm). Estación Villa Roma

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2016	38.0	15.0	18.0	98.0	249.0	346.0	119.0	197.0	362.0	129.0	22.0	16.0	1609.0
2017	49.0	17.0	16.0	104.0	244.0	355.0	112.0	201.0	358.0	124.0	11.0	9.0	1600.0
2018	52.0	16.0	13.0	90.0	237.0	578.0	60.0	159.0	388.0	112.0	9.0	0.0	1714.0
2019	0.0	0.0	0.0	79.0	159.0	322.0	126.0	151.0	330.0	287.0	27.0	10.0	1491.0
2020	50.0	0.0	0.0	97.0	213.0	161.0	150.4	237.0	390.0	174.0	235.0	5.0	1712.4
2021	12.0	1.0	0.0	131.0	267.0	209.0	170.0	417.0	313.0	241.0	0.0	13.0	1774.0
2022	0.0	0.0	12.0	70.0	150.0	294.0	195.0	412.0	354.0	246.0	140.0	0.0	1873.0
2023	0.0	0.0	0.0	14.0	237.3	308.3	190.0	107.0	190.0	146.0	143.0	0.0	1333.6
Media	25.1	6.1	7.4	85.4	219.5	321.4	140.3	235.1	335.6	182.4	73.4	6.8	1638.4

Fuente: Herrera (2023).

Cuadro 2. Precipitación pluvial mensual (mm). Estación Agua Tibia. San José Pinula

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2019	0.0	0.5	5.0	73.5	182.0	196.5	180.0	288.0	279.0	531.5	32.5	0.5	1769.0
2020	3.0	2.0	5.0	26.5	313.5	313.5	343.5	94.7	388.5	446.4	93.0	0.1	2047.3
2021	1.5	0.0	0.0	50.0	247.8	255.0	261.8	191.4	333.8	405.3	62.8	0.3	1809.6
2022	7.9	18.5	8.7	30.3	194.1	499.4	207.8	341.5	556.0	191.4	111.0	7.9	2174.5
2023	2.1	9.7	25.6	19.4	162.1	374.9	435.9	140.0	164.1	236.6	21.2	0.0	1591.6
Media	2.9	6.1	6.9	39.9	219.9	327.9	285.8	211.1	344.3	385.8	64.1	1.7	1874.9

Fuente: ANACAFE (2023).

Cuadro 3. Precipitación pluvial mensual (mm). Estación INSIVUMEH

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2016	1.4	0.0	10.0	23.7	62.4	225.8	97.7	177.2	352.7	41.3	4.3	3.0	999.5
2017	3.8	10.7	0.4	9.0	311.5	220.8	115.0	196.8	140.5	117.4	0.0	0.1	1125.8
2018	0.4	10.5	3.1	19.7	196.3	293.0	18.7	117.6	174.7	178.0	0.0	0.1	1012.1
2019	3.2	3.3	6.3	25.0	58.1	85.6	71.9	220.8	236.9	286.6	21.1	5.3	1024.1
2020	5.3	0.9	0.0	42.1	213.4	110.3	155.1	171.1	310.4	238.8	58.1	0.3	1305.8
2021	12.8	5.7	0.0	33.4	145.9	316.7	149.6	217.3	100.7	158.0	2.3	3.7	1146.1
2022	1.0	0.0	2.5	108.6	208.5	336.4	126.9	268.9	352.4	114.1	73.0	4.7	1597.0
2023	8.4	2.9	40.4	5.1	143.3	186.8	240.0	153.1	183.5	108.4	20.0	0.0	1092.0
Media	4.5	4.3	7.8	33.3	167.4	221.9	121.9	190.4	231.5	155.3	22.4	2.2	1162.8

Fuente: INSIVUMEH (2023).

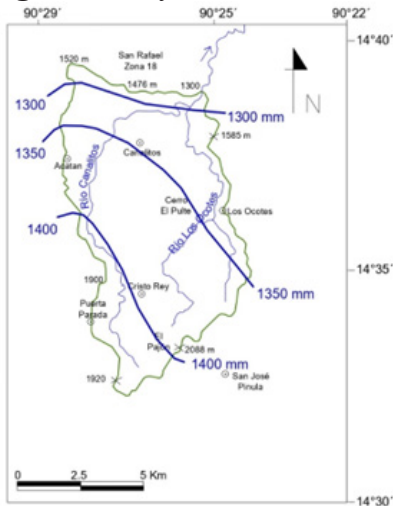
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Variación de la lluvia

a) Variación espacial

Las estaciones instaladas para la generación de los datos de clima (precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa) para el proyecto FODECYT 35-2009, fueron las estaciones de Ciénaga Grande en San José Pinula y El Maestro Zona 17. La estación de Ciénaga Grande ubicada en la parte alta de la cuenca, se instaló en las coordenadas 14° 37' 07" N y 89° 53' 27" O, a una altura de 1,915 m s.n.m.. La estación El Maestro en la parte baja de la cuenca, se localizó en las coordenadas 14° 39' 35" N y 89° 47' 31" O, a 1,552 m s.n.m.. Precipitación media estimada para la cuenca fue 1,362.1 mm (Herrera, 2012).

Figura 2. Isoyetas 2009-10 de la cuenca Los Ocotes

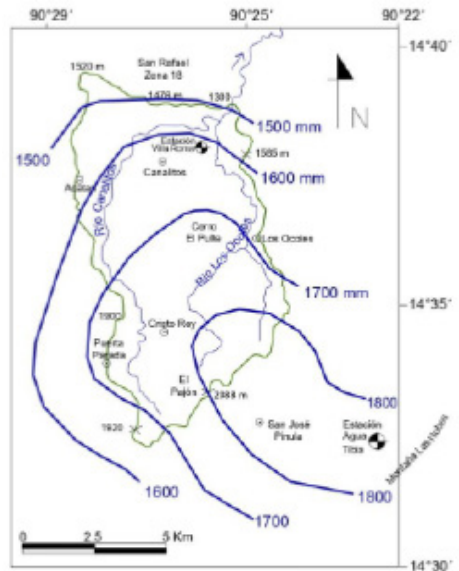


Fuente: Herrera, 2012.

En el mapa de isoyetas anuales 2016-2023 de la cuenca del río Los Ocotes (Figura 2), se define un frente de lluvias desde las partes altas al sureste de la Montaña Las Nubes y Montaña Oscura con valores de 1,800 mm/año hacia la parte baja con lluvia anual de 1,600 mm y 1,500 mm. La precipitación media anual de la cuenca es 1,654.4 mm.

Comparando las precipitaciones medias de la cuenca, existe una variación de 292.3 mm. Es decir, la lluvia se ha incrementado en 14 años en la cuenca del río Los Ocotes.

Figura 3. Isoyetas anuales 2016-2023 de la cuenca del río Los Ocotes



b) Variación estacional de la lluvia

En la parte baja de la cuenca, el comportamiento de la lluvia (Figura 4) es bimodal, con valores máximos en los meses de junio y septiembre (mayor de 300 mm en cada mes), con un descenso de lluvia evidente entre julio y noviembre. En la parte alta de la cuenca, la lluvia también es bimodal (Figura 5), sin embargo, en el mes de julio no existe mucho descenso y el mes de octubre es también lluvioso.

En general la época seca en la cuenca está comprendida del mes de diciembre al mes de marzo, con precipitaciones tempranas en el mes de abril.

Figura 4. Histograma de lluvia mensual de la estación Villa Roma (2016-2023)

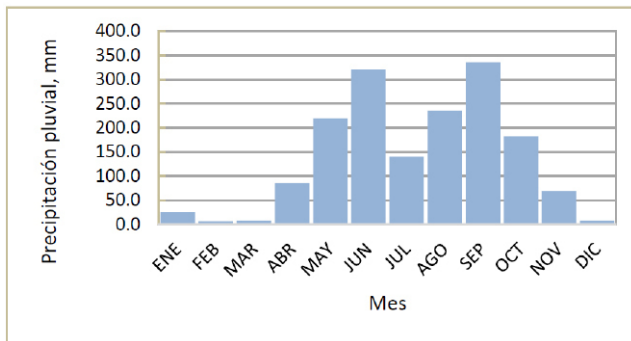
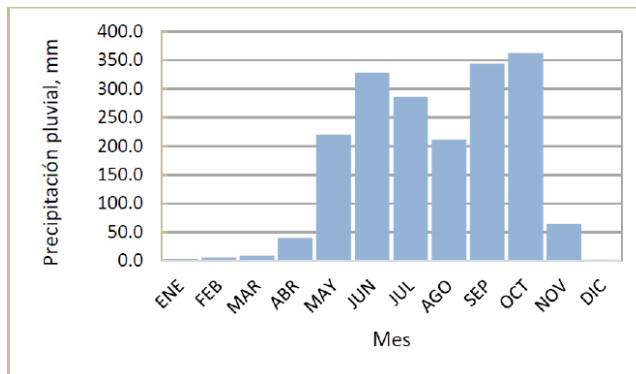


Figura 5. Histograma de lluvia mensual de la estación Agua Tibia San José Pinula



c) Variación anual de la lluvia

De acuerdo con las series de lluvia anual de los años 2016 a 2023, que se muestra en la figura 6, se observa que la estación Villa Roma presentó valores de lluvia anual mayores de 1,500 mm en la mayoría de años, a excepción de los años 2019 y 2023 que se definen como años secos y precipitaciones menores de 1,500 mm. La precipitación del año 2022 se asocia a un año húmedo, en caso la alta precipitación anual de 1,873 mm está asociada con la tormenta del Océano Pacífico (2 a 6 julio), al paso de un huracán el 10 a 14 septiembre y la tormenta Julia el 9 a 11 de octubre. Este mismo comportamiento anual se tuvo en la estación Agua Tibia en San José Pinula (Figura 7), donde se presentó una lluvia anual de 2,174.5 mm en 2022. Con años secos en 2019 y 2023 donde se tuvieron registros de 1,769 mm y 1,591.6 mm respectivamente.

