

La **Ciencia** aplicada **en Chiapas**

*¿Los virus alteran la microbiota
gastrointestinal humana?*

**Un nuevo punto de
vista sobre la infección
y transmisión del
dengue.**

Pág. 20



MENSAJE DEL DIRECTOR

Es un gusto presentar la edición número 12 de nuestra revista **La Ciencia Aplicada en Chiapas** y con gran orgullo observar que la hemos venido consolidando como un vínculo entre la ciencia, la tecnología y la innovación con la comunidad académica, escolar, de investigadores, productiva y sociedad en general, mediante su lectura, consulta e incluso participación en ella.

En esta ocasión abordamos muy interesantes trabajos como los Parámetros de operación para el diseño de construcción de un sistema de refrigeración por absorción-difusión de baja capacidad volumétrica, el Monitoreo térmico con instrumentos de bajo costo para determinar la isla de calor urbana de Chiapa de Corzo; en el universo de la investigación médica contamos con ¿Los virus alteran la microbiota gastrointestinal humana? así como un nuevo punto de vista sobre la infección y transmisión del dengue.

En temas de infraestructura los autores nos aportan la Localización de fugas en redes hidráulicas mediante aprendizaje automático usando residuales de presión y en asuntos más cotidianos nos ayudan a Superar el copy paste: experiencias alternativas en el uso de redes sociodigitales en comunicación intercultural en la Unich.

Así pues, consolidamos la revista del Instituto como una publicación de todos pues hemos mantenido una política editorial de apertura y genuina inclusión para que todo aquel que tenga la inquietud de aportar el fruto de su trabajo, disponga siempre de un canal para la auténtica vinculación con lectores idóneos por estar realmente interesados en la materia.

Helmer Ferras Coutiño
Director General

DIRECTORIO

RUTILIO ESCANDÓN CADENAS
Gobernador Constitucional del Estado de Chiapas

HELMER FERRAS COUTIÑO
Director General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación de Estado de Chiapas

BRENDA JIMÉNEZ GORDILLO
Director de Fortalecimiento Científico y Tecnológico

SOCORRO TREJO TRUJILLO
Directora de Difusión y Divulgación de la Ciencia y Tecnología

DIANA LAURA PALOMEQUE CRUZ
Directora del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología y Planetario Tuxtla

LUIS ALBERTO AGUILAR ESPINOSA
Director de Infraestructura Tecnológica y Comunicaciones

ERICK AUGUSTO ARCHILA MORENO
Director de Innovación y Desarrollo Tecnológico

ALBERTO BURGUETE FAVIEL
Director de Normatividad Tecnológica

MARTÍN BERLAÍN GONZÁLEZ ALVARADO
Jefe de la Unidad de Apoyo Administrativo

HÉCTOR GILDARDO AGUILAR VILLALBA
Jefe de la Unidad de Apoyo Jurídico

HERMINIO RIYAN MORENO HILERIO
Jefe de la Unidad de Planeación

SANDY KARINA MORALES PRATS
Asistencia Editorial

PAULINA ITZEL TREJO CASTELLANOS

DIANA ITZEL FIALLO COUTIÑO
Recepción, revisión y corrección de textos

SALVADOR OJEDA ALEGRÍA
ÓSCAR ALBERTO ÁLVAREZ CAMACHO
ALEXANDRA RUIZ MÁRQUEZ
Diseño editorial y maquetación

ÍNDICE

04

Ingeniería y Desarrollo Tecnológico

Localización de fugas en redes hidráulicas mediante aprendizaje automático usando residuales de presión

10

Ciencias de la Conducta y de la Educación

Superar el copypaste: experiencias alternativas en el uso de redes sociodigitales en comunicación intercultural en la UNICH

12

Medicina y Ciencias de la Salud

¿Los virus alteran la microbiota gastrointestinal humana? Un nuevo punto de vista sobre la infección y transmisión del dengue

16

Humanidades

Parámetros de operación para el diseño de construcción de un sistema de refrigeración por absorción-difusión de baja capacidad volumétrica

20

Ciencias Sociales

Monitoreo térmico con instrumentos de bajo costo para determinar la isla de calor urbana de Chiapa de Corzo, Chiapas

Localización de fugas en redes hidráulicas

mediante aprendizaje automático usando residuales de presión

Ideberto Santos-Ruiz¹, Samuel Gómez-Peñate¹, Juan Reyes-Reyes² y Omar Hernández-González³

¹Tecnológico Nacional de México, I. T. de Tuxtla Gutiérrez

²Tecnológico Nacional de México, CENIDET

³Tecnológico Nacional de México, I. T. de Hermosillo

Resumen

El diagnóstico de fugas es un problema desafiante en la gestión del agua potable. Los métodos convencionales para detectar fugas, como la inspección visual y el monitoreo acústico, a menudo resultan ineficientes o tardíos. En este artículo se describe un método computacional basado en residuales de presión que usa clasificadores con aprendizaje supervisado para eficientar la detección y localización de fugas. El objetivo es proporcionar una herramienta que ayude a los gestores de sistemas hidráulicos a reducir las pérdidas de agua y sus costos asociados. La metodología propuesta se probó físicamente a nivel laboratorio y mediante simulación con modelos de redes a escala real obteniendo errores de localización menores al 2%.

Palabras clave: Fugas, agua potable, redes hidráulicas, aprendizaje automático, residuales de presión

Abstract

Leak diagnosis is a challenging problem in drinking water management. Conventional methods for detecting leaks, such as visual inspection and acoustic monitoring, are often inefficient or delayed. This article describes a computational method based on pressure residuals using classifiers with supervised learning to make leak detection and localization more efficient. The objective is to provide a tool that helps hydraulic system managers reduce water losses and their associated costs. The proposed methodology was tested physically at the laboratory level and by simulation with full-scale network models, obtaining localization errors of less than 2%.

Keywords: FLeaks, drinking water, hydraulic networks, machine learning, pressure residuals

Introducción

Las fugas en las redes hidráulicas representan un desafío constante para la gestión eficiente del agua potable, causando desabasto y pérdidas económicas significativas debido al producto no facturado. A nivel mundial, alrededor de una tercera parte del agua potable se pierde en las fugas, pero se estima que en México la fracción de agua fugada es cercana al 40%, en promedio, aunque supera el 60% en algunas ciudades (OECD, 2016). Los procedimientos convencionales para detectar fugas, como la inspección visual (Aitken et al., 2021) y el monitoreo acústico (Hu et al., 2021), son útiles, pero costosos y tardíos. Estas técnicas tradicionales pueden no detectar fugas en ubicaciones inaccesibles, lo que resulta en pérdidas continuas de agua y daños potenciales a la infraestructura (Puig et al., 2017).

El estado del arte en la localización de fugas en redes de distribución de agua (WDN) se centra en la resolución de problemas inversos, que consisten en determinar las ubicaciones y tasas de flujo de las fugas basándose en mediciones de sensores y modelos hidráulicos. Pudar y Liggett (1992) abordaron este problema minimizando las diferencias entre las mediciones y los estados simulados, aunque la naturaleza indeterminada del problema, debido al limitado número de sensores, sigue siendo un desafío. Para solucionar esto, Berglund et al. (2017) propusieron reducir el número de mediciones desconocidas seleccionando nodos candidatos antes de resolver el problema de optimización. Blocher et al. (2020) utilizaron métodos de regularización para mitigar el efecto de la mala configuración del problema, aunque su éxito depende de la elección del parámetro de regularización y no considera las incertidumbres en las presiones y los residuales.

Otras metodologías incluyen el trabajo de Sanz y Pérez (2015) y Sanz et al. (2016), quienes también formularon un problema inverso subdeterminado y agruparon los nodos de demanda basándose en la sensibilidad de la presión medida a un cambio en la demanda de un nodo, utilizando desviaciones de demanda calibrada para indicar fugas. Por otro lado, Casillas et al. (2013) evitaron el problema inverso comparando directamente los residuales con las sensibilidades de presión para diferentes ubicaciones de fugas. El uso de la matriz de sensibilidad de presión y la binarización de vectores de sensibilidad y residuales son enfoques comunes, con métodos que incluyen la correlación estadística y la proximidad angular

entre vectores residuales y de sensibilidad, como propusieron Pérez et al. (2014). Casillas et al. (2015) y Sousa et al. (2023) mejoraron la localización de fugas proyectando el vector residual hacia un espacio de menor dimensión, logrando una mejor discriminación de las ubicaciones de fugas. En todos los casos, los aspectos que hacen de la localización de fugas un problema desafiante son la complejidad de las redes de distribución, la dependencia de modelos precisos (bien calibrados) y la presencia de datos incompletos y ruidosos, por lo que las técnicas de aprendizaje automático constituyen una opción para mejorar la precisión en la localización de fugas.

En este artículo se presenta un enfoque de diagnóstico computacional basado en residuales de presión mediante aprendizaje automático para abordar las dificultades antes mencionadas. La metodología utiliza mediciones de presión obtenidas de sensores que se colocan en las tuberías para identificar anomalías que puedan vincularse a la presencia de fugas. A diferencia de los métodos convencionales, este enfoque permite una monitorización continua y una detección temprana, para localizar las fugas antes de que se conviertan en problemas mayores.

La metodología que se propone utiliza clasificadores basados en aprendizaje supervisado que se entrenan para reconocer patrones específicos en las mediciones de presión que son indicativos de las fugas y permiten localizarlas o acotarlas en una región pequeña para facilitar su posterior localización física. Esta aproximación no solo mejora la detección y localización de fugas, sino que también reduce la necesidad de inspecciones físicas en áreas extensas, lo que a su vez disminuye los costos de operación y el tiempo de respuesta.

El objetivo final de este trabajo es proporcionar una metodología computacional para el diagnóstico de fugas que ayude a mejorar la gestión de los sistemas hidráulicos. Al adoptar este enfoque, se espera reducir significativamente las pérdidas de agua, minimizar los daños a la infraestructura y disminuir los costos asociados con la reparación y el mantenimiento de las redes de tuberías. Además, una gestión más efectiva del agua tiene implicaciones positivas para la sostenibilidad, ayudando a preservar este recurso vital para las generaciones futuras.

Metodología

La metodología propuesta se basa en el monitoreo de presiones en la red hidráulica, en el cálculo de los residuales de presión, y en la aplicación de clasificadores para la detección/localización de las fugas a partir de esos residuales.

a. Monitoreo de presiones

Se instalan sensores de presión a lo largo de la red de tuberías para recopilar continuamente las mediciones de los sensores. Las mediciones se toman tanto en condiciones normales de operación como en escenarios de fugas reales y simuladas de diferentes magnitudes (Puig et al., 2017). Estas mediciones se almacenan y se procesan localmente con un sistema SCADA en redes pequeñas o a nivel laboratorio, o bien, en forma remota, si las redes son extensas, mediante técnicas de IoT con almacenamiento y cómputo en la nube. Las ubicaciones dentro de la red donde deben colocarse los sensores de presión no son arbitrarias, sino que se asignan estratégicamente para maximizar la captura de información útil que permita ubicar las fugas con precisión (Santos-Ruiz et al., 2022).

b. Cálculo de los residuales de presión

Los residuales se obtienen calculando la diferencia entre los valores de presión medidos y los valores esperados bajo condiciones normales. Si no se dispone de mediciones en condiciones normales sin fugas, estas se obtienen sintéticamente mediante simulación con software especializado (e.g. EPANET) utilizando un modelo hidráulico de la red (Eliades et al., 2021).