Figura 6. Histograma de lluvia anual de la estación Villa Roma

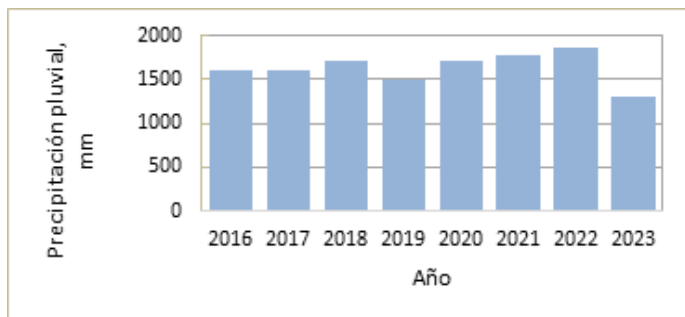
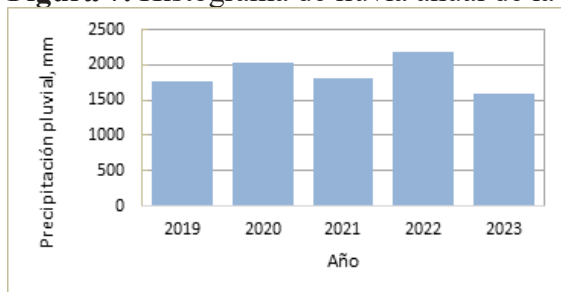


Figura 7. Histograma de lluvia anual de la estación San José Pinula



3.2 Variación de la temperatura

La estación climática Villa Roma en Canalitos representa el clima de la parte baja de la subcuenca del río Los Ocotes para los años 2018 y 2023. Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 20.8 °C a 27.9 °C, siendo los meses más calurosos marzo, abril y mayo donde se presentan los valores de temperaturas medias de 26.2 °C, 27.9 °C y 27.7 °C respectivamente. También se puede observar que los meses más fríos son noviembre, diciembre, enero y febrero con temperaturas menores de 21.8 °C. La temperatura promedio multianual para el periodo 2018-2023 fue de 23.8 °C (Cuadro 4).

Las temperaturas anuales más altas se presentaron en los años 2018 y 2019 con valores de 25.4 °C y 24.8 °C respectivamente. Mientras que el año con menor temperatura fue 2022 con un valor medio anual de 21.7 °C. Es decir, en estos seis años de registro de temperatura anual se presentan variaciones de 3.7 °C.

Cuadro 4. Temperatura media mensual (°C). Estación Villa Roma

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2018	23.5	23.3	29.7	27.5	28.1	23.8	26.1	26.8	23.7	24.2	24.4	23.5	25.4
2019	23.4	23.3	29.5	27.4	26.0	24.4	27.2	26.7	23.0	23.4	21.8	22.1	24.8
2020	21.4	24.1	27.9	30.7	27.7	22.6	22.6	22.2	22.5	21.2	21.3	20.3	23.7
2021	20.7	20.3	24.6	26.7	27.0	24.2	23.3	24.0	23.6	22.2	20.6	20.6	23.2
2022	19.8	19.6	22.7	27.7	28.2	21.3	21.2	20.6	20.6	20.2	20.1	18.7	21.7
2023	18.9	19.9	22.9	27.8	29.0	26.8	25.6	23.6	24.7	23.5	21.8	19.6	23.7
Prom.	21.3	21.8	26.2	27.9	27.7	23.9	24.3	24.0	23.0	22.4	21.7	20.8	23.8

Fuente: Herrera (2023).

La estación climática Agua Tibia en San José Pinula, representa el clima de la parte alta de la subcuenca del río Los Ocotes para el periodo 2018 y 2023. La temperatura promedio para la parte alta es de 19.2 °C. Los valores mensuales más altos se presentan en marzo (20.3 °C), abril (20.6 °C) y mayo (20.8 °C). Las temperaturas menores de 18 °C se presentan en noviembre, diciembre, enero y febrero (Cuadro 5).

Las temperaturas anuales más altas se presentaron en el año 2018 con valor de 20.1 °C. El año con menor temperatura fue 2022 con un valor medio anual de 18.1 °C. Es

decir, en estos seis años de registro de temperatura anual se presentan variaciones de 2 °C.

Cuadro 5. Temperatura media mensual (°C). Estación Agua Tibia

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2018	18.3	18.0	21.6	21.7	21.9	20.5	20.7	21.2	19.8	20.0	19.5	18.1	20.1
2019	17.4	17.1	18.1	19.1	20.3	19.8	18.9	20.6	19.6	20.4	19.2	18.0	19.0
2020	17.6	19.3	21.1	21.2	21.0	19.5	20.1	19.8	19.7	20.4	19.4	19.8	19.9
2021	18.0	15.4	19.6	20.1	20.6	19.6	19.5	20.2	16.9	17.4	15.3	15.4	18.2
2022	17.5	16.3	19.5	20.0	20.3	19.6	19.5	20.0	17.9	17.4	14.9	14.4	18.1
2023	16.9	16.8	21.8	21.6	20.8	20.1	21.4	21.3	20.2	19.9	18.6	18.8	19.9
Prom.	17.6	17.2	20.3	20.6	20.8	19.9	20.0	20.5	19.0	19.3	17.8	17.4	19.2

Fuente: ANACAFE (2023).

4.

CONCLUSIONES

Comparando las precipitaciones medias anuales de la cuenca del río Los Ocotes, para 2009-2010 de 1,362.1 mm y de 1,654.4 mm para 2016-2023, existe una variación de 292.3 mm, por lo que, la lluvia se ha incrementado en 14 años.

En la cuenca, del río Los Ocotes se define un frente de lluvias desde el sureste en la parte alta, procedente de las montañas Las Nubes y Oscura con valores de 1,800 mm/año a 1,500 mm/año en la parte baja.

En la cuenca el comportamiento de la lluvia es bimodal, con valores máximos en los meses de junio y septiembre, con un descenso de lluvia evidente entre julio y noviembre. La época seca en la cuenca está comprendida entre los meses de diciembre a marzo.

Las series de lluvia anual, de los años 2016 a 2023 en la estación Villa Roma presentó valores mayores de 1,500 mm en la mayoría de años, a excepción de los años 2019 y 2023 que se definen como años secos y precipitaciones menores de 1,500

mm. La precipitación del año 2022 se asocia a un año húmedo, en este caso la alta precipitación anual de 1,873 mm está asociada con la tormenta del Océano Pacífico en julio, al paso de un huracán en septiembre y la tormenta Julia en octubre. Este mismo comportamiento anual se tuvo en la estación Agua Tibia en San José Pinula, donde se presentó una lluvia anual de 2,174.5 mm en 2022. Con años secos en 2019 y 2023 con registros de 1,769 mm y 1,591.6 mm respectivamente.

La estación climática Villa Roma en Canalitos representa el clima de la parte baja de la cuenca del río Los Ocotes. Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 20.8 °C a 27.9 °C, siendo los meses más calurosos marzo, abril y mayo donde se presentan los valores de temperaturas medias de 26.2 °C a 27.9 °C. Los meses más fríos son noviembre, diciembre, enero y febrero con temperaturas menores de 21.8 °C. La temperatura promedio multianual para el periodo 2018-2023 fue de 23.8 °C

La estación climática Agua Tibia en San José Pinula, representa el clima de la parte alta de la cuenca del río Los Ocotes para el periodo 2018 y 2023. La temperatura promedio para la parte alta es 19.2 °C. Los valores mensuales más altos se presentan en marzo (20.3 °C), abril (20.6 °C) y mayo (20.8 °C). Las temperaturas menores de 18 °C se presentan en noviembre, diciembre, enero y febrero.

En la estación Villa Roma las temperaturas anuales más altas se presentaron en los años 2018 y 2019 con valores de 25.4 °C y 24.8 °C respectivamente. Mientras que el año con menor temperatura fue 2022 con un valor medio anual de 21.7 °C. En estos seis años de registro de temperatura anual se presentan variaciones de 3.7 °C.

En la estación Agua Tibia las temperaturas anuales más altas se presentaron en el año 2018 con un valor de 20.1 °C. El año con menor temperatura fue 2022 con un valor medio anual de 18.1 °C. En seis años de registro de temperatura anual presenta una variación de 2 °C.

Los registros de lluvia y temperatura son importantes de tomar en cuenta para realizar la estimación de recarga natural mensual y anual en la cuenca del río Los Ocotes.

5.

REFERENCIAS

- Alfaro, G. y Gómez, R. (2019). Antecedentes y contexto del cambio climático en Guatemala. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala. Editorial Universitaria UVG.
- Aragón, S. (2017). El cambio climático y el futuro de la tierra. Revista de la Universidad del Valle de Guatemala, (35), 32.
- Consejo Nacional de Cambio Climático (CNCC). (2017). Líneas de investigación en cambio climático. Consejo Nacional de Cambio Climático. Guatemala.
- Donoso, M. (2005). Cambio Climático y Agua. Foro de Las Américas. UNESCO. Uruguay.
- Herrera, I. (2012). Estudio hidrogeológico de la subcuenca del río Los Ocotes para determinar las áreas principales de recarga hídrica e identificación de las áreas vulnerables a deslizamientos e inundaciones para proponer alternativas de prevención de la parte noreste de la Ciudad de Guatemala. Informe Final proyecto FODECY 035-2009. Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología, Guatemala. p.123.
- Herrera, I. (2023). Climatología. (2ª ed.). Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, (2018). Variabilidad y cambio climático en Guatemala. Guatemala: INSIVUMEH.
- IPCC, (2001). Third Assessment Report (TAR) of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Partes 1, 2, y 3. Synthesis Report and Policy Makers Summaries. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Leaman, K. & Donoso, M. (2000). Tropical Intraseasonal and Longer-period Variability of Precipitation in the Isthmus of Panama. Hydrological Science and technology. American Institute of Hydrology. Vol 17, No. 1-4, p. 203-222. USA.



Desdolarización del comercio internacional: viabilidad y
potenciales implicaciones.

Hugo Cardona Castillo ¹

Recibido el 02 de julio 2024
Aprobado el 02 de julio 2024.

¹ Ph.D.-Profesor Facultad de Agronomía, USAC

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que la desdolarización del comercio mundial ha sido pregonada con mucho énfasis dentro del contexto de las sanciones impuestas a Rusia en el conflicto con Ucrania, en realidad es una intención que pareciera tener raíces más profundas en el tiempo y en las razones. La prevalencia del dólar de Estados Unidos, a nivel global, es abrumadora, lo cual se convierte en un arma poderosa para este país al estar en la capacidad de imponer sanciones a otros países mediante la congelación de activos, que esencialmente son bonos del tesoro de los Estados Unidos. Estas sanciones son inmediatamente efectivas debido a que se sustentan en el dominante rol del dólar estadounidense a nivel mundial.

Resulta entendible que para cualquier nación, aislada, sería muy difícil deshacerse del dólar estadounidense para sus transacciones comerciales internacionales, pero esta situación podría ser diferente cuando varios países se lo proponen. La relevancia reciente de los BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Suráfrica; y su reciente –y progresiva- ampliación a BRICS+) ha generado grandes expectativas sobre la desdolarización, en principio en el discurso y luego con algunas acciones concretas. El propósito de este ensayo es tomar como base el comportamiento histórico del uso de las distintas monedas en el contexto de operaciones internacionales así como algunas acciones reveladas y expresadas por actores relevantes, para hacer reflexiones sobre las probabilidades reales de la desdolarización de la economía mundial y consecuentemente de los potenciales impactos para países en desarrollo como Guatemala.

Una limitación importante del análisis, que acá se presenta, es su sensibilidad temporal, ya que el entorno geopolítico que afecta la temática, imprime una dinámica muy cambiante.

Prevalencia del dólar estadounidense a nivel global

Históricamente, las economías dominantes del mundo han logrado imponer su moneda como la moneda de referencia. Por ejemplo, en el siglo 17 el florín neerlandés fue la moneda de reserva mundial, luego; debido al crecimiento de la economía

inglesa, durante el siglo 19, fue la libra esterlina. Por su parte, Estados Unidos en su rol de principal proveedor de armas durante la segunda guerra mundial, y cuyos pagos debían hacerse en oro, lo convirtió en propietario de más del ochenta por ciento de todo el oro y de esa cuenta, el dólar de Estados Unidos se convirtió en la moneda para el comercio internacional y reserva de las demás divisas.

El dominio del dólar de Estados Unidos en las operaciones y transacciones mundiales es, hoy por hoy, abrumador. De acuerdo con Kozikowski (2013), el dólar de los Estados Unidos funge como: a) moneda de reserva mantenida por los bancos centrales; b) moneda de inversión en los mercados mundiales de capital; c) moneda de transacción en la mayor parte de las operaciones comerciales a nivel internacional; d) moneda de facturación en gran parte de contratos; y, e) moneda de intervención que usan los bancos centrales para apreciar o depreciar el tipo de cambio de la moneda nacional.

Principales monedas de reserva extranjera:

Como puede apreciarse en la Figura 1, aunque ha ido decreciendo en el tiempo, el dólar de Estados Unidos ha mantenido una posición claramente dominante a lo largo del tiempo en términos de su importancia relativa como principal moneda de reserva extranjera. En casi cinco lustros, el dólar de Estados Unidos ha reducido su importancia relativa de alrededor de un 71.73 por ciento en el año 2000 al 59.11 por ciento en el año 2023.

En segundo lugar se muestra el euro, mismo que ha tenido un comportamiento creciente hasta el año 2009, en el cual alcanza un 27.28 por ciento, hasta descender al 19.73 en el año 2023, ligeramente superior al 17.17 por ciento en el año 2000.

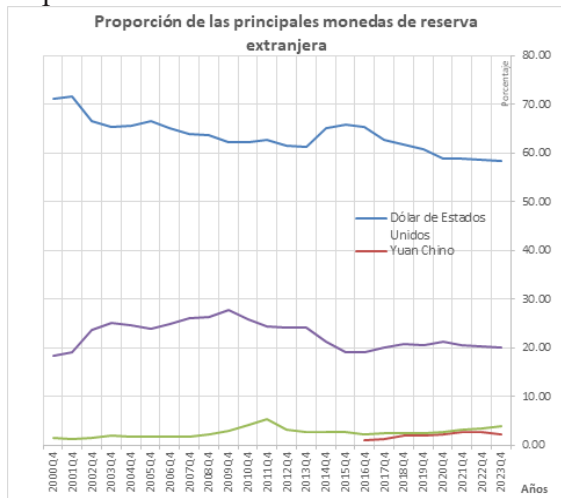
En una tercera posición, pero con valores relativos mucho menores, se observa el yuan chino (renminbi) que aparece como relevante a partir del año 2016 con un 0.8% por ciento, y finalizando con un 2.42 por ciento en el año 2023.

Ni los cambios crecientes para el yuan chino, ni los cambios en su punto más alto para el euro absorben la caída en términos porcentuales del dólar de los Estados

Unidos, lo que significa que es el resto de monedas del mundo, en su conjunto, las que han ido adquiriendo mayor importancia, aunque no relevante para este análisis, a nivel mundial.

Figura 1

Importancia relativa de las monedas como reserva extranjera.



Con datos de: Fondo Monetario Internacional (2024. Enero 25) <https://data.imf.org/regular.aspx?key=41175>

Principales monedas de facturación de exportaciones:

De acuerdo con el sistema de la Reserva Federal de Estados Unidos, a excepción de Europa, el dólar de Estados Unidos es la moneda dominante en la facturación de las exportaciones. Como se aprecia en la Tabla 1, considerando datos de 1999 al 2019, la facturación de exportaciones en el continente americano se ha hecho en un 96.30 por ciento en dólares de los Estados Unidos, mientras el euro y otras monedas representan el 1.6 por ciento y el 2.00 por ciento, respectivamente.

La prevalencia del dólar de Estados Unidos en la región del Asia-Pacífico, en términos de la facturación de las exportaciones, alcanza un 74 por ciento, el euro el 5 por ciento y el resto de monedas del mundo el 21 por ciento.

En la Tabla 1, se observa también que en el resto del mundo, el dólar de Estados Unidos prevalece con casi un ochenta por ciento de la factura de las exportaciones, con el euro cubriendo solamente un 14 por ciento.

La única región del mundo donde la mayor parte de la facturación de las exportaciones se hace en otra moneda que no sea el dólar de Estados Unidos es Europa donde, tal como se esperaría, el euro representa el sesenta y seis por ciento de dicha factura, con el dólar de Estados Unidos, en segundo lugar, representado en un veintitrés por ciento.

Tabla 1

Importancia relativa de las monedas para facturación de exportaciones.

Moneda	Continentes Americano	Asia-Pacífico	Europa	Resto del mundo
Dólar de Estados Unidos	96.30	74.00	23.10	79.40
Euro	1.60	5.00	66.10	14.00
Otras monedas	2.00	21.00	10.80	6.60

Fuente: The US Federal Reserve. (2024. Marzo 13). <https://www.federalreserve.gov/econres/notes/feds-notes/the-international-role-of-the-us-dollar-post-covid-edition-accessible-20230623.htm#fig5>

Principales monedas para las transacciones “over the counter”

Las transacciones “over the counter” son las que se efectúan en los mercados extra-bursátiles y en las cuales se negocian instrumentos financieros tales como divisas, bonos, acciones.

En la Figura 2, puede apreciarse que para dichas transacciones, el dólar de Estados Unidos es la moneda que, durante las últimas dos décadas, ha representado más del ochenta por ciento; con el euro participando entre un treinta y cuarenta por ciento. En tercer lugar, la moneda para transacciones en los mercados bursátiles es el yen japonés con entre un 17 y un 21 por ciento, con tendencia claramente decreciente; y, en cuarto lugar la libra esterlina.

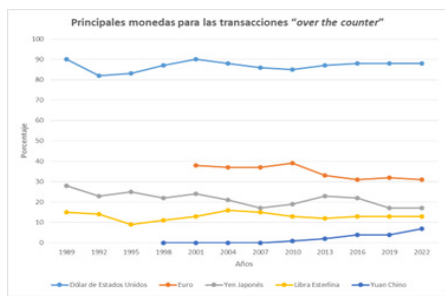
El caso del yuan chino es interesante, ya que para las transacciones “over the counter” se hace relevante a partir del año 1998, con valores insignificantes, pero a partir del 2010 tiene una tasa creciente significativa, pasando del 1 por ciento en ese año

al siete por ciento en el año 2022.

Se debe tomar nota, en el análisis de las monedas para las transacciones “over the counter”, que los porcentajes suman hasta el 200 por ciento, debido a que las transacciones extranjeras incluyen dos monedas.

Figura 2

Importancia relativa de las monedas para transacciones “over the counter”.



Con datos de: BIS Data Portal. (2024. Febrero 27). Turnover of OTC foreign exchange instruments, by currency. https://data.bis.org/topics/DER/tables-and-dashboards/BIS,DER_D11_3,1.0

Con base en las tres variables consideradas: monedas de reserva extranjera, monedas de facturación de exportaciones y monedas para las transacciones “over the counter”, es evidente que el dólar de Estados Unidos ha sido y sigue siendo la moneda de referencia, con una importancia relativa contundentemente dominante.