Así, para las presiones p_i medidas por un conjunto de N sensores distribuidos en la red, se calculan N residuales definidos por:

$$r_i = p_i - p_i^{nom}, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, N,$$

donde p_i^{nom} es la presión nominal esperada en un escenario libre de fugas (Mohammed et al., 2021). Los residuales r_i son las variables predictoras usadas como entradas en los clasificadores.

El cálculo de los residuales resalta las anomalías en los cambios de presión que indican la presencia de fugas, lo que permite distinguir con mayor facilidad entre las caídas de presión debidas a consumos excesivos de los usuarios y las caídas de presión debidas a fugas por daños en las tuberías o a "huachicoleo hídrico" en tomas clandestinas.

Todos los residuales de presión para un escenario dado de fuga se agrupan en un vector $\mathbf{r} = [r_1, r_2, \dots, r_N]$ que se puede caracterizar por su magnitud y su dirección en el espacio

N -dimensional. En un análisis de la separabilidad de los residuales para diferentes escenarios de fugas se ha encontrado que las magnitudes de los residuales facilitan la separabilidad de las fugas por su tamaño (i.e., por el volumen fugado: fugas pequeñas, medianas y grandes), mientras que la dirección de los residuales aporta información más útil para clasificar las fugas por su ubicación en la red (i.e., por el nodo, tubería o sector de la red donde ocurre la fuga).

La dirección del vector residual de presiones, \mathbf{r} , en el espacio N -dimensional se determina por sus cosenos directores, los cuales están dados por (Santos-Ruiz et al., 2020):

$$d_i = \frac{r_i}{\sqrt{r_1^2 + r_2^2 + \dots + r_N^2}}, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, N.$$

El desempeño de los clasificadores para localización de fugas se evalúa primero usando residuales r_i como predictores (variables de entrada). Luego, se evalúa el desempeño usando las direcciones d_i como predictores.

c. Detección de fugas y localización mediante clasificadores

En este trabajo, la detección/localización de fugas se aborda como un problema de clasificación multiclase. Bajo este enfoque, cada clase de fuga se asocia con un nodo, una tubería, o un sector de la red donde puede ocurrir la pérdida de agua. Para la clasificación de las fugas, cada muestra de los sensores de presión (todas correspondientes al mismo instante de tiempo) se etiqueta con un número entero propio de la clase de fuga asociada a esa muestra. En términos matemáticos, la localización de fugas es un mapeo de la forma:

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_N] \in \mathbb{R} \rightarrow y \in \mathbb{N},$$

donde \mathbf{x} es un vector de variables predictoras (los residuales r_i , o sus direcciones d_i descritas en la sección anterior), mientras que y es un entero que representa la clase de fuga, es decir, la tubería o sector de la red donde ocurre la fuga. Cuando se desconoce si existe o no una fuga, puede usarse el entero $y = 0$ para expresar la posibilidad de una "no-fuga" como clase adicional a las fugas potenciales.

La clasificación mediante aprendizaje supervisado funciona en dos etapas. En la primera etapa, denominada *entrenamiento*, se utilizan muestras de fugas identificadas a priori, de modo que la etiqueta de cada muestra se asigna partiendo de los registros históricos de fugas en la red o de fugas intencionalmente provocadas para obtener datos de entrenamiento. Para ello,

se pueden usar mediciones de presión obtenidas con fugas físicas (abriendo válvulas o hidrantes contra incendios), o bien "mediciones de presión" simuladas por software resolviendo las ecuaciones que modelan la hidráulica de la red.

En la segunda etapa, denominada *predicción*, se usa el clasificador previamente entrenado para estimar o predecir la etiqueta de una muestra cuya clase no sea a priori conocida. En los clasificadores denominados bayesianos, el proceso de predicción consiste en estimar la probabilidad de que las nuevas muestras (residuales de presión) pertenezcan a cada clase de fuga. Antes de obtener la muestra se tiene una estimación "a priori" de dicha pertenencia; luego, esta estimación se mejora o refina cuando están disponibles las nuevas muestras, calculando una probabilidad "a posteriori" con la evidencia que representan los nuevos residuales de presión.

Durante el entrenamiento, las muestras etiquetadas se usan para modelar cada clase de fuga mediante una función de probabilidad. Luego, durante la predicción, se estima la probabilidad de que cada nueva muestra pertenezca a las diferentes clases de fuga evaluando cuán compatible es esa muestra con la función de probabilidad de cada clase. La forma de calcular las probabilidades varía según el clasificador utilizado, destacando los métodos del *clasificador bayesiano ingenuo* y de *discriminante lineal*. En otros clasificadores, como el de los *vecinos más cercanos (k-NN)* y los *árboles de decisión*, también se realiza una estimación de la clase a la que pertenece cada muestra por la similitud que presentan con las muestras etiquetadas del conjunto de entrenamiento, aunque no necesariamente se construye un modelo de probabilidad para cada clase (Martínez & Martínez, 2007).

Considerando que la localización de las fugas se realiza clasificando residuales de presión (o las direcciones de esos residuales), la efectividad o desempeño del sistema se mide por la fracción de muestras de validación clasificadas correctamente, lo que se denomina *exactitud* ("ACC", del inglés *accuracy*) del clasificador, o bien, por las *pérdidas* (LOSS) o *error de clasificación*, es decir, la fracción de muestras mal clasificadas, "LOSS"=1-"ACC" (Grandini et al., 2020).

Resultados y discusión

Se probaron cuatro algoritmos de clasificación: discriminante lineal, clasificador bayesiano, árbol de decisión y clasificador por vecinos cercanos (k -NN). Estos clasificadores fueron entrenados y validados usando conjuntos de datos obtenidos tanto en condiciones normales de operación como en diversos escenarios de fuga.

La metodología se probó en dos casos de estudio. El primer caso es una red hidráulica prototipo ubicada en el Laboratorio de Hidroinformática del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez, que se muestra en la Figura 1. Se trata de una red construida con tubos de PVC de 2 pulgadas organizada en dos niveles con forma de serpentina, abarcando unos 200 metros de tubería, la cual contiene válvulas que pueden abrirse para simular fugas. El flujo se impulsa mediante una bomba rotodinámica que recircula el agua desde y hacia un tanque de almacenamiento. En diferentes puntos de la red están colocados 4 sensores/transmisores de caudal y 8 sensores/transmisores de presión cuyas mediciones pueden obtenerse en forma local o remota mediante protocolo Modbus TCP/IP.

En este caso, los conjuntos de datos (con fuga y sin fuga) usados para entrenamiento y validación abarcaron diferentes puntos de operación. Para ello, se hizo un barrido de la potencia de bombeo mediante un variador de frecuencia, siempre manteniendo el flujo dentro del régimen turbulento. Se indujeron fugas de diferente magnitud mediante válvulas de descarga en cuatro puntos diferentes de la red prototipo. Las fugas fueron localizadas (i.e., clasificadas) correctamente con un 100% de exactitud mediante los cuatro algoritmos de clasificación utilizando las direcciones d_i como predictores, para caudales de fuga a partir de 0.2 litros por segundo. Sin embargo, la clasificación sólo fue correcta en un 83% cuando se usaron directamente los residuales r_i como predictores, para los mismos caudales de fuga. En la Figura 2 se muestra una captura de pantalla del programa de localización de fugas por clasificación, detectando fugas en tres zonas de la red piloto. En esa figura, los medidores de flujo evidencian la diferencia entre los caudales de entrada y salida de la red (es decir, evidencian la fuga) sólo para efectos demostrativos, porque esas mediciones de caudal no son utilizadas en el algoritmo de clasificación.

El análisis de los resultados en este caso de estudio demostró que el caudal mínimo de fuga detectado correctamente con los diferentes algoritmos de clasificación es casi comparable a la precisión que tienen los sensores de caudal



Figura 1. Red hidráulica del Laboratorio de Hidroinformática.



Figura 2. Prueba de localización de fugas en tiempo real.

instalados en el laboratorio (cuyas mediciones no se usaron en el algoritmo de localización de fugas). Por ello, el análisis de los residuales de presión mediante clasificadores permite indirectamente detectar fugas como si las diferencias de caudales estuvieran siendo medidas.

El segundo caso de estudio es una red de distribución de agua a escala real, de la ciudad de Hanoi, en Vietnam, mostrada en la Figura 3. En este caso, los datos fueron sintéticos, obtenidos mediante simulación con el programa EPANET a partir de su modelo hidráulico, el cual ha sido ampliamente utilizado en otras investigaciones sobre gestión del agua potable.

El modelo simplificado de esta red contiene 31 nodos de unión o puntos de consumo, 34 líneas de tubería y un reservorio con elevación de 100 metros (Fujiwara & Khang, 1990).

Los conjuntos de datos para prueba y validación se construyeron simulando fugas de diferentes magnitudes en cada nodo de la red, y los datos se etiquetaron asignando una clase por cada nodo, de modo que los clasificadores se entrenaron para reconocer 31 ubicaciones probables de fuga. En la Tabla 1 se muestran los errores de clasificación obtenidos con los diferentes algoritmos clasificadores, primero usando los residuales r_i como predictores, y luego usando las direcciones d_i de esos residuales. La métrica de error se calculó dividiendo el número de clasificaciones erróneas entre el número total de pruebas realizadas, para cada combinación de método y predictores.

Los resultados en la Tabla 1 muestran que los árboles de decisión y los clasificadores k -NN basados en las direcciones de los residuales (predictores d_i) localizaron las fugas con una exactitud significativamente mayor que los otros métodos de clasificación. Para las mejores combinaciones de método y predictores, el error es cercano a 0.004, lo que corresponde a sólo cuatro clasificaciones erróneas por cada mil pruebas, es decir, que 996 de cada 1000 intentos de localización de fugas fueron exitosos ubicando la fuga en la posición correcta de la red. En este caso de estudio los clasificadores se entrenaron con datos sintéticos ideales obtenidos por simulación, pero durante la validación se agregó ruido gaussiano con SNR de 60 dB a las presiones para evaluar el desempeño del sistema en condiciones similares a las pruebas de campo.

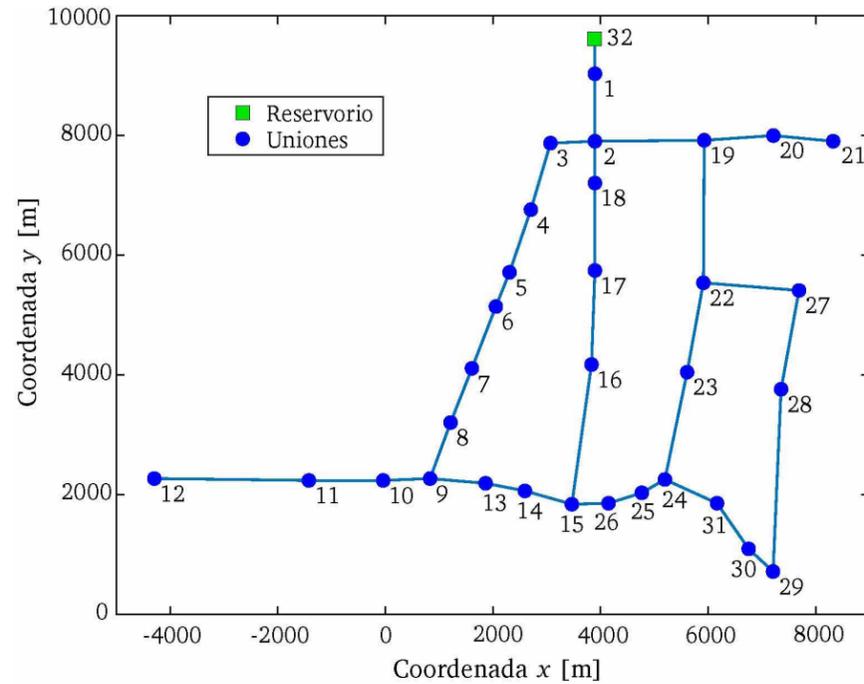


Figura 3. Red de Hanoi, Vietnam.