BRICS y BRICS+: su importancia relativa y la desdolarización

BRICS es un acrónimo para representar un foro político-económico conformado actualmente por Brasil, Rusia, India, China y Suráfrica; y su ampliación con la inclusión de Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Etiopía e Irán, ha dado lugar a lo que se conoce como BRICS+. El G7, o grupo de los 7, es igualmente un foro económico-político que se integra por Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Reino Unido y Estados Unidos (era el G8, hasta 2014, cuando Rusia dejó de pertenecer al mismo) (Cardona, 2023).

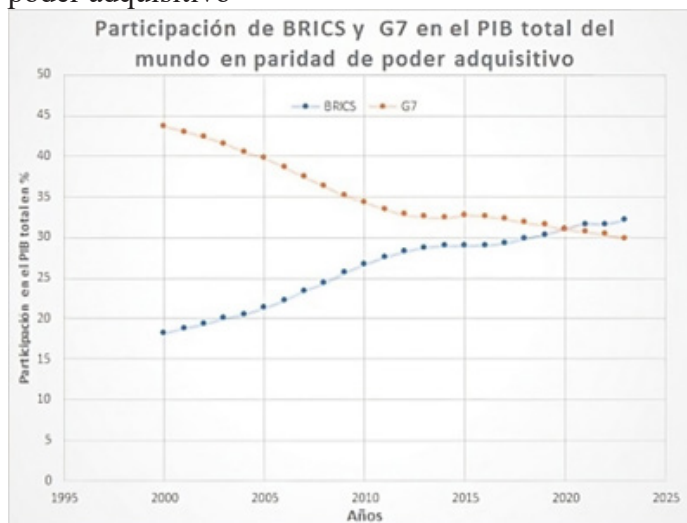
De acuerdo con Cardona (2023), ya para el año 2020 la participación de los BRICS

en el producto interno bruto (PIB) total del mundo, en paridad de poder adquisitivo (PPA), se había equiparado a la participación del G7; y, para el 2021 era superior, como también lo es para el 2022 y 2023, según estimaciones conservadoras. Esto, sin tomar en consideración la expansión de los BRICS. De hecho, en la en la XV Cumbre, celebrada en agosto de 2023 en Johannesburgo, Sudáfrica, sus miembros anunciaban que, con la ampliación de los BRICS, a BRICS+, los BRICS representarán el 37 % del PIB mundial y el 46% de la población mundial (Ver Figura 3).

En materia de comercio internacional, ya para el 2018, lo BRICS representaban el 40 por ciento de las exportaciones mundiales y el 13 por ciento de las importaciones mundiales. A lo anterior, habrá que agregar que los BRICS+ representarán el 42% de la oferta mundial de petróleo y, en promedio, alrededor del 25 por ciento del comercio mundial (Cardona, 2023).

Figura 3

Importancia relativa de BRICS y G7 en el PIB mundial, en términos de paridad de poder adquisitivo



Fuente: Cardona, Hugo. (2023). BRICS vs. G7: ¿un desafío a la gobernanza financiera mundial? Revista APG No. 146.

Es en el seno de los BRICS, ahora BRICS+, que se ha magnificado recientemente, al menos en el discurso, la idea de eliminar o reducir el monopolio del dólar de Estados Unidos en el comercio internacional. Habrá que hacer el ejercicio continuo de correlacionar el discurso con las acciones, para ir ponderando de manera dinámica esta iniciativa, teniendo en consideración que la magnificación indicada tiene asidero reciente en las sanciones económicas implementadas por Estados Unidos contra Rusia, para lo cual hay suficiente evidencia científica de que este tipo de sanciones tienen efectos diseminados sobre el comercio internacional en general, ver Hinz y Monastyrenko (2022); y, Ahn y Ludema (2020), citados por Berthou (2023).

En el inmediato plazo, algunas acciones incluyen:

De acuerdo con Znwar (2024) China y Rusia han sellado un acuerdo comercial en el que utilizarán monedas locales por un equivalente a 260 mil millones de dólares de Estados Unidos. El pago de intercambio de bienes y servicios entre ambos países será en yuanes chinos y rublos rusos. El 95 por ciento de dichos pagos será en yuanes chinos y el restante 5 por ciento en rublos rusos y euros; consistente con lo expresado por Christopher J. Weafer, citado por Monfort (2024) de que “es un hecho que el 80 por ciento del comercio entre Rusia y China se liquida en rublos rusos o en yuanes chinos”.

También sobresalen otros tres elementos (Cardona, 2023) la creación del Nuevo Banco de Desarrollo (NDB) por parte de los BRICS, la aprobación del Acuerdo de Reservas de Contingencia (CRA) con el propósito de aliviar a los BRICS de situaciones de presión de liquidez cuando se enfrentan a crisis de balanza de pagos a corto plazo, y otros tipos de contingencias financieras. Así mismo, la creación de un sistema de pagos alternativo al Sistema de la Sociedad Mundial Financiera Interbancaria de Telecomunicaciones (SWIFT).

Richardson (2024) reporta otra acción relevante, al menos en términos cualitativos, al indicar que China se deshizo de más de 74,000 millones de dólares de Estados Unidos en bonos del Tesoro estadounidense, India hizo lo propio con 1,400 millo-

nes de dólares de Estados Unidos, Brasil se deshizo de 1,200 millones y Arabia Saudita con 300 millones de dólares de Estados Unidos. Así mismo, Ramos (2024) reporta que solo durante el mes de abril de 2024, Rusia adquiriría 2,600 millones de dólares en moneda extranjera y oro.

Por otro lado, tal como lo indica Mumtaz (2024), los BRICS han pedido a las naciones del medio oriente que dejen de usar el dólar estadounidense para pagos de petróleo y en su lugar utilicen monedas locales, lo cual es relevante si se considera que los Emiratos Árabes Unidos, Egipto, Etiopía e Irán han pasado a ser miembros de BRICS+. De hecho, a mayo de 2024, el 20% de los pagos de petróleo se liquidaron en monedas locales y no utilizan el dólar de los Estados Unidos (Dsouza, 2024).

Una moneda común, ha sido una de las propuestas reiteradas por parte de los BRICS+, y algunos anuncios importantes se han hecho en este sentido. Sobre la base de lo expuesto por varios autores (Zharikov, 2023; Tiwari, A. K., 2021; Saji, T. G., 2019; Kumar, 2023) pareciera sugerirse que la mejor manera de respaldar la moneda BRICS sería una moneda digital, entre otras, por las siguientes razones: diversificación del riesgo financiero; estabilidad financiera sostenible y una infraestructura monetaria sólida; gestionar el riesgo de manera efectiva y tomar decisiones de inversión prudentes; y, rupturas estructurales en el rendimiento medio y la volatilidad de los rendimientos de las divisas de los BRICS.

Originalmente, la idea fue crear una moneda de reserva que integrara en principio las monedas de los BRICS, o sea lo que se ha dado en llamar el R5, por la integración del real del Brazil, el rubro Ruso, la rupia de India, el renminbi (yuan chino) y el rand de Sudáfrica, con la posibilidad de incorporar otras monedas en función de la ampliación a BRICS+, lo que se llamaría R5+.

El advenimiento de una moneda común para BRICS+ ha sido ampliamente anunciado pero, como moneda común, aún no ha sido implementada; no obstante, como ya se indicó, una cantidad cada vez mayor del comercio entre los países BRICS se realiza en las monedas R5.

Probabilidades y viabilidad de la desdolarización

Es innegable el marcado crecimiento de los BRICS+, que además tienen casi la mitad de la población mundial, como lo expone Cochrane (2024): los BRICS+ ocupan colectivamente el doble de superficie terrestre en comparación con el G7 lo que se refleja en su agricultura, recursos y reservas de hidrocarburos. Las exportaciones globales agrícolas de los BRICS+ han crecido notablemente en tanto las exportaciones del G7 han venido disminuyendo en ese rubro. Así mismo, los países BRICS+ controlan la mayoría de las reservas de petróleo y gas, mientras el G7 sigue siendo un importante productor de oro. Sin embargo, los BRICS+ dominan la producción de minerales y metales básicos críticos.

No obstante lo anterior, tomando en consideración la hegemonía del dólar de los Estados Unidos en las variables más importantes como moneda dominante (moneda de reserva extranjera, moneda de facturación de exportaciones y moneda para las transacciones “over the counter”), es poco probable que, en el corto plazo, esta moneda pueda ser destronada de su posición dominadora en el comercio internacional.

Como se ha indicado, una moneda de reserva internacional sirve de base a los gobiernos y a los inversionistas privados para tomar decisiones fundamentales de deuda externa, portafolios de inversión, precios internacionales y certeza para la protección de sus activos, entre otras. Después de la segunda Guerra mundial, el dólar de Estados Unidos se ha consolidado como esa moneda de reserva logrando un fuerte atractivo a nivel internacional, entre otras cosas por la magnitud de la economía de los Estados Unidos y también por su poderío militar. Con lo anterior, el dólar de Estados Unidos ha mostrado liquidez y estabilidad.

Que se considere poco probable, no significa que no sea posible. Queda claro que históricamente, el cambio de una moneda de reservas internacionales nunca ha sido un cambio repentino (florín Neerlandés, libra Esterlina).

Es clara la intención de la construcción de un mundo multipolar, y no necesaria-

mente por un sentimiento anti Estados Unidos, sino como también se argumenta, por la búsqueda de menos sujeción al poder de un solo país de manejar la gobernanza financiera mundial.

La condición de monopolio de moneda de reserva y la forma con que los Estados Unidos asume la imposición de sanciones, se constituyen en una motivación poderosa para otros países, en este caso liderados por los BRICS+, para seguir realizando esfuerzos para lograrlo. Sin embargo, son evidentes las dificultades de los BRICS+ para desarrollar su agenda, en esta y otras materias, de una manera consolidada; recordar que los BRICS están geográficamente ubicados en continentes diferentes, con importantes diferencias históricas, políticas y culturales (Cardona, 2023), pero también se debe tomar nota que los miembros BRICS son socios muy activos en sus respectivas alianzas comerciales regionales: Rusia en la Unión Económica euroasiática (EEU por sus siglas en inglés) y de la Comunidad de Estados Independientes (CIS por sus siglas en inglés); China en la Asociación Económica Integral Regional (RCEP por sus siglas en inglés); India en la Asociación Sudasiática para la Cooperación Regional (SAARC por sus siglas en inglés); Brasil en el Mercado Común del Sur (MERCOSUR); y, Sudáfrica en la Unión Aduanera del África Meridional (SACU por sus siglas en inglés). Es predecible que un liderazgo ejercido apropiadamente en esas entidades incrementará exponencialmente las posibilidades de la desdolarización.

Potenciales consecuencias de la desdolarización

El hecho de que el dólar de Estados Unidos sea la moneda de reserva financiera mundial le ha permitido, a ese país, exacerbar sus déficits comercial y fiscal. Se infiere que la desdolarización podría provocar un crecimiento exorbitante de la masa monetaria en Estados Unidos lo que provocaría una pérdida de su poder adquisitivo y los consumidores verían una potencial hiperinflación. Así mismo, Estados Unidos tendría un menor acceso a capital y sus costos de endeudamiento serían mucho más altos que los actuales. La inflación afectaría grandemente al sector tecnológico lo que induciría la reducción de empleos.

Citando un informe de JP Morgan, Addey (2024) resume los potenciales efectos para Estados Unidos así: a) un menor acceso al capital; b) mayores costos de endeudamiento; c) menores valores en el mercado de valores; d) hiperinflación; y, e) una crisis de deuda. Pero al mismo tiempo señala que al darse una devaluación del dólar de Estados Unidos respecto al poder adquisitivo de otros países induciría un aumento en las exportaciones desde Estados Unidos.

Lo anterior presume que Estados Unidos permanecerá indiferente a lo que suceda en el mundo, con respecto a la desdolarización, lo cual, seguramente no pasará.

Economías en desarrollo, como es el caso de Guatemala, tendrán indudablemente una dualidad de potenciales efectos:

Por un lado, tal como lo sintetiza la Declaración final de los BRICS en Johannesburgo, se infiere que la desdolarización podría implicar un sistema internacional de pago “rápido, barato, transparente, seguro e inclusivo... Subrayamos la importancia de fomentar el uso de las monedas locales en el comercio internacional y las transacciones financieras entre los países BRICS, así como entre otros países en desarrollo” (Girardi, 2024). En efecto, se considera que actualmente, unos cuarenta países ya están teniendo intercambio comercial con China en yuanes.

En menor grado, al igual que para economías más resilientes, también se generarían mecanismos de protección contra potenciales sanciones, en particular de los Estados Unidos; y, por supuesto, la potencial expansión de sus exportaciones e importaciones a bloques comerciales como BRICS+.

Por otro lado, indudablemente, las monedas de los países en desarrollo son mucho más vulnerables a las fluctuaciones económicas globales. En el caso de Guatemala, muy especialmente a las fluctuaciones económicas y financieras de Estados Unidos (principal socio comercial del país: alrededor del cuarenta por ciento de las exportaciones e importaciones), además de su posición geoestratégica. Por esta razón, sería muy susceptible a alzas en la inflación y mayor inestabilidad y riesgo cambiario. El potencial de intercambio en monedas locales con su segundo socio comercial (otros países centroamericanos) sería potencialmente más difícil de concretar.

La historia latinoamericana no es un buen ejemplo de integración económica. Lo anterior pondría a Guatemala en una situación bastante delicada en términos de su deuda externa, el acceso a financiamiento externo y a inversión externa.

A nivel micro, para las empresas podrían generarse algunas potenciales oportunidades debido a la importancia relativa de los bloques y países que están acogiendo la desdolarización en términos de mayores mercados para sus productos y servicios, potencial financiamiento para expansión de infraestructura económica y, al igual que para países con economías más grandes y fuertes, tener cierta protección de sus activos ante posibles sanciones unilaterales (Azevedo et al. 2024).

REFERENCIAS

- Addey, K. and N., William. (2024). De-dollarization will affect us markets heterogeneously: a dirichlet process mixture egarch analysis. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4706632>.
- Ahn, D. P. and Ludema, R. D. (2020). The sword and the shield: The economics of targeted sanctions. *European Economic Review*, 130(C).
- Azevedo et al. (2024. Mayo 2). An Evolving BRICS and the Shifting World Order. <https://www.bcg.com/publications/2024/brics-enlargement-and-shifting-world-order>
- Berthou Antoine, 2023. International sanctions and the dollar: Evidence from trade invoicing, Working papers 924, Banque de France.
- BIS Data Portal. (2024. Febrero 27). Turnover of OTC foreign exchange instruments, by currency. https://data.bis.org/topics/DER/tables-and-dashboards/BIS,DER_D11_3,1.0
- Cardona, Hugo. (2023). BRICS vs. G7: ¿un desafío a la gobernanza financiera mundial? *Revista APG* No. 146.
- Cochrane, Logan y Esmat Zaidan. (2024). Shifting global dynamics: an empirical analysis of BRICS + expansion and its economic, trade, and military implications in the context of the G7. *Cogent Social Sciences*, VOL. 10, NO. 1, 2333422.

- Dsouza, Vinod. (2024). BRICS: 20% of oil payments settled in local currencies, not US Dollar. <https://watcher.guru/news/brics-20-oil-payments-settled-in-local-currencies-not-us-dollar>
- Fondo Monetario Internacional (2024. Enero 25) <https://data.imf.org/regular.aspx?key=41175>
- Girardi, E. (2024. Mayo 6). Desdolarizar, la madre de todas las batallas. <https://www.revistaanfibia.com/geopolitica-internacional-desdolarizar-la-madre-de-todas-las-batallas/>
- Hinz, J. and Monastyrenko, E. (2022). Bearing the cost of politics: Consumer prices and welfare in Russia. *Journal of International Economics*, 137(C).
- Kozikowski, Z. (2013). *Finanzas internacionales*. McGraw-Hill.
- Kumar, Surender et al. (2023). Brics exchange rates in the post-financial crisis: an empirical analysis. *Journal of international finance and economics*. Vol. 23, Iss: 2, pp 59-68.
- Monfort, J. (2024). BRICS is intent on de-dollarization but its chances of success are slim. <https://www.fxstreet.com/analysis/brics-is-intent-on-de-dollarization-but-its-chances-of-success-are-slim-202404091602#:~:text=%E2%80%9CWe%20already%20know%20that%2080,interview%20with%20A1%20Jazeera%20News.>
- Mumtaz, Zubair. (2024) BRICS and de-dollarization efforts – analysis. https://www.eurasiareview.com/22042024-brics-and-de-dollarization-efforts-analysis/#google_vignette
- Ramos, Joshua. (2024. April 1). BRICS: China Unveils Blockchain Project to End US Dollar in Trade. <https://watcher.guru/news/brics-china-unveils-blockchain-project-to-end-us-dollar-in-trade>
- Richardson, Alex. (2024. April 26). China Dumps \$74,000,000,000 in US Treasuries in One Year As Two BRICS Nations Say They've Abandoned Dollar in Mutual Trade. <https://dailyhodl.com/2024/04/26/china-dumps-74000000000-in-us-treasuries-in-one-year-as-two-brics-nations-say-theyve-abandoned-dollar-in-mutual-trade/>
- Saji, T. G. (2019). Can BRICS form a currency union? An analysis under Markov Regime-Switching framework. *Global Business Review*. Vol. 20, Iss: 1, pp 151-165.

- The US Federal Reserve. (2024. Marzo 13). <https://www.federalreserve.gov/econres/notes/feds-notes/the-international-role-of-the-us-dollar-post-covid-edition-accessible-20230623.htm#fig5>
- Tiwari, A. K. (2021). A Sequential bayesian change-point analysis of BRICS currency returns. *Journal of quantitative economics*. Vol. 19, Iss: 2, pp 393-402.
- Zharikov, M.V. (2023). Digital money options for the BRICS. *International Journal of Financial Studies*. Vol. 11, Iss: 1, pp 42-42.
- Znwar, V. (2024). De-dollarisation on full throttle: BRICS members China and Russia initiate \$260 bn worth of trade without the US dollar. <https://organiser.org/2024/04/29/234801/international/de-dollarisation-on-full-throttle-brics-members-china-and-russia-initiate-260-bn-worth-of-trade-without-the-us-dollar/>

RESÚMENES DE TESIS DE GRADO



RESÚMENES DE TESIS DE GRADO

Evaluación de la producción de carbón vegetal obtenido en hornos de ladrillo, de dos especies forestales (*Quercus purulhana* Trel.) Y (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.) en La Finca La Montaña, San Agustín Acasaguastlan, El Progreso, Guatemala, C.A.