Método	Predictores r_i	Predictores d_i
Bayesiano	0.81935	0.00645
Discriminante lineal	0.76129	0.02000
Clasificador k -NN	0.49548	0.00387
Árbol de decisión	0.71161	0.00387

Tabla 1. Errores de clasificación con diferentes métodos y diferentes predictores.

Conclusiones

Se presentó una propuesta para detectar y localizar fugas mediante clasificación por aprendizaje supervisado. La investigación demostró que los clasificadores basados en residuales de presión ofrecen un enfoque prometedor para la detección y localización de fugas en redes de distribución de agua, especialmente cuando se utilizan las direcciones de los residuales como variables predictoras. Esto representa un avance significativo en términos de precisión y eficiencia, con potencial para mejorar sustancialmente la gestión del agua potable.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México (TecNM) y al CONAHCYT por haber apoyado la investigación. El trabajo se desarrolló en el marco de la Red Internacional de Control y Cómputo Aplicados (RICCA).

Referencias

- OECD. (2016). Water governance in cities, *OECD studies on Water*.
- Aitken, J. M., Evans, M. H., Worley, R., Edwards, S., Zhang, R., Dodd, T., & Anderson, S. R. (2021). Simultaneous localization and mapping for inspection robots in water and sewer pipe networks: A review. *IEEE Access*, 9, 140173-140198.
- Hu, Z., Tariq, S., & Zayed, T. (2021). A comprehensive review of acoustic-based leak localization method in pressurized pipelines. *Mechanical systems and signal processing*, 161, 107994.
- Puig, V., Ocampo-Martínez, C., Pérez, R., Cembrano, G., Quevedo, J., & Escobet, T. (Eds.). (2017). *Real-time monitoring and operational control of drinking-water systems*. Cham: Springer International Publishing.
- Pudar, R. S. & Liggett, J. A. (1992). Leaks in Pipe Networks. *Journal of Hydraulic Engineering*, 118(7):1031-1046.
- Berglund, A., Areti, V. S., Brill, D., & Mahinthakumar, G. K. (2017). Successive Linear Approximation Methods for Leak Detection in Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 143(8):04017042.
- Blocher, C., Pecci, F., & Stoianov, I. (2020). Localizing Leakage Hotspots in Water Distribution Networks via the Regularization of an Inverse Problem. *Journal of Hydraulic Engineering*, 146(4):04020025.
- Sanz, G. & Pérez, R. (2015). Sensitivity Analysis for Sampling Design and Demand Calibration in Water Distribution Networks Using the Singular Value Decomposition. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 141(10):04015020.
- Sanz, G., Pérez, R., Kapelan, Z., & Savic, D. (2016). Leak Detection and Localization through Demand Components Calibration. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(2):04015057.
- Casillas, M. V., Garza-Castañón, L. E., & Puig, V. (2013). Extended-horizon analysis of pressure sensitivities for leak detection in water distribution networks: Application to the Barcelona network. En *2013 European Control Conference (ECC)*, páginas 401-409.
- Casillas, M. V., Garza-Castañón, L. E., Puig, V., & Vargas-Martínez, A. (2015). Leak signature space: An original representation for robust leak location in water distribution networks. *Water*, 7(3):1129-1148.
- Sousa, D. P., Du, R., Mairton Barros da Silva, J., Jr, Cavalcante, C. C., & Fischione, C. (2023). Leakage detection in water distribution networks using machine-learning strategies. *Water Supply*, 23(3), 1115-1126.
- Santos-Ruiz, I., López-Estrada, F. R., Puig, V., Valencia-Palomo, G., & Hernández, H. R. (2022). Pressure sensor placement for leak localization in water distribution networks using information theory. *Sensors*, 22(2), 443.
- Eliades, D., Kyriakou, M., Vrachimis, S., & Polycarpou, M. (2021). OpenWaterAnalytics Epanet-Matlab Toolkit. *MathWorks File Exchange*.
- Mohammed, E. G., Zeleke, E. B., & Abebe, S. L. (2021). Water leakage detection and localization using hydraulic modeling and classification. *Journal of Hydroinformatics*, 23(4), 782-794.
- Santos-Ruiz, I., Blesa, J., Puig, V., & López-Estrada, F. R. (2020). Leak localization in water distribution networks using classifiers with cosenoidal features. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 16697-16702.
- Martínez, W. L., & Martínez, A. R. (2007). *Computational Statistics Handbook with MATLAB, Second Edition*. Chapman & Hall/CRC Computer Science & Data Analysis.
- Grandini, M., Bagli, E., & Visani, G. (2020). Metrics for multi-class classification: an overview. *arXiv preprint arXiv:2008.05756*.
- Fujiwara, O., & Khang, D. B. (1990). A two phase decomposition method for optimal design of looped water distribution networks. *Water Resources Research*, 26(4), 539-549.



Superar el corypaste: Experiencias alternativas en el uso de **redes sociodigitales en comunicación intercultural en la UNICH**

Luis Fernando Bolaños Gordillo¹ y Laura Isabel García Cruz²

¹Centro de Estudios Superiores de México y Centroamérica de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

²Universidad Autónoma de Chiapas

Resumen

Esta investigación tuvo como principal objetivo determinar si el uso de las redes sociodigitales puede incidir en la disminución de los índices de copy paste, problemática bastante arraigada y visible en el nivel educativo superior. Este artículo comparte una experiencia de corte experimental en dos semestres de trabajo con estudiantes de la décimo quinta generación de la Licenciatura en Comunicación Intercultural de la UNICH en los semestres agosto-diciembre de 2022 y enero-julio de 2023, en los que se promovió un uso alternativo con enfoque crítico de los recursos digitales para evitar el copy paste. Estas acciones se implementaron en las asignaturas Procesos culturales e interculturalidad, y Comunicación Intercultural, de primer y segundo semestre de dicha licenciatura, respectivamente, donde las y los estudiantes comenzaron a entregar sus trabajos en videos en Tik Tok o Youtube, en narraciones de audio en formato Mp3, en podcasts o en ensayos fotográficos, todo esto con el objetivo de determinar si esta manera de trabajar lograba ser eficaz para disminuir los índices de plagio. Nuestro trabajo no se basó en determinar las motivaciones para hacer copy paste, sino analizar las experiencias de las y los estudiantes para entregar sus tareas a través de esas plataformas y recursos digitales. En esa escala temporal, se promovieron estrategias para fomentar una actitud ética en la entrega de trabajos escolares, y un sentido creativo para desarrollar contenidos encaminados a la obtención de aprendizaje significativo dentro de la comunicología.

La base de esos nuevos contenidos fueron las antologías correspondientes a cada asignatura y los participantes desarrollaron su capacidad de comprensión, de análisis y de argumentación para dar paso a enfoques más novedosos. Los conocimientos recopilados fueron abordados y fortalecidos en un grupo focal llevado a cabo el 31 de mayo de 2023 en el que los estudiantes compartieron sus experiencias.

Palabras claves: Proxemia, coréutica, pisadas tradicionales, danza de parachicos, patrimonio cultural inmaterial.

Abstract

The main objective of this research was to determine if the use of socio-digital networks can influence the reduction of copy paste rates, a problem that is quite deep-rooted and visible at the higher educational level. This article shares an experimental experience in two semesters of work with students of the fifteenth generation of the Bachelor's Degree in Intercultural Communication at UNICH in the semesters August-December 2022 and January-July 2023, in which a alternative use with a critical approach to digital resources to avoid copy paste. These actions were implemented in the subjects Cultural processes and interculturality, and Intercultural Communication, in the first and second semester of said degree, respectively, where the students began to submit their work in videos on Tik Tok or YouTube, in audio narrations in Mp3 format, in podcasts or in photographic essays, all of this with the aim of determining if this way of working was effective in reducing plagiarism rates. Our work was not based on determining the motivations for copy pasting, but rather analyzing the experiences of students to submit their assignments through these digital platforms and resources. On this time scale, strategies were promoted to foster an ethical attitude in the delivery of school work, and a creative sense to develop content aimed at obtaining meaningful learning within communicology.

The basis of these new contents were the anthologies corresponding to each subject and the participants developed their capacity for understanding, analysis and argumentation to give way to more innovative approaches. The knowledge collected was addressed and strengthened in a focus group held on May 31, 2023 in which students shared their experiences.

Keywords: *Copy paste, sociodigital networks, intercultural communication, plagiarism.*

Introducción

El presente artículo comparte nuestras experiencias como docentes para enfrentar una problemática compleja en la educación superior en general: el copy paste; práctica derivada de la facilidad con la que se puede encontrar información en la internet. Esto propicia que los estudiantes copien y peguen información sin comprender el contenido de lo que presentan, lo cual no solo es una complicación ética sino cognitivo. No pretendimos analizar la prevalencia del ciberplagio o las motivaciones de aquellos que llevan a cabo cotidianamente esta práctica, sino trazar algunas aproximaciones tras impulsar en el grupo muestra el uso de las redes sociodigitales para fortalecer la capacidad de argumentación y la promoción de actitudes creativas e innovadoras para abordar los contenidos de las materias de asignaturas relacionadas con la comunicología. No todos los estudiantes copian y pegan por igual la información en sus trabajos, esto puede ir de uno a varios párrafos, incluso cuartillas; pero estamos ante una problemática de carácter ético que impregna sobremanera a lo cognitivo, por ello es importante elaborar colectivamente estrategias alternativas para que los estudiantes trabajen de formas distintas con herramientas que les sean atractivas. Soto (2012) afirma que “a nivel académico es muy común que los estudiantes utilicen este método para tratar de obtener mejores calificaciones o terminar de forma más rápida una asignación dada” (p.6); sobre esta problemática Sureda y Comas (2009) sostienen:

Y es que en los años noventa, asociado al primer boom tecnológico y a la incipiente penetración de los ordenadores personales e Internet en los hogares y lugares de trabajo, y gracias a las características de estos nuevos medios (gran facilidad para localizar, almacenar y tratar información, especialmente a través de los procesadores de texto), se constató el florecimiento de una novedosa forma de copiar obras ajenas presentándolas como propias: el ciberplagio (p. 199).

Nuestra intención como docentes en el nivel superior fue la de re-pensar esta problemática y con base en las características de las redes sociodigitales, diseñamos desde mediados del año 2022 un proyecto experimental encaminado a determinar hasta dónde esas herramientas podrían ser eficaces para enfrentar el copy paste y promover la comprensión de los contenidos, la creatividad y la capacidad de argumentación. Para tal efecto, motivamos a los estudiantes del grupo muestra a entregar tareas en video (intervenciones en modo selfie en Tik Tok o Youtube), a narrar sus interpretaciones en audio en formato MP3 o entregar ensayos fotográficos, aunque esto último fue elegido por unos cuantos.

Pareciera que implementar estrategias relacionadas con el uso de plataformas y redes sociodigitales sería reproducir un enfoque colonialista propio de las tradiciones eurocéntricas o norteamericanas, y por ello siempre nos pareció significativo enaltecer en todo momento el pensamiento crítico de los estudiantes que aceptaron participar en este proyecto. De igual manera, se consideró importante robustecer el análisis de toda la información y mencionar a las fuentes. Uno de los referentes que fortaleció nuestro abordaje fue el de Puello (2023), quien se expresa así sobre el uso didáctico de las redes sociodigitales:

Es por ello, que nace la necesidad de abordar una estrategia pedagógica innovadora que permita mejorar tales dificultades, haciendo uso de las TIC, en este caso las redes sociales Tik- Tok y Facebook, precisamente porque son estas a las que tienen mayor acceso los estudiantes, pero además se comportan como herramienta facilitadora en el proceso de enseñanza- aprendizaje, posibilitando escenarios que apoyen situaciones significativas (p.20).

Queremos destacar que desde los años sesenta del siglo pasado ha proliferado información acerca de las ventajas de la tecnología y por eso nuestro interés se centró en determinar cómo los estudiantes pueden reforzar o no sus aprendizajes al procesar y compartir contenidos con esas herramientas, incluso con sus dispositivos móviles.

A continuación, exponemos cómo se diseñó y derivó este proceso.

1.Diseño metodológico

Esta investigación de corte experimental se llevó a cabo con 30 estudiantes de la décimo quinta generación de la licenciatura en Comunicación Intercultural de la Universidad Intercultural de Chiapas, órgano descentralizado del Gobierno del Estado, perteneciente a la Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe de la SEP. La escala temporal de este proceso experimental inició en el semestre Agosto-diciembre de 2022, y culminó en el semestre enero-Julio de 2023.

Este fue un trabajo de corte empírico debido a que el tema aún está en un campo de estudio novedoso; nuestra intervención se hizo con el grupo de segundo semestre de la licenciatura en Comunicación Intercultural, y buscamos determinar hasta qué punto el uso de esas plataformas y redes sociodigitales es una alternativa para exteriorizar la comprensión de los contenidos de una asignatura. Sierra, Bueno y Monroy (2016) exponen que “los nuevos modelos didácticos de enseñanza, en los que se tiene en cuenta las nuevas tecnologías y los medios de comunicación para mejorar el aprendizaje suponen nuevas funciones de los educadores dentro del aula de clase en cada institución educativa” (p. 54). Para fortalecer el abordaje revisamos el estado de la cuestión sobre el uso didáctico de las plataformas digitales, y destaca la experiencia de Puello (2023) quien es un parteaguas de este tipo de enfoques en Latinoamérica:

De hecho, las redes sociales han cambiado la forma como se relaciona y se comunica el individuo, causando que en algunos casos las personas interactúen más con sus semejantes bajo estos medios que en forma física, por consiguiente, se pretende aprovechar la afinidad y los procesos de

comunicación que los estudiantes han asimilado para que con el uso de las dinámicas que ofrecen las redes sociales se pueda gestar actitudes críticas, basadas en argumentos o razones que permitan defender una idea o cambiar la perspectiva propia o la de los demás (p.12).

Castillejos (2021) cita a Edwards (2021, p. 6) quien se expresa así de su experiencia en el uso didáctico de Tik Tok: “entre los hallazgos se obtiene que esta plataforma usada con fines educativos puede abonar a las mejoras de las competencias del estudiante y acercarse a las demandas del mercado laboral actual”. Por ello nos pareció importante realizar este tipo de estudios relacionados con los aprendizajes con herramientas digitales, para determinar si esas experiencias brindan mayores capacidades de comprensión, análisis, argumentación o de expresión de los estudiantes, sin caer en enfoques colonialistas.

Con base en los aportes de Puello (2023) uno de los ejes de análisis de este estudio fue determinar si las plataformas y redes sociodigitales pueden erigirse como herramientas alternativas para “el fortalecimiento de la competencia argumentativa; donde el estudiante sea capaz de pensar, criticar, reflexionar, interpretar, deducir y desarrollar muchas operaciones mentales más” (p.14); Ruiz, Ruiz e Hinojosa (2020) sostienen:

Nos encontramos con la apasionante y creativa tarea de desarrollar una estrategia de aprovechamiento pedagógico de esta herramienta que, en modo alguno, se ha pensado para su uso en un proceso orgánico de aprendizaje, pero que sin duda puede atesorar una enorme potencialidad en este aspecto, sobre todo en una sociedad tan mediada por la imagen como la que hoy en día vivimos (p.3).

Así mismo, con base en los aportes de López y López (2017) el segundo eje se orientó a analizar si el uso de estos recursos digitales sigue correspondiendo a estrategias alejadas de cuestiones de reflexión, crítica y análisis que forman parte de enfoques tradicionales y colonialistas; los autores, que tienen más recorrido en este tema, exponen:

En general, los jóvenes coincidieron que a partir del uso de las redes sociales digitales han sufrido transformaciones: cambios tanto “positivos” como “negativos”. Por un lado, mencionaron que facilitan la comunicación, la recepción y el envío de información, divulgación de contenidos, incluso hacen mención de los costos, los cuales son más baratos si son comparados con las tarifas de años anteriores, etcétera. Por otro lado, además de la pérdida de tiempo, comentaron que han dejado de hacer actividades que antes solían hacer cotidianamente, como leer o tratar a las personas cara a cara, ahora enfocan su atención en las redes sociales para ver “qué es lo que hay” (p.34). López y López (2017) agregan:

La mayoría de los jóvenes reconocieron en las redes sociales digitales una herramienta de gran utilidad en el espacio escolar, más de la mitad de la población juvenil está de acuerdo con diversas afirmaciones: les permiten realizar sus tareas en equipo en cualquier tiempo y espacio; mejoran la comunicación con sus compañeros; les permiten hacer tareas más creativas y dinámicas; les ahorran tiempo para hacer sus trabajos escolares (p.39).

En este orden de ideas, nosotros buscamos

que los estudiantes superaran el copy paste a través de los siguientes pasos:

Primero. Leer los contenidos de las antologías de sus asignaturas con sus propios ritmos y estilos empleando mapas conceptuales, mapas mentales y otras técnicas visuales. En este sentido, no hubo ninguna impostura de nuestra parte.

Segundo. Retroalimentar los contenidos colectivamente en el salón de clases y escribir guiones para expresar posteriormente sus interpretaciones y argumentos.

Tercero. Utilizar las redes sociodigitales ya mencionadas para compartir con estilo propio los contenidos en primera persona, expresarse con originalidad y utilizar con creatividad los recursos digitales en sus computadoras o dispositivos móviles.

Para fortalecer el análisis de esta experiencia se realizó un grupo focal el 31 de mayo de 2023 donde cinco estudiantes aceptaron colaborar. Benavides, et al (2022) afirman que “bajo este supuesto, el grupo focal implica un proceso de construcción colectiva de conocimientos y significados que se hacen presentes a partir de la conversación y la interacción” (p.175). En esta actividad hicimos cuatro preguntas encaminadas a abrir procesos intersubjetivos en los que los estudiantes respondieron de manera libre, espontánea y con base en sus experiencias. Sobre esta técnica de investigación, Tomat (2012) expone:

La flexibilidad del grupo focal o grupo de discusión deriva de la posibilidad de utilizarlo como método cualitativo por sí solo o combinado con técnicas cuantitativas en un proyecto de métodos combinados, es lo que, según Wilkinson (2004) le ha conferido popularidad y difusión. Puede ser utilizado tanto en etapas preliminares o exploratorias de un estudio como en sus fases finales para evaluar el impacto o producir nuevas líneas de investigación, siendo a la vez útil para evaluar, desarrollar o complementar algún aspecto específico (p.4).

El grupo focal abarcó dos ejes de análisis: el primero se orientó a indagar si entregar tareas escolares en plataformas y redes sociodigitales es eficaz o no para enfrentar al copy paste, el segundo se enfocó a analizar los pros y contras del empleo de estas tecnologías, tomando en consideración factores de accesibilidad, tipo de equipos que se utilizan o factores asociados a la brecha tecnológica.

2.La experiencia con las y los estudiantes de la UNICH

La información que da pie a este artículo es fruto de nuestras experiencias docentes en los semestres agosto-diciembre de 2022, y enero-junio de 2023, en las asignaturas Procesos culturales e interculturalidad, y Comunicación intercultural, correspondientes al primer y segundo semestre de la licenciatura en Comunicación Intercultural, respectivamente. El tema del copy paste impregna al nivel superior en general y la mayor parte del grupo con el que trabajamos entregaba sus tareas –individuales o grupales- con fuentes y autores que no eran citados correctamente. En esta tesitura, detectamos que muchos de los trabajos tenían una “excelente” redacción, lo cual indicaba que no correspondían con las características de estudiantes de recién ingreso que traen consigo errores de redacción y de sintaxis.

Por esta razón decidimos llevar a cabo un

proceso experimental con esa generación de comunicólogos y el primer paso fue exponer al grupo que iba en ese entonces en primer semestre nuestra intención de invitarlos a sumarse a la construcción de estrategias alternativas que al fin y al cabo forman parte de los medios de comunicación y la creación de contenidos, que es algo que les atrae profesionalmente. Así mismo, respetando los objetivos de creación de esta universidad, así como los lineamientos de la Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe de la SEP, nos dimos a la tarea de que los enfoques serían respetuosos de la biodiversidad cultural y lingüística de los pueblos originarios de Chiapas, y que también fueran sustanciales para la vinculación comunitaria, la equidad de género y la revitalización de los idiomas originarios; por esos motivos nos alejamos de los enfoques de una investigación de corte colonialista.

En este sentido, fue importante retomar el trabajo de Flores y Navarro (2020) quienes citan a Bidwell (2016, p.13) quien propone que “el diseño de prototipos desde una perspectiva de-colonial en tanto que, al tenerse una formación opuesta a los sistemas de conocimiento indígena y completamente occidental, los diseños suelen estar permeados en su totalidad de esta formación, lo que limita la propuesta de diseños más apegados al contexto indígena”.

Un paso previo a este trabajo experimental fue fomentar la lectura a través de estrategias como la elaboración de mapas conceptuales, mapas mentales o leer en voz alta en el salón de clases, para poder pasar así a la entrega de piezas en videos, audios o fotografías. Una de las tareas que comenzó a levantar el interés de los estudiantes cuando iban en primer semestre fue grabar por equipos de trabajo un video en modo selfie que narrara su interpretación del artículo Territorio, cultura e identidades: la región socio-cultural, escrito por Gilberto Giménez.