Deimy Mariela Fernández González¹

RESUMEN

En Guatemala existen diferentes sistemas de producción de carbón vegetal y la tecnología disponible de hornos tiene varias décadas de haberse originado, sin embargo, han sido muy poco difundidos y mucho menos, adoptados por los productores de las pequeñas comunidades que cuentan con recurso forestal disponible a su alrededor para uso familiar. Para producir carbón vegetal se puede emplear cualquier material leñoso, sin embargo, comúnmente se hace con leña de encino (*Quercus* sp.), debido a que sus características hacen que su carbón sea mayormente aceptado en comparación con otras especies forestales. En la finca, la Montaña, el recurso forestal se compone principalmente de plantaciones de pino y bosque natural de pino-encino que se utilizaron para esta investigación. En la finca, existen dos hornos elaborados de ladrillo, los cuales se utilizan para la fabricación de carbón vegetal, sin embargo, no se cuenta con datos que indiquen la calidad y el rendimiento del carbón producido, además la mayoría del carbón se elabora únicamente a partir de *Quercus* sp, obviando el potencial que pueden tener las otras especies. Por lo anterior mencionado, la presente investigación tiene como objetivo la evaluación del rendimiento de volumen que se obtiene de la especie *Quercus purulhana* Trel., comparado con *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. Ambas especies fueron sometidas a diferentes pruebas de campo, y análisis de laboratorio para determinar cuál de las dos presentaba los mejores resultados. Al finalizar el proceso se determinó que, la especie de *Quercus purulhana* Trel. es la que mejores resultados presenta en rendimiento y calidad del carbón vegetal obtenido, dichos resultados se potencializan, si la especie se encuentra en estado seco, debido a que existe menos contenido de agua y material volátil lo que favorece el proceso de conversión de leña a carbón vegetal.

Palabras clave: Encino, Pino, leña, carbón.

¹ Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables

Aislamiento, identificación y evaluación de la eficiencia de solubilización de fósforo de siete aislados de bacterias provenientes de suelos andisoles de Guatemala, C.A.

Marilin Rebeca Barrientos Marroquín¹

RESUMEN

El fósforo es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los suelos empleados para la agricultura suelen ser deficientes en formas de fósforo asimilables, contienen de 0.10 a 0.25 por ciento de P₂O₅, y difícilmente se encuentra más del 0.50 por ciento. En suelos provenientes de ceniza volcánica, los complejos humus aluminio (Al) juegan un papel significativo en el comportamiento de los Andisoles; en consecuencia, su capacidad para inmovilizar fósforo es alta. Además, las proyecciones en el mercado de los fertilizantes fosforados irán en aumento; para el año 2018 se solicitaban 207 Tm a nivel mundial, pero se estima que, para el año 2035, ese valor incremente a 263 Tm. Así mismo, se estima que los cultivos recuperan del 10 al 30 por ciento del fósforo aplicado al suelo; el remanente es consumido por microorganismos que precipitan en forma de compuestos insolubles o es absorbido fuertemente por el complejo coloidal del suelo. Con el objetivo de identificar siete aislados con la capacidad de solubilización de fósforo de muestras provenientes de suelos Andisoles de Guatemala y evaluar su eficiencia y estabilidad a luego de 3 siembras, se implementó el criterio de selección de halo de solubilización en medio sólido. Para la evaluación de la capacidad solubilizada de fósforo, se implementó un diseño de medias repetidas con posterior prueba de Tukey. Se encontró que los siete aislados resultaron positivos para el medio de caracterización National Botanical Research Institute's phosphate growth (NBRIP), identificados como la especie *P. fluorescens* y confirmados por PCR específico. La comparación de eficiencia SF entre los aislados y departamentos demostró diferencia estadísticamente significativa ($p < .001$), indicando que el aislado siete proveniente es más eficiente y durante las tres resiembras el aislado seis es más estable, ambos proveniente del departamento de Escuintla.

Palabras clave: Fósforo, Andisoles, aislados de bacterias.

¹ Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola

Evaluación de la calidad de planta en etapa de vivero, de 4 procedencias de caoba (*Swietenia macrophylla* King) y 8 procedencias de teca (*Tectona grandis* L.f.), para la identificación de mejor procedencia de cada especie, en La Finca La Constancia, Panzós, Alta Verapaz, Guatemala, C.A.

Geraldinn Andrea Cortez Barahona¹

RESUMEN

La investigación aborda la evaluación de la calidad de plántulas de Caoba (*Swietenia macrophylla* King) y Teca (*Tectona grandis* L. f.) en el vivero forestal de la finca La Constancia, ubicado en Panzós, Alta Verapaz, Guatemala. Estas especies son maderas preciosas muy demandadas en el mercado nacional e internacional. Se plantea la necesidad de identificar y mejorar las características de calidad de las plántulas en su fase de vivero para lograr un desarrollo exitoso en plantaciones forestales y aumentar los volúmenes de producción de madera. La investigación busca determinar los parámetros físicos, nutricionales e índices de biomasa de las plántulas provenientes de diferentes procedencias de semilla de Caoba y Teca. A través de un análisis detallado que incluye variables como altura, diámetro, índice de robustez, relación BSA/BSR, índice de Dickson y contenido nutricional, se evalúa la calidad de las plántulas y se identifica las procedencias de Caoba Z13 y Teca I23, H26 y A6 como las más adecuadas para el establecimiento de plantaciones forestales. Estas procedencias han demostrado un desarrollo y calidad adecuada durante la etapa de vivero, lo que promete un rendimiento favorable en condiciones de campo. Se concluye que factores genéticos y condiciones particulares de la finca tienen un impacto notable en las características de crecimiento de las plántulas. Se respalda la selección específica de estas procedencias para la plantación en campo definitivo, considerando su potencial adaptabilidad y desarrollo.

Palabras clave: Caoba, Teca, maderas preciosas, vivero.

¹Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables

Propuesta para el monitoreo de las acciones de restauración de bosques mixtos en la modalidad de tierras forestales degradadas - PROBOSQUE-, Parque Ecológico Municipal Senderos de Alux, San Lucas Sacatepéquez, Guatemala, C.A.

María Regina Palacios Morales¹

RESUMEN

Ante la carencia de una herramienta para evaluar el avance de la restauración en bosques mixtos, esta investigación adaptó exitosamente una herramienta de monitoreo basada en la ficha y guía descriptiva de indicadores del Instituto Nacional de Bosques (INAB), permitiendo consolidar los procesos de restauración en los ecosistemas, fortaleciendo de esta manera la capacidad de los mismos para proporcionar bienes y servicios ecosistémicos a la población del país. Para el desarrollo de la fase de campo se seleccionó el Parque Ecológico Senderos de Alux en San Lucas Sacatepéquez. Se identificaron siete indicadores biofísicos representativos a las perturbaciones en el ecosistema. La evaluación en campo de Senderos de Alux determinó: su estado de conservación como “bueno” mediante el muestreo de siete parcelas. El análisis de diversidad alfa, reveló una distribución variada de especies, con valores promedio de 0.8893 para Simpson 1-D; 2.2931 para Shannon H; 3.7826 para Margalef y 23.1271 para Chao-1, siendo indicativos de una diversidad moderada a alta. Por otro lado, el análisis beta indicó que el bosque aún se encuentra en recuperación, lo que limita su protección frente a las perturbaciones. La generación de la herramienta de monitoreo contó con la participación de tres expertos, cuyo objetivo fue asignar valor a trece indicadores y definir sus niveles de prioridad para orientar la implementación de las acciones de restauración. Tras calcular el promedio de las opiniones y verificar los resultados, se ajustó la herramienta para centrarse en el monitoreo de las acciones de restauración. Se determinó que indicadores como, la regeneración natural tiene una prioridad máxima debido a su papel fundamental en la funcionalidad del bosque. En cuanto a fami-

¹ Ingeniera en Gestión Ambiental Local

lias forestales indicadoras, extracción de madera y leña, caminos y senderos, flora asociada y fauna, se les asignó una prioridad media, ya que, aunque no son críticos para lograr los objetivos, son relevantes y significativos. Los demás indicadores se consideraron de prioridad baja y podría omitirse en la toma de decisiones. Para la implementación del monitoreo de las acciones de restauración en bosques mixtos, se determinó un costo de Q.5,640.03 (US \$ 716.30).

Este resultado, sugiere que es viable ejecutar los proyectos bajo la modalidad del programa -PROBOSQUE-generando beneficios ecosistémicos valiosos y superando significativamente los costos del monitoreo, recomendando el uso de esta herramienta.

Palabras clave. Restauración ecológica, Bosques mixtos, PROBOSQUE.

Análisis de la calidad del agua y propuesta de un plan para mejoramiento del sistema de agua que abastece el parque regional municipal “La Cerra”, San Miguel Petapa, Guatemala, C.A.

Maria Fernanda Ovando Barraza¹

RESUMEN

Se realizó el análisis de agua que suministra al vivero municipal “La Casona”, del Parque Regional Municipal “La Cerra”. Esto surge debido a los cambios de temperatura que sufre el agua, la utilización que le dan como agua para riego y consumo humano en los caseríos el Cerro, Santa Inés y Galiz y su utilización por los trabajadores del parque. Derivado de la preocupación sobre si estos cumplen con los parámetros establecidos dentro de las normas COGUANOR y parámetros de riesgo, para la elaboración de un plan de mejora que beneficie tanto a la población como a las plantas. La metodología de análisis de agua consistió en la toma de muestras, las cuales se llevaron a dos laboratorios siendo estos BIOLAB y laboratorio de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). Se determinó pH, cloro, alcalinidad total, dureza total, bromo, cloro total y ácido cianurico y toma de temperatura, evaluando factores como olor, sabor y color en un total de 22 muestras distribuidas cronológicamente durante 5 meses. Los resultados fueron: pH entre 7 y 9, alcalinidad 120 a 240 ppm, temperaturas oscilan entre 35 a 39 °C, por tal razón se clasifica como una fuente termal y dureza 100 a 250 ppm. Respecto a los valores encontrados de caudal, se tienen rangos entre 0.3 a 0.7 L/s, los cuales para un área de 10,640 m², se consideran bajos, para cumplir con las demandas del lugar. Se establece que el agua que se encuentra en el lugar es clasificada como una fuente termal, que, por los valores obtenidos en laboratorio y tiras medidoras, no es apta para riego ni consumo humano. Sin embargo, se sugiere utilizar tanques de almacenamiento, ácido sulfúrico para la neutralización de pH, alcalinidad y dureza y provocar una disminución de temperatura para incorporarla al uso de riego y consumo humano.

Palabras clave: Aguas termales, riego, Norma COGUANOR, calidad del agua.

¹Ingeniera en Gestión Ambiental Local



RESÚMENES DE TESIS DE POSTGRADO

Prácticas de etnovetrinaria utilizadas y su efecto en la producción de gallinas Gallus gallus domesticus en las familias de Caserío El Mojón, aldea Chispan Jaral (Región Chortí), municipio de San Juan Ermita, departamento Chiquimula, Guatemala, C.A.

Ing. Agr. Armando Alberto García Álvarez

El presente estudio no pretende restar mérito a la medicina veterinaria moderna, sino reconocer la necesidad de los pequeños productores rurales de contar con opciones complementarias accesibles para la prevención y tratamiento de enfermedades, reduciendo la dependencia de recursos externos costosos.

Así mismo, se pudieron determinar las prácticas etnoveterinarias y sus efectos en la producción de, aves, acentuada en el análisis del tipo de prácticas realizadas para el tratamiento de enfermedades locales de las aves, específicamente gallinas Gallus gallus domesticus.

El estudio hace referencia en los siguientes hallazgos principales:

Los habitantes de Caserío El Mojón, Aldea Chispan Jaral, municipio de San Juan Ermita, han desarrollado productos y preparados orgánicos a lo largo de varios años. Estos productos han demostrado ser efectivos en la curación y prevención de enfermedades en aves, especialmente en gallinas Gallus gallus domesticus.

En Guatemala, ha habido un desplazamiento del conocimiento, cultura y creencias. Recuperar conocimientos ancestrales ha sido un desafío, ya que deben demostrar su efectividad tanto natural como económica para ser aceptados por las familias campesinas.

La tecnificación y modernización de la producción agrícola y pecuaria han revolucionado la producción a nivel central y local. La comercialización de paquetes tecnológicos para la producción de huevos y carne ha mejorado la producción en gran escala, pero ha generado disputas en regiones rurales pobres. La revolución

verde, ha desplazado mucho de estos conocimientos ancestrales exitosos.

La introducción de nuevas técnicas y tecnologías ha provocado un choque con los conocimientos ancestrales, afectando la transmisión de estos conocimientos ancestrales a nuevas generaciones. Este choque ha resultado en un sistema de producción mixto que continúa generando problemas en la producción rural.

A pesar de los desafíos, los pueblos originarios en el oriente de Guatemala siguen utilizando técnicas ancestrales para la producción animal. Se reconoce la persistencia de técnicas ancestrales.

Es crucial reconocer y valorar los conocimientos ancestrales y los productos orgánicos locales como opciones complementarias viables para la producción animal en regiones rurales. Estos métodos no solo son efectivos en la prevención y tratamiento de enfermedades, sino que también pueden ser económicamente beneficiosos para las familias campesinas, contribuyendo a una producción más sostenible y autónoma.

Se demuestra que el uso de estas prácticas promueve la reproducción de nuevas generaciones más resistentes que las anteriores. A mayor uso de medicamentos existe la percepción de mayor resistencia de las enfermedades en las gallinas *Gallus gallus domesticus*.

Se identificaron cinco prácticas etnoveterinarias, siendo estas; a) tintura desparasitante, b) brebaje para problemas respiratorios, c) unguento para viruela, d) alimento con recursos locales, e) alimento mixto para gallinas, como prácticas aplicadas por las familias. Estas prácticas reflejan la combinación de saberes ancestrales y técnicas adaptadas a las condiciones específicas del Caserío El Mojón, que contribuyen al bienestar y la salud de las gallinas *Gallus gallus domesticus* en la comunidad.

Fueron identificados dos efectos, derivado de la aplicación de prácticas etnoveterinarias; a) mayor intervalo de padecimiento de enfermedades y b) disminución de temperatura o fiebre en las aves tratadas con técnicas etnoveterinarias. El cien por

ciento de las familias reconocen, que el utilizar métodos tradicionales, les permite aumentar su producción, con mayor resistencia a infecciones. - La aplicación de Tinturas para problemas de parásitos intestinales disminuye los síntomas de fiebre y diarrea, según el 83.33% de las personas entrevistadas. La aplicación de brebajes como una técnica etnoveterinaria, mejora la salud de las aves en cinco días, los síntomas comienzan a disminuir a partir del tercer día en promedio después de iniciar la aplicación, esto, según el 75% de las personas entrevistadas.

Evaluación preliminar de la capacidad fitorremediadora de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Anubia barteri* var. *barteri* Schott y *Anubia barteri* var. *caladiifolia* Engler sobre aguas residuales con exceso de detergentes, en el río San Francisco, Sololá, Guatemala C.A

Ing. Dorian Alexander Lacán Alcabal

Los detergentes han llegado a ser productos de limpieza bastante comunes para los diferentes ambientes donde se desenvuelve el ser humano, que combinado con agua aumenta su eficacia de lavado, con lo que en varias partes del mundo, la mayoría de las aguas superficiales y algunas potables contienen detergentes sintéticos hasta en cantidades de 1 mg por litro, y es muy probable de que estas concentraciones vayan en aumento, contribuyendo así de gran manera a la eutrofización principalmente por contenidos altos de Nitrógeno y Fósforo, que causa la proliferación descontrolada de algas, que a su vez dan origen a otros efectos negativos en el ecosistema.

La importancia de la presente investigación radica en que propone una posible solución ante este inconveniente, mediante la evaluación de la capacidad fitorremediadora de tres plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Anubia barteri* var. *barteri* Schott y *Anubia barteri* var. *caladiifolia* Engler sobre aguas residuales con exceso de detergentes.

Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar durante ocho semanas, por cada tratamiento se tuvieron cuatro repeticiones, teniendo así un total de 16 unidades experimentales, cada una siendo una cubeta de agua residual con un volumen de 6,750 cm³.

Se pudo determinar que la especie y tratamiento que presentó mejor capacidad fitorremediadora fue *E. crassipes*, ante agua residual con exceso de detergentes, ya que en ocho semanas logró disminuir de 340 ppm a 307 ppm de Sólidos Disueltos, de igual forma de 10 ppm a 7 ppm de fósforo. Para fitorremediar esta agua se estimó lo siguiente, 44 semanas pasando de 340 ppm a 158.28 ppm de Sólidos Disueltos, y de 26 semanas pasando de 10 ppm a 0.12 ppm de fósforo, además de que tuvo mejor desarrollo de biomasa, promediando 60 g en ocho semanas.

La gestión ambiental en las comunidades del sector oeste del municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala, C.A. y las acciones de adaptación al cambio climático

Ing. Agr. Juan Carlos Valdez

Las 28 comunidades del oeste del municipio de Sanarate, departamento de El Progreso tienen una extensión territorial de 3,754 hectáreas, equivalentes al 14% de la superficie geográfica del municipio, en las cuales, en el desarrollo de sus dinámicas diarias, han surgido varias problemáticas en las esferas sociales, ambientales y económicas; en relación a las primeras, se puede mencionar el bajo nivel educativo de la población y la escasa cobertura de servicios de salud; por otra parte, en cuanto a los problemas ambientales, claramente se puede observar la ausencia de extensionismo agrícola que tiene alarmantes repercusiones en la degradación de los recursos naturales de la zona, reflejadas en los indicadores del sobreuso de la tierra, cambio de uso de la tierra desde la perspectiva de la pérdida de la cobertura forestal nativa, la dinámica de las categorías de uso de la tierra, que presentan un balance negativo, en cuanto a la recuperación de la cobertura forestal, según la referencia de ocho años de evaluación, se observa como la problemática ambiental, afecta la situación económicas de los pobladores, como las altas tasas de migración, limitadas oportunidades laborales, bajos ingresos económicos por familia.

Por su parte, en cuanto a la problemática económica se puede concluir que la población se encuentra en alta vulnerabilidad por depender de diversas actividades económicas, lo que no propicia estabilidad laboral y de ingresos, y aumenta la problemática social, que anteriormente se describió.

Resumiendo, el abordaje anterior de la problemática priorizada, como: Los problemas socio ambiental y productiva del sobreuso de la tierra y sus limitaciones agroclimáticas de las comunidades del oeste del municipio de Sanarate, del departamento El Progreso, Guatemala, C.A.

Derivado de ella, se plantea un plan de gestión ambiental, el cual está constituido por ejes primordiales, entre ellos el agua, bosque, tierra, salud, educación y la apropiación de las potencialidades del territorio en ámbitos agrícolas y forestales por parte de los pobladores que tienen interacción con estos, que será abordado y

fortalecido por una mesa técnica integrada por actores representativos del sector gubernamental, no gubernamental, privado y la población local, quienes a través de una agenda de trabajo, establecieron una priorización de objetivos que contribuyeron reducir la problemática de la zona.

“Aporte del programa de alimentación escolar al mejoramiento de vida de agricultores familiares proveedores de dicho programa, en el municipio de Palencia, departamento de Guatemala, C.A.”

Licda. Alma Lorena Dubón Velásquez

Con el fin de fortalecer la economía campesina de los productores agropecuarios, el Congreso de la República creó la Ley de Alimentación Escolar, Decreto 16-2017, donde indica en el artículo 15, “De ser posible la adquisición de los insumos, deberá realizarse en la misma jurisdicción territorial en la que se encuentra el centro educativo que corresponda, priorizando la compra a proveedores que practiquen la agricultura familiar de la localidad en la que se encuentre el centro educativo”.