Los videos entregados por los estudiantes mostraron intentos de parafrasear los aspectos centrales del artículo y lo novedoso es que algunos se animaron a externar su propia interpretación, lo cual aumentó su seguridad para trabajos posteriores. Esto fue sustancial para fortalecer su capacidad de argumentación, pero aun había problemas relacionados con la costumbre de memorizar y hubo quienes reconocieron que no comprendieron a cabalidad el texto. En esa entrega hubo cierto nerviosismo debido a que tenían que contar en primera persona la interpretación del tema y argumentarla verbalmente; y al preguntar al grupo sobre su experiencia, algunos dijeron que fue algo “pesada” porque el producto no quedó a la primera, que tuvieron que grabarlo una y otra vez hasta que quedaran satisfechos. De hecho, la lectura de este artículo y la elaboración de la pieza en video llevó aproximadamente mes y medio. Esto nos motivó a comparar nuestra experiencia con la de Puello (2023, p.24):



De acuerdo con lo anterior, con la incorporación de las TIC y el uso de redes sociales se puede gestar proyectos que generen en los estudiantes un hábito crítico-reflexivo el cual puede generar ambiente polémico de nuevas ideas en el aula, así como también enriquecer el proceso de enseñanza aprendizaje, el uso de redes como Tik Tok y Facebook permitirá masificar estas iniciativas de maneras más activa, generando en el estudiante un interés adicional por su proceso académico ayudando a fortalecer su capacidad de razonamiento y explicación de las afirmaciones que realiza.

Esta dinámica de trabajo continuó con las lecturas de ciertas partes del libro México Profundo de Guillermo Bonfil Batalla, del que se desprenden temas relacionados con la identidad nacional, la diversidad lingüística, la autonomía, la revitalización de los idiomas originarios, los sistemas de justicia indígena, entre otros, que

fueron reinterpretados y luego procesados en audio y video. Algunos equipos de trabajo crearon también algunas historias en teatro guiñol que fueron recreadas en escenarios diseñados por ellos y filmadas con sus dispositivos móviles; algunos se animaron a escribir radio cuentos con duración que iban desde los dos hasta los cinco minutos, que fueron grabados en la cabina de Radio UNICH.

Trabajar de esta forma alejó a la mayor parte del grupo muestra del copy paste y los motivó a interesarse por leer, ser más creativos y colaborativos; un factor que a nuestro juicio es vital para lograr esta meta es el acompañamiento del docente, quien debe de estar tanto en el proceso de lecturas como en la elaboración de las piezas audiovisuales. Ruiz (et al 2020) sostienen:

Creemos que superada ya la fase de rechazo de estos nuevos hábitos de uso de las TIC, es el momento de que desde la Universidad se tome

en consideración su inclusión en las rutinas cotidianas del proceso de aprendizaje, como una oportunidad más de nutrirlo, además de someter estas herramientas al escrutinio con el fin de conseguir que trascienda su estadio básico de uso de consumo, hacia uno más productivo. Estamos convencidos que su empleo guiado puede devenir en una herramienta que implemente la interacción con el alumnado. Es una estrategia operativa para tomar elementos cotidianos de los estudiantes, de cara a capturar su atención, moverles a la participación y hacer de la relación enseñanza/aprendizaje una actividad más atractiva, motivadora y enriquecedora (p.5)

Una ventaja para lograr lo anterior es que la totalidad de estudiantes posee un dispositivo móvil y las limitaciones fueron más de corte subjetivo en el sentido de leer a fondo un texto (acto al que no estaban acostumbrados), reinterpretarlo, escribir en un guion su interpretación, argumentar su exposición y platicar su contenido en primera

de trabajo no entregaran resúmenes, síntesis o trabajos llenos de copy paste; la fotografía, pese a no ser el recurso más elegido, permitió caracterizar a sus comunidades de vinculación y analizarlas con apoyo de ese libro. Cada equipo de trabajo expuso en Power Point las fotografías y platicó en primera persona su experiencia, donde resaltó el factor expuesto por Puelló (2023, p.44):

Así, por medio de estos niveles, es posible diagnosticar y analizar el proceso de los estudiantes, medir el desarrollo de su capacidad argumentativa, sirviendo como indicadores del avance o no en su capacidad de argumentar. Para el caso es necesario reconocer que, este tipo de elementos permiten en el caso de la estrategia aplicada evidenciar el impacto de esta, y la especificación de las condiciones en las que inicia su aplicación.

Algunos factores que los participantes tuvieron que enfrentar fue el de no estar acostumbrados al hábito de lectura, comprender los textos, darse tiempo para reinterpretarlos y otros de carácter exógeno como el trabajar después de salir de la universidad o no tener un ambiente propicio para estudiar en casa.

El 31 de mayo, después de la conclusión del segundo semestre se realizó un grupo focal con cinco estudiantes que espontáneamente decidieron participar. La primera pregunta versó sobre el papel de las nuevas tecnologías en la formación de comunicólogos y, en este sentido, Carlos Gómez Gamboa, expresó que "el papel de la tecnología actualmente nos ha trasferido las formas en que nos relacionamos y actuamos, y pueden influir en nuevas formas de entregar las tareas". Nicole Alcázar López, reconoció que las TICs son un gran apoyo ante lo difícil que es conseguir información y apuntó que "antes era buscar el libro para escribir el artículo de nuestro interés; ahora la desventaja de las TICs es que pueden volvernos flojos para leer o salir a hacer nuestras entrevistas".

De acuerdo a los comentarios, la diferencia para entregar tareas hechas por ellos o copiadas de cierto tipo de páginas es la actitud, la cual tiene que ver con las historias de vida de cada estudiante en su relación con los hábitos de lectura, de investigación de referencias bibliográficas y electrónicas, así como de procesarlas para su presentación por escrito, lo cual es un asunto complejo porque ahí entran en juego sus profesores. Para Karla Paola Águeda Hernández, el uso de esas tecnologías es hasta cierto punto beneficiosa, pero no todos tienen acceso por igual a estas, ya que "debido a la brecha tecnológica, no todos tenemos esos medios"; sin embargo reconoció que para muchos es tentador copiar y pegar información para ahorrar tiempo y esfuerzo.

Por su parte, Alondra Figueroa López, externó que "la tecnología en su conjunto nos puede servir como un medio de comunicar y transmitir lo que hacemos en la universidad, lo que hacemos en vinculación comunitaria, pero realmente no estamos aprovechando esas condiciones". Valeria Mijangos Velasco, puntualizó que "básicamente son una herramienta, pero no debe ser la principal para el ejercicio de las labores académicas". Entonces, la enseñanza obtenida de las experiencias de los estudiantes en este proceso, es que las TICs son solo una herramienta, más no la fuente primaria de la información que se busca para hacer las tareas.

La puesta en marcha de este tipo de estrategias permitiría traspasar la condición colonialista que se manifiesta en la dependencia hacia los dispositivos electrónicos.

En este orden de ideas, el copy paste es una manifestación del colonialismo digital a través de la facilidad con la que se obtiene la información y este no puede explicarse sin mencionar la apatía y desinterés de ciertos docentes hacia el tema. En mesa de trabajo, se puso en el centro de la discusión el hecho de que ciertos profesores no leen los trabajos, solamente rubrican e incluso los materiales didácticos que utilizan en el salón de clases, como archivos Power Point, también son "extraídos" de otros autores.

La siguiente pregunta versó sobre las ventajas y desventajas de trabajar con recursos digitales. Respecto a ciertas ventajas en el uso de estos dispositivos para entregar tareas con mayor autenticidad y expresión propia, Valeria Mijangos Velasco precisó que "trabajar de esta forma facilita la expresión y la vinculación, y que hay que entender estos formatos, pero los tiempos son muy cortos, no hay espacios para reflexionar con profundidad"; para Carlos Gómez Gamboa, este tipo de experiencias permite "comprender mejor la retroalimentación, ya que compartir en redes este tipo de proyectos acelera los trabajos, los mejora y los hace efectivos, pero depende de la calidad de los trabajos y de la información que se presenta". Karla Paola Águeda, manifestó que lo "importante es la vinculación desde los contenidos, porque expresarte en plataformas como Tik Tok o Youtube facilitan la vinculación con otras personas y que eso ha permitido a muchos tiktokers o youtubers darse a conocer no solo para entretener sino para muchas cosas más como educar o generar conciencia social".

Alondra Figueroa reconoció que el historial de búsqueda individual de cada usuario muestra cuáles son las formas de usar estos medios, pero que al final de cuentas depende de cada uno el uso que les dará; y para Nicole Alcázar el producto terminado se convierte en "una forma de archivar nuestras experiencias, y va a llegar a otras personas que podrían interesarse en los trabajos". En este punto hubo cierto consenso en cuanto a que en el uso de estas plataformas digitales no todo es entretenimiento, que trabajar bajo esta perspectiva puede fortalecer la creación de contenidos encaminados a fortalecer, por ejemplo, los procesos de vinculación comunitaria, y motivar la presentación de estos contenidos a un público más amplio.

En esta tesitura, Carlos Gómez Gamboa remarcó que con esto "existe la oportunidad de interactuar con gente de otras culturas y esto fomentaría una comprensión intercultural y ampliaría nuestra visión del mundo". Sin embargo, también hubo un consenso en cuanto



a que la mayoría de la gente prefiere divertirse o entretenerse en las redes sociodigitales que sacar un provecho educativo. “Eso también es desmotivante, ya que la mayoría de los jóvenes prefiere ver reels con situaciones cómicas que aprender”, recaló Nicole Alcázar. Esto lo relacionamos con los aportes de Puella (2023), quien sostiene:

De esta manera, el proceso de enseñanza y aprendizaje resulta favorecido e interesante, puesto que permite el trabajo colaborativo, motiva las discusiones de tipo argumentativo, en la que los alumnos sean capaces de expresar sus opiniones con argumentos sólidos, del porqué siguen a “X” youtuber, por qué les gusta su contenido; entre otros aspectos interesantes y cotidianos para ellos (p.14).

Sobre las desventajas, Valeria Mijangos Velasco apuntó que producir trabajos dirigidos a un solo tipo de público podría generar estancamiento, y que esto “debe motivar a buscar muchas referencias encaminadas a ampliar los públicos; Tik Tok, por ejemplo, es instantáneo y fugaz, da poco tiempo para presentar un contenido amplio”; por su parte, Carlos Gómez Gamboa, precisó

que otra desventaja la representa la condición de cada red social que impone “seguir ciertos lineamientos para no afectar las políticas, si haces críticas te tumban el video, te ponen un strike, no puedes hablar de ciertas cosas, pero eso no significa que dejemos de señalar y visibilizar problemáticas comunes”. Para Nicole Alcázar la dependencia hacia el medio es una de las desventajas más importantes y que también ay que pensar permanentemente en estrategias de corte interpersonal para transmitir contenidos.

Esta experiencia expuso que con el acompañamiento adecuado los jóvenes se motivan a leer, demostrando así las capacidades que tienen para comprender y reinterpretar la información; esto confirma que el problema no solamente es de ellos, sino de los docentes, quienes deben de hacer una autocrítica para determinar si tienen las actitudes y aptitudes para aprovechar este enfoque. Además, en voz de los protagonistas de este trabajo, hay profesores que no planifican bien sus tareas, que no enseñan a citar correctamente, que no promueven el hábito de lectura o que no enseñan técnicas para la búsqueda de información en internet.

3. Consideraciones finales

Este proyecto experimental no pretende erigirse como fuente de verdad, solamente pretende compartir que un uso adecuado de la internet y de las redes sociodigitales puede contribuir a mejorar la capacidad de expresión y argumentación de los estudiantes tras la aprehensión de los contenidos. La diferencia también estriba en la motivación y acompañamiento que debe dar la parte docente para hacer un uso consciente del medio para no caer en enfoques superficiales o colonialistas. En esta tesitura, hace falta la autocrítica docente tanto para analizar la prevalencia del copy paste como para proponer estrategias novedosas, ya que generalmente se culpa a los estudiantes por esta práctica; habría que cuestionar en otros estudios si los docentes reproducen también alguna forma de plagio.

Trabajar de esta forma también ayudó a evitar la memorización de los contenidos, a expresarlos con espontaneidad y, principalmente, a exteriorizarlos conforme a los cánones comunicológicos. Estamos conscientes de que la sociedad está inmersa en una época donde las nuevas tecnologías, la internet o las redes sociodigitales forman parte de la cotidianidad y por eso promovimos una actitud crítica en los estudiantes para aprovechar al máximo dicha tecnología y traspasar las condiciones colonialistas.

Para nosotros fue significativo aprovechar la familiaridad que los estudiantes tienen con esos medios para fomentar actitudes críticas basadas en argumentos fruto de las lecturas previas a la producción de contenidos; como comunicólogos sabemos que los medios son alienantes, que son la contraparte del hábito de lectura, pero la experiencia obtenida mostró que se pueden tener grandes resultados combinando todos estos elementos. Es tiempo de nuevos enfoques y es necesario traspasar las tareas en Word llenas de copy paste, los estudiantes que tomaron parte en este proyecto experimental mostraron actitudes favorables para expresar sus interpretaciones oralmente, y esto muestra que es urgente crear espacios dirigidos a discutir y debatir temas comunicológicos llenos de argumentación.

Las redes sociodigitales son como una moneda, una de sus caras muestra la alienación y la otra la liberación; la capacidad argumentativa fue el elemento que salió más fortalecido porque permitió externar interpretaciones, explicaciones, puntos de vista, debatir, autoexigirse y, sobre todo, un ambiente de creatividad. Los procesos de enseñanza y aprendizaje resultaron favorecidos, debido al enfoque colaborativo que es al fin y al cabo una de las premisas de la educación intercultural; fue de esta manera como se combinaron el hábito de lectura y el uso de las tecnologías de la información para enfrentar el ciberplagio.

Referencias

- Benavides, Mario; Pompa; Laura; de Agüero, Mercedes; Sánchez, Melchor; y Rendón, Víctor (2022). Los grupos focales como estrategia de investigación en educación: algunas lecciones desde su diseño, puesta en marcha, transcripción y moderación. CPU-e. Revista de Investigación Educativa. Número 34 Universidad Veracruzana. México. <https://cpue.uv.mx/index.php/cpue/article/view/2793/4610>
- Castillejos, Berenice (2021). Ambivalencia en TikTok: aprendizaje permanente y riesgos de seguridad coexistiendo. IE, Revista de Investigación Educativa de la REDIECH. https://www.rediech.org/ojs/2017/index.php/ie_rie_rediech/article/view/1294
- Flores, Gloria y Navarro, Yadira (2020). Perspectivas de las investigaciones en torno al conocimiento indígena y las TIC: Un enfoque de-colonial. Revista Electrónica Educare. Número 2. Universidad de Costa Rica. <https://www.redalyc.org/journal/1941/194163269006/html>
- López, R. y López Flores, María. (2017). Uso de las Redes Sociales Digitales en el ámbito escolar universitario. Estudios ambda. Teoría y práctica de la Didáctica en Lengua y Literatura. 2(1) <https://doi.org/10.36799/el.v2i1.45>
- Morató, Yolanda (2012). Una reflexión necesaria sobre el plagio en el EEES. Revista UPD Innova. Universidad Pablo Olavide. Sevilla. España. <https://rio.upo.es/xmlui/bitstream/handle/10433/2807/113-223-1-SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Puello, Yenifer (2023). Tik Tok y Facebook como herramientas facilitadoras para el fortalecimiento de la competencia argumentativa en los estudiantes de 8º de la Institución Educativa Vista Hermosa de Soledad, Atlántico. Tesis. Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB Facultad de Ciencias Sociales, Humanidades y Artes. Maestría E-learning. Colombia. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/1919>
- Ruiz, Francisco; Ruiz, Lorea; Hinojosa, Mónica; y Maldonado, Mónica (2020). Uso de Instagram como herramienta de debate y aprendizaje. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Universidad de Málaga. <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/19673>
- Soto, Armando (2012). El plagio y su impacto a nivel académico y profesional. Revista E-Ciencias de la Información. Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información. Universidad de Costa Rica. Número 1. https://www.ugr.es/~plagio_hum/Documentacion/06Publicaciones/ART003.pdf
- Sierra Llorente, José; Bueno Giraldo, Isidro; Monroy Toro, Stella (2016). Análisis del uso de las tecnologías TIC por parte de los docentes de las Instituciones educativas de la ciudad de Riohacha. Revista Omnia, vol. 22, núm. 2. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73749821005.pdf>
- Sureda, Jaume; Comas, Rubén (2009). Las causas del plagio académico entre el alumnado universitario según el profesorado. Revista Iberoamericana de Educación. Número 50. <https://rieoei.org/historico/documentos/rie50a10.pdf>
- Tomat, Cabiria (2012). El “focus group”: nuevo potencial de aplicación en el estudio de la acústica urbana Athenea Digital. Revista de Pensamiento e Investigación Social. Vol. 12. Núm. Universitat Autònoma de Barcelona. España. <https://www.redalyc.org/pdf/537/53723279006.pdf>
- Universidad Nacional Autónoma de México (2018). Plagio y ética. <https://www.libros.unam.mx/plagioetica.pdf>

¿Los virus alteran la microbiota gastrointestinal humana?

Un nuevo punto de vista sobre la infección y transmisión del dengue

Leslie García-Gálvez^{a*}, R. Daniela Feregrino-Mondragón^b, Cesar Ivan Ovando-Ovando^{ab}, Rodolfo Del Carpio-Vidal^{ab}, Ricardo Jasso-Chávez^b, Víctor Manuel Ruiz-Valdiviezo^a, Betsy Anaíd Peña-Ocaña^a

^aLaboratorio de Biología Molecular, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
^bDepartamento de bioquímica, Instituto Nacional de Cardiología-Ignacio Chávez, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia

Resumen

El estudio de la microbiota gastrointestinal es vital para comprender los mecanismos y función de los microorganismos y como se ve afectada la diversidad y abundancia en presencia de enfermedades. Actualmente hay afecciones relacionadas con la microbiota gastrointestinal (MGI), pero la relación que puede haber entre la MGI con las causadas por virus no se ha estudiado a profundidad. Aunque no se puede evitar una afección causada por un virus, se pueden buscar alternativas para disminuir los efectos adversos. En este artículo se abordan la importancia de la microbiota y las enfermedades causadas por virus, especialmente el virus del dengue (DENV) que es uno de los más importantes en el estado de Chiapas.

Palabras clave: Microbiota gastrointestinal, enfermedades, virus, dengue, DENV

Abstract

The study of gut microbiota is crucially important to understand the mechanisms and the role of the microorganisms have and also how diversity and abundance are affected in presence of diseases. Currently many affections are related to gut microbiota, however, the relation between diseases caused by virus and gut microbiota has not been deeply studied, although an affection caused by virus cannot be avoided, there are alternatives that can be reached to minimize the side effects viral diseases bring with. This article addresses the importance of the microbiota, diseases caused by viruses, especially the Dengue virus (DENV), which is one of the most important in the state of Chiapas.

Keywords: Gut microbiota, diseases, virus, dengue, DENV

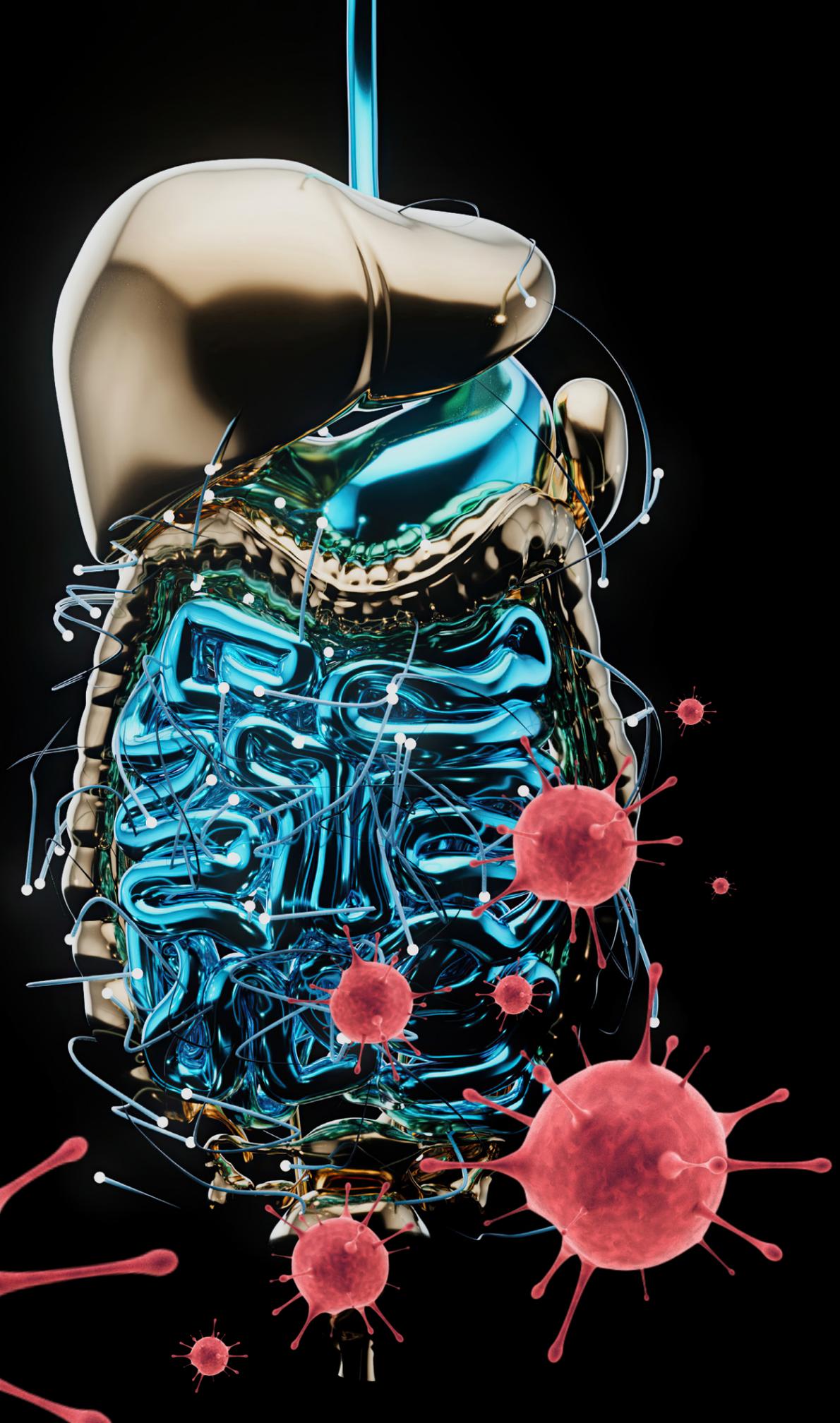
Introducción

La microbiota gastrointestinal es considerada un super organismo dinámico compuesta por bacterias, arqueas, hongos y virus. En seres humanos adultos el 90% de las procariontes son: *Firmicutes* y *Bacteroidetes*, el 10% restante está compuesto por Actinobacterias, Proteobacterias, Verrucomicrobia, Fusobacterias y algunas especies de Arqueas (Alvarez et al., 2021). La microbiota gastrointestinal tiene importantes actividades que son vitales para el ser humano, dentro de estas actividades se encuentran: 1). La digestión y el metabolismo: el alimento que no puede ser degradado por las enzimas humanas, llega al colon y empieza un proceso denominado "Fermentación de carbohidratos" con este proceso se da lugar a la generación de ácidos orgánicos de cadena corta, los cuales son muy importantes para la obtención de energía del hospedero. 2). Producción de vitaminas B y K. 3). Regulación del sistema inmunológico (Figura 1).