Se presenta el estudio de investigación sobre el aporte del programa de alimentación escolar al mejoramiento de vida de agricultores familiares proveedores, de dicho programa, en el municipio de Palencia, departamento de Guatemala. Se analiza de manera descriptiva y explicativa el funcionamiento del Programa de Alimentación Escolar de acuerdo con la legislación actual. Se utiliza el estudio de casos, para realizar una caracterización de los agricultores que participan como proveedores y se analizan los cambios en las variables sociales y económicas durante el año 2021 y de esa forma determinar el aporte al desarrollo rural.

Se concluye que el Programa de Alimentación Escolar, contribuye a dinamizar la economía local con la venta de productos agrícolas, generación de fuentes de empleo permanentes y temporales. Es una oportunidad de mercado donde se evidencia la participación de hombres y mujeres, que obtienen una mejor calidad de vida en términos económicos y sociales.

La gestión interinstitucional entre MINEDUC y MAGA es clave para el desarrollo eficiente del PAE, se recomienda el fortalecimiento constante de las capacidades de producción y comercialización de los agricultores participantes e incentivar la participación de nuevos agricultores, para obtener mayores resultados a nivel nacional.



INSTRUCCIONES PARA AUTORES Y GUÍA DE EVALUACIÓN PARA ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

La **Revista Tikalia** es una publicación científica de edición semestralmente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC).

En la revista se publican trabajos originales de contribución técnico- científica (artículos) en el campo de las ciencias agrícolas, forestales, ambientales, agroindustriales, sociales, biológicas, ecológicas, etc.; en las áreas de: desarrollo rural, conservación de la biodiversidad y medio ambiente, manejo y mejoramiento de plantas, protección de plantas, ingeniería agrícola, manejo de suelo y agua, administración y comercialización agrícola, silvicultura, tecnología y utilización de productos forestales. Así mismo se publican trabajos de revisión bibliográfica, únicamente a invitación del Consejo Editorial

Exclusivamente se presentan trabajos escritos en idioma Español el Consejo Editorial de la Facultad de Agronomía, deberá invitar “referees” anónimos (Revisores y Calificadores Pares, plenamente identificados y fuera de la Facultad de Agronomía), dependiendo de la naturaleza del artículo presentado. Los trabajos pueden aprobarse sin correcciones, aprobarse sujetos a correcciones o no ser aceptados para su publicación.

POLÍTICA EDITORIAL

Mantener conducta ética en relación a la publicación y a sus colaboradores, rigor con la calidad de los artículos científicos y revisiones bibliográficas, integrar el Consejo Editorial con profesionales de calidad científica y ética, con carácter imparcial en el proceso de análisis de los trabajos.

PÚBLICO OBJETIVO

Comunidad nacional e internacional vinculada con las ciencias agrícolas y forestales o campos afines. Estudiantes de licenciatura, postgrado y profesores de las ciencias agrícolas, ambientales, agroindustriales y forestales.

FORMA Y PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos deben presentar las siguientes características: espacio 1,5; papel tamaño carta (21.59 x 27.94 mm), con márgenes superior, inferior, izquierda y derecha de 2,5 cm; fuente Arial 12; y contener un máximo de 10 páginas, incluyendo cuadros y figuras.

En la primera página deberá contener el título del trabajo no mayor a 20 palabras, el resumen de 250 palabras y las palabras clave (Con base en el AGROVOC de la FAO).

Los cuadros y figuras deberán ser numerados con números arábigos consecutivos y aparecer referidos en los textos. Deben ser legibles sobre todo en sus leyendas (no deben bajar de Arial 8).

Los títulos deben identificarse con números arábigos y escribirse con letras mayúsculas (en negrita); los subtítulos, si necesarios, deben identificarse con dos números arábigos (ejemplo: 1.1) y escribirse con letra inicial mayúscula (en negrita).

Los títulos de las figuras deberán aparecer en la parte inferior anteceditos de la palabra “Figura” seguida de su número de orden (en negrita). Los títulos de los cuadros deberán aparecer en la parte superior y ser anteceditos de la palabra “Cuadro” seguida de su número de orden (en negrita).

En la figura, la fuente (si es pertinente) debe de escribirse por arriba del título, sin punto final; en el Cuadro, en la parte inferior y con punto final. Las figuras deberán estar exclusivamente a colores, trabajarlas en Word o Excel para poder hacer cambios en leyendas en tamaño de letra o tipografía. A las fotografías se aplican los mismos criterios que para las figuras, deben estar en formato JPG o PNG. Para las figuras y fotografías no enviar capturas o recortes de las mismas.

Los trabajos deben presentarse de acuerdo con el siguiente esquema: TÍTULO en Español,

RESUMEN (seguido de Palabras clave tomadas de AGROVOC),

TÍTULO DEL ARTÍCULO en inglés,

ABSTRACT (seguido de Key words tomadas de AGROVOC);

1. INTRODUCCIÓN (incluye revisión de literatura);
2. MATERIAL Y MÉTODOS;
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN;
4. CONCLUSIONES;
5. LITERATURA CITADA, (Se acepta APA, IICA o ISO), alineadas a la izquierda; y
6. AGRADECIMENTOS (si es pertinente)

ENVÍO DE TRABAJOS (ARTÍCULOS Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA)

Para enviar un trabajo para publicación el o los autores pueden hacerlos llegar al Consejo Editorial, por vía electrónica a: tikalialia@fausac.gt. El Consejo Editorial le notificará sobre la recepción de su trabajo.

Recomendaciones de edición:

Presentación

Los trabajos deben iniciarse con el título, luego abajo colocar los apellidos y nombres completos del o los autores(es). En esa misma hoja, como pie de página, el grado académico, cargo, lugar de trabajo y correo del o los autor(es).

Título: Conciso e indicar el contenido del trabajo, no mayor a las 20 palabras.

Resumen: Presenta lugar, época, objetivo, métodos y resultados o conclusiones. Es seguido de las palabras clave tomadas del AGROVOC de la FAO, <http://aims.fao.org/es/standards/agrovoc/functionalities/search>.

Abstract: Consiste en la traducción del resumen al idioma inglés. Es seguido de key words. Tomadas del AGROVOC de la FAO, <http://aims.fao.org/es/standards/agrovoc/functionalities/search>

Introducción: Presentar el contexto, antecedentes, alcances, beneficiarios de los resultados y objetivos

Materiales y métodos: reúne la información necesaria para la reproducción del trabajo por otros investigadores, los diferentes métodos deben referenciarse con base en la bibliografía. (insumos, herramientas, métodos y procedimientos plenamente identificados).

Resultados y Discusión: Presentación concisa de resultados, incluye cuadros, figuras y fotos. Análisis y discusión de los mismos, respaldados por la información bibliográfica.

Conclusión: Con base en la información discutida.

Agradecimiento(s): Sucinto(s), no deben aparecer en el texto. Opcional(es).

Literatura citada: incluye sólo las referencias citadas en el texto (IICA, APA o ISO).

Lista de chequeo para que el artículo pueda ser admitido para su evaluación por el Consejo Editorial

Esta lista de chequeo detalla los elementos mínimos que debe presentar un artículo para ser para ser evaluado para su publicación en la Revista Tikalia, la misma va a ser cotejada por la Secretaría del Consejo Editorial. El propósito inicial de esta guía es que cada artículo llene los requisitos mínimos estipulados en las instrucciones para autores.

Para aquellos artículos que el Consejo Electoral apruebe para su publicación, sujeto a correcciones, la Secretaría del Consejo Editorial enviará una notificación al autor principal sobre los cambios esenciales que debe realizar a su artículo, especificando el lapso de 15 días para la devolución del mismo y proceder con el siguiente paso.

Elementos mínimos para la aceptación del artículo	Si	No
¿El artículo cuenta con un máximo de 10 páginas incluyendo gráficas y cuadros?		
¿Cada autor presenta: nombre completo, grado académico, lugar donde labora y correo electrónico?		
¿El artículo cuenta con Resumen resaltando lugar, época, objetivo, metodología y principales resultados, conclusiones o recomendaciones (máximo 250 palabras)?		
¿Palabras clave obtenidas de AGROVOC FAO?		
¿El artículo cuenta con Abstract (máximo 250 palabras en inglés)?		
¿Key words obtenidas de AGROVOC FAO?		
¿El artículo cuenta con introducción, presentación, antecedentes, contexto, beneficiarios, alcances de la investigación y marco conceptual?		
¿El artículo tiene conclusiones y recomendaciones?		
¿El artículo cuenta con referencias en IICA, APA o ISO?		
¿Las gráficas, figuras o cuadros tienen la resolución mínima requerida?		
¿Las gráficas, figuras o cuadros cuentan título descriptivo?		
¿Las gráficas, figuras o cuadros cuentan con una tipografía legible, no menor a Arial 8?		
¿Si las figuras o cuadros no son del autor, estas tienen fuente de donde se tomó la información?		

Aportes Científicos-Tecnológicos en Sistemas de Producción Agrícola y Recursos Naturales Renovables, Gestión Ambiental Local e Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales

CONTENIDO

- 10** Más allá del desastre: el papel crucial de los ciclones tropicales en la recarga hídrica de Centroamérica.
- 32** Variación de la lluvia y temperatura en la cuenca del río Los Ocotes, al noreste de la ciudad Guatemala, por efecto del cambio climático.
- 47** Desdolarización del comercio internacional: viabilidad y potenciales implicaciones.
- 62** Resúmenes de Tesis de Grado.
- 69** Resúmenes de Tesis de Postgrado.
- 77** Instrucciones para autores y guía de evaluación para aceptación de artículo.

Publicación indexada en:



www.latindex.unam.mx