La microbiota gastrointestinal se ve afectada en la diversidad, abundancia y función de los microorganismos por diversos factores como el consumo de alimentos altos en grasas, el consumo indiscriminado de fármacos, el medio ambiente donde habite el huésped y su estilo de vida, a este conjunto de alteraciones se le conoce como "disbiosis" (Ling et al., 2022; Sanders et al., 2019). La disbiosis a su vez está relacionada con el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, como las enfermedades cardiovasculares, neurológicas, respiratorias, metabólicas y cáncer (Figura 1) (Illiano et al., 2020).

Por otro lado, se ha determinado que agentes externos como infecciones víricas podrían alterar el estado de la microbiota gastrointestinal, siendo la disbiosis el principal efecto generado que conlleva a una promoción de la infección. Otros estudios sugieren que la microbiota gastrointestinal puede promover la infección viral por diversos mecanismos; por ejemplo:

- **Facilitar la recombinación genética:** Aumentan la posibilidad de que una célula sea infectada por más de un virus
- **Mejorar la estabilidad del virión:** Los polisacáridos de la superficie bacteriana de la microbiota mejoran la estabilidad ambiental del virus
- **Estimular de la reactivación lítica:** Los ácidos orgánicos de cadena corta reactivan la etapa lítica



Asimismo, la microbiota gastrointestinal, también puede ejercer efectos inhibidores sustanciales sobre la infección viral por mecanismos de supresión directa e indirecta, algunos de estos mecanismos son:

- **Supresión directa:** Bloqueo del proceso de internalización celular, unión y desestabilización de la morfología del virión y el atrapamiento adsorptivo de virus

- **Supresión indirecta:** Aumento de las actividades antivirales de los macrófagos, mejora la activación de las células T CD8+ del infante por la microbiota materna y mediante la prevención de la inflamación excesiva y la patología asociada a la inflamación (Li et al., 2019).

En este artículo nos enfocamos en la interacción entre la MGI y la disbiosis causada por enfermedades víricas como las causadas por DENV (Virus del Dengue).

Enfermedades causadas por virus

Sabemos que algunos virus son infecciosos y que generan enfermedades, pero como tal, ¿qué es un virus? Con el paso del tiempo la definición de virus ha ido modificándose de acuerdo con los nuevos descubrimientos. Actualmente, los virus se consideran como entidades biológicas que están compuestas por un genoma, ya sea de RNA o DNA, empaquetado dentro de una cubierta proteica conocida como cápside. Aunque hoy en día se han descrito funciones benéficas de los virus en algunos organismos, las infecciones virales constituyen uno de los problemas más serios de salud pública mundialmente (Payne, 2022).

Dentro de los virus más comunes encontramos al Coronavirus (COVID-19 y SARS-CoV2) que ha sido el virus que más ha tenido relevancia en los últimos años; sin embargo, existen otros como el virus de ébola, la influenza, el poliovirus y el zika, que han causado que en 5 ocasiones la OMS declare emergencia internacional epidemiológica en lo que va del milenio (Cuestas & Minassian, 2020). También encontramos a otros virus de importancia clínica que generan infecciones como el virus del sarampión, el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), el herpes genital, la varicela y la hepatitis B. En México, el VIH, la influenza, dengue, chikungunya y zika son los principales virus que afectan a miles de personas.

Según la Secretaría de Salud a finales de 2023, se tuvieron 54,406 casos confirmados y 203 defunciones por el virus del Dengue (DENV) afectando principalmente a estados del sur, siendo los estados de Veracruz, Yucatán, Quintana Roo los más perjudicados, seguidos por Morelos, Guerrero y Chiapas. En Chiapas, se registraron 3,236 casos confirmados y 4 defunciones para la semana 52 del 2023, siendo la semana 41 la que registró el mayor número de casos nuevos, 235 en el transcurso de esa semana (Figura 2) (Secretaría de Salud, 2023).

Infección por virus del dengue y su ciclo infeccioso

El dengue es una enfermedad causada por un virus llamado DENV, es un arbovirus (virus transmitidos por artrópodos). Se transmite por la picadura de mosquitos infectados, especialmente de la especie *Aedes aegypti*. Este mosquito también puede ser vector de otros virus como el Zika y el chikungunya y se encuentra en más de 100 países de clima tropical y subtropical, abarcando América Latina, Asia y África. Se estima que cada año se infectan entre 100 y 400 millones de personas

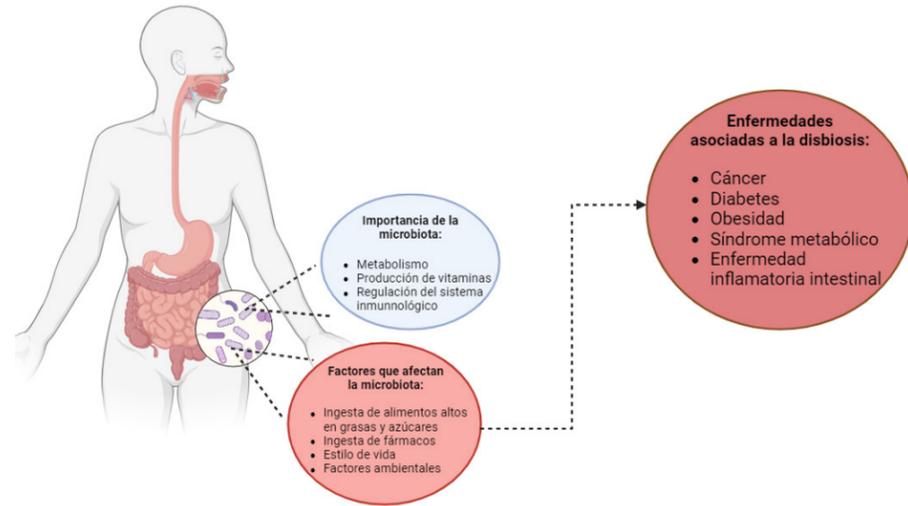


Figura 1. Importancia y factores que afectan la microbiota (Illiano et al., 2020)

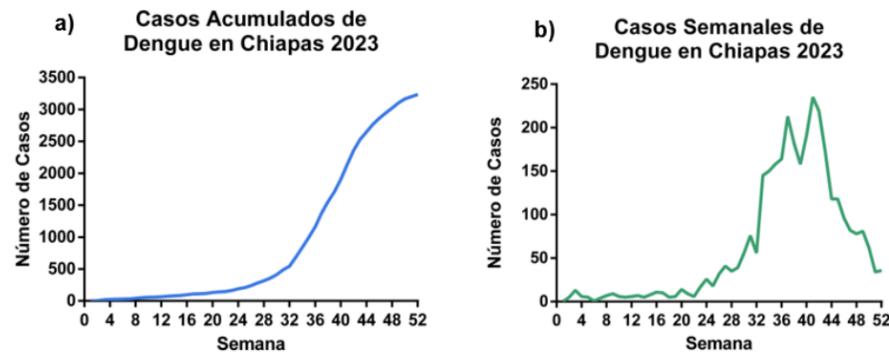


Figura 2. a) Casos nuevos de dengue reportados por cada semana durante el año 2023 en Chiapas. b) Casos de dengue acumulados durante 52 semanas durante el año 2023 en Chiapas (Secretaría de Salud, 2023)

con el virus del dengue de las cuales 96 millones desarrollan síntomas (Henriques et al., 2023). El virus del dengue tiene una estructura similar a una pelota con 20 caras. En su interior contiene RNA como material genético que le da al virus las instrucciones para fabricar las proteínas que necesita para reproducirse e infectar a las células del cuerpo humano. El RNA, es un material similar al DNA y es el código genético que le permite multiplicarse e infectar, contiene las instrucciones para fabricar 10 proteínas esenciales que el virus necesita para funcionar, de las cuales, 3 proteínas son estructurales:

- Cápside (C): protege el material genético del virus.
- Premembrana (prM): ayuda a la maduración del virus.
- Proteína de la envoltura (E): permite que el virus entre en las células.

7 proteínas no estructurales (NS):

- NS-1: ayuda a evadir el sistema inmunitario.
- NS-2A, NS2B: ayudan a replicar el RNA del virus.
- NS-3: tiene actividad enzimática importante para la replicación viral.
- NS-4B: participa en la formación de la replicación del virus.
- NS-5: tiene actividad de polimerasa, esencial para la replicación del ARN viral.

El RNA del DENV se encuentra dentro de una estructura llamada nucleocápside. La nucleocápside está formada por la proteína C y protege el material genético del virus.

Existen cuatro serotipos del virus del dengue (DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4). La infección con uno de ellos no protege de los demás, de hecho, puede hacer más susceptible a la persona infectada de sufrir dengue grave y también puede desencadenar el síndrome de shock por dengue (DSS) en personas que tuvieron infecciones previas con serotipos heterólogos. Tras exponerse al virus (de cualquier serotipo de DENV) por la picadura de un mosquito, sigue un período de incubación de 4 a 7 días, mientras que los síntomas se notan en los siguientes 5 días, aunque no todos los infectados muestran sintomatología.

El ciclo de infección por el virus del dengue (DENV) se desarrolla en diferentes etapas (Figura 3), en las cuales presenta manifestaciones clínicas. El virus del dengue (DENV) ingresa al cuerpo a través de la picadura de un mosquito infectado. Se dirige a las células de Langerhans en la piel, que luego lo transportan a los ganglios linfáticos. En los ganglios linfáticos, el virus se replica y se multiplica, infectando a otras células del sistema inmunitario.

Las células infectadas por el virus del dengue (DENV) migran a través del sistema linfático y la sangre, diseminando el virus por todo el cuerpo. El virus del dengue (DENV) puede infectar a una variedad de células, incluyendo células del sistema inmunitario, células de diversos órganos. La replicación del virus del dengue (DENV) en las células puede causar una variedad de síntomas, desde una fiebre leve hasta una enfermedad grave, incluso mortal. Los síntomas del dengue incluyen fiebre alta, dolor de cabeza, dolor muscular y articular, náuseas y vómitos, erupción cutánea y hemorragias leves. En algunos casos, el dengue puede progresar a dengue grave, que se caracteriza por shock, hemorragias graves y fallo de órganos.

El sistema inmunitario del cuerpo responde al virus del dengue (DENV) produciendo anticuerpos y células T específicas contra el virus (King et al., 2020). Los anticuerpos ayudan a neutralizar el virus, mientras que las células T ayudan a eliminar las células infectadas. La respuesta inmune al virus del dengue (DENV) puede ser compleja y puede influir en la gravedad de la enfermedad.

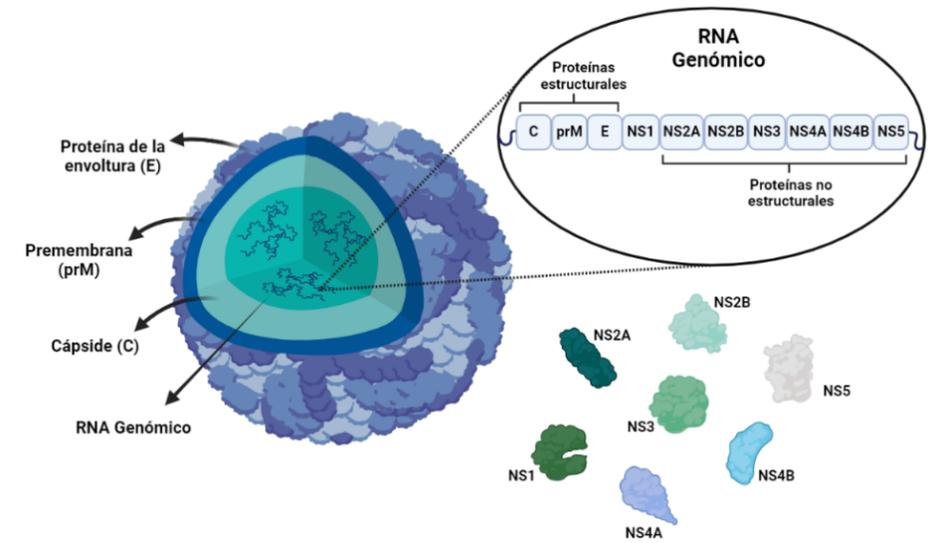


Figura 3. Estructura del virus del dengue (DENV) (Henriques et al., 2023)

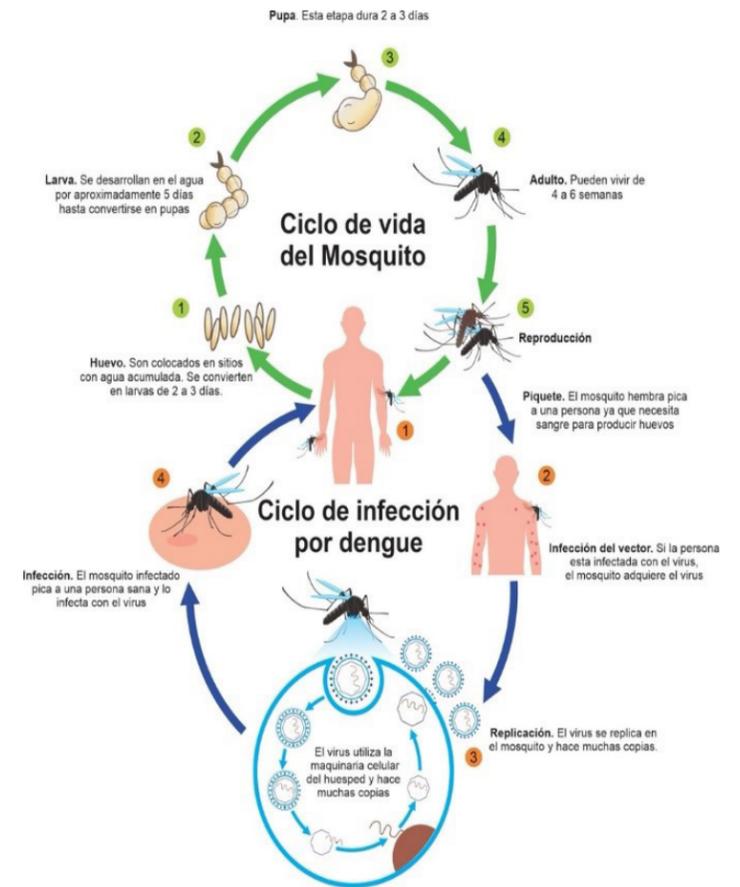


Figura 4. Ciclo de infección por dengue (King et al., 2020)

¿Cómo se relaciona el dengue con la microbiota?

Ya que se ha hablado de los síntomas que puede causar la infección por dengue, es momento de discutir: ¿Qué efecto causa el virus del dengue (DENV) microbiota gastrointestinal del hospedero?

Se ha determinado que la infección por dengue causa una disbiosis en la microbiota gastrointestinal (Chancharoenthana et al., 2022). Esta comienza por la disminución de bacterias pertenecientes a la familia Bifidobacteriaceae que son predominantes en el microbioma humano sano y a los cuáles se les han atribuido efectos benéficos en la salud por su capacidad de sintetizar ácidos orgánicos de cadena corta como el butirato, del cual se ha descubierto que suprime la respuesta inflamatoria y alérgica a antígenos alimentarios al mediar la diferenciación de células T en el colon, así como la síntesis de vitaminas y neurotransmisores (como el ácido y-aminobutírico) (Raethong et al., 2021). La disminución en las bacterias benéficas antes mencionadas se da en la fase inicial de la enfermedad, a lo que le sigue un aumento en Bacteroidaceae y Proteobacteria a cuyos grupos pertenecen algunos posibles patógenos como *Bacteroides fragilis*, *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp. y *Pseudomonas* spp. (Panpetch et al., 2020). Dichos patógenos contribuyen a un aumento en la traslocación de moléculas tóxicas desde el intestino hacia el torrente sanguíneo: DNA bacteriano, lipopolisacárido (LPS), β -D-glucano (BG) y endotoxinas. La presencia de estas moléculas activa a las células del sistema inmune, específicamente a los linfocitos NK, lo que causa una respuesta proinflamatoria agravando la enfermedad, por lo que se sugiere que la disbiosis causada por el dengue es un factor que predice la severidad de la infección (Chancharoenthana et al., 2022).

No solamente la microbiota gastrointestinal es relevante en el estudio del dengue, también la microbiota de la piel tiene una relación con la transmisión de este virus. Se sabe que existen compuestos volátiles producidos en la piel humana que hacen a los individuos más atractivos para los mosquitos o, por el contrario, los repelen (Bello & Cardé, 2022). Se ha demostrado que la microbiota de la piel de pacientes infectados con dengue produce mayores niveles de acetofenona (comparándolos con los encontrados en personas sanas), un compuesto volátil que atrae al mosquito del dengue, *Aedes aegypti*. Esto es porque la infección por el virus suprime la expresión de una proteína antimicrobiana esencial en la piel del hospedero (la proteína RELM α), dicha proteína actúa como un factor esencial que determina la composición de la microbiota cutánea y evita la colonización de bacterias patógenas en la piel. La supresión de la RELM α , provoca que aumente la abundancia de bacterias productoras de acetofenona, como lo son las pertenecientes al género *Bacillus*, lo que hace que se generen mayores niveles de acetofenona en individuos infectados con dengue (Zhang et al., 2022).

Por otro lado, se ha encontrado que en la microbiota gastrointestinal del vector (el mosquito), se encuentran bacterias que determinan si el insecto es apto para hospedar a patógenos, por ejemplo, se ha encontrado que la bacteria *Serratia marcescens* (presente en la microbiota de *Aedes aegypti*) secreta enhacina, una proteína que degrada la membrana peritrófica (membrana delgada que se encuentra a lo largo del epitelio del intestino medio del insecto), lo que facilita la colonización de arbovirus en el intestino de los mosquitos (Wu et al., 2019). Por ello se busca la manipulación de la microbiota gastrointestinal del vector eliminando aquellas bacterias que promuevan la adquisición del patógeno, ya que esto podría bloquear su transmisión hacia los humanos (Maitre et al., 2022).

Perspectivas

El estudio de la microbiota gastrointestinal es de suma importancia para poder desarrollar estrategias que puedan ayudar a disminuir las afecciones que tienen las enfermedades, centrándonos específicamente en enfermedades víricas, no hay suficiente información sobre cómo los virus generan disbiosis.

Conclusión

Con base a todo lo anterior podemos concluir que, 1) el estudio de la microbiota gastrointestinal es de suma importancia por la relación que hay entre ésta y la presencia de enfermedades víricas; 2) mantener una sana diversidad de microorganismos, tanto en el tracto gastrointestinal como en la piel, podrían ayudar a evitar la infección y atenuar la progresión o severidad de la enfermedad causada por el virus del dengue.

Por ello es de gran relevancia investigar el uso de probióticos que podrían ser una alternativa como terapia adyuvante en el tratamiento de enfermedades causantes de disbiosis como la que causa el DENV. Más estudios se requieren en el desarrollo de ésta y otras nuevas estrategias que nos ayuden a romper el ciclo de infección y transmisión de patógenos que afectan zonas tropicales de Latinoamérica y que cada vez se propagan más alarmantemente en nuestro país.

Agradecimientos

A CONACyT por la beca otorgada (Núm. de beca 1226039) para realizar estudios de maestría de la IBO. Leslie García Gálvez.

Este proyecto de investigación ha sido financiado por el proyecto Ciencia Básica y de Frontera CONACyT modalidad: paradigmas y controversias de la ciencia CByF-320299. (BAP-0).

Referencias

- Alvarez, J., Fernández Real, J. M., Guarner, F., Gueimonde, M., Rodríguez, J. M., Saenz de Pipaon, M., & Sanz, Y. (2021). Microbiota intestinal y salud. *Gastroenterología y Hepatología*, 44(7), 519–535. <https://doi.org/10.1016/j.gastrohep.2021.01.009>
- Chancharoenthana, W., Kamolratanakul, S., Ariyanon, W., Thanachartwet, V., Phumratanaprapin, W., Wilairatana, P., & Leelahavanichkul, A. (2022). Abnormal Blood Bacteriome, Gut Dysbiosis, and Progression to Severe Dengue Disease. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.890817>
- Cuestas, M. L., & Minassian, M. L. (2020). Virus emergentes y reemergentes: un nuevo reto para la salud mundial del milenio. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(1), 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2020.02.001>
- Henriques, P., Rosa, A., Caldeira-Araújo, H., Soares, P., & Vigário, A. M. (2023). Flying under the radar – impact and factors influencing asymptomatic DENV infections. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1284651>
- Illiano, P., Brambilla, R., & Parolini, C. (2020). The mutual interplay of gut microbiota, diet and human disease. *The FEBS Journal*, 287(5), 833–855. <https://doi.org/10.1111/febs.15217>
- King, C. A., Wegman, A. D., & Endy, T. P. (2020). Mobilization and Activation of the Innate Immune Response to Dengue Virus. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.574417>
- Li, N., Ma, W.-T., Pang, M., Fan, Q.-L., & Hua, J.-L. (2019). The Commensal Microbiota and Viral Infection: A Comprehensive Review. *Frontiers in Immunology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.01551>
- Ling, Z., Liu, X., Cheng, Y., Yan, X., & Wu, S. (2022). Gut microbiota and aging. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(13), 3509–3534. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867054>
- Maitre, A., Wu-Chuang, A., Azelyte, J., Palinauskas, V., Mateos-Hernández, L., Obregon, D., Hodžić, A., Valiente Moro, C., Estrada-Peña, A., Paoli, J.-C., Falchi, A., & Cabezas-Cruz, A. (2022). Vector microbiota manipulation by host antibodies: the forgotten strategy to develop transmission-blocking vaccines. *Parasites & Vectors*, 15(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-05122-5>
- Payne, S. (2022). Viruses: *From Understanding to Investigation* (Elsevier Science, Ed.; Second).
- Sanders, M. E., Merenstein, D. J., Reid, G., Gibson, G. R., & Rastall, R. A. (2019). Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: from biology to the clinic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 16(10), 605–616. <https://doi.org/10.1038/s41575-019-0173-3>
- Secretaría de Salud. (2023). *Panorama Epidemiológico de Dengue*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/878786/Pano_dengue_52_2023.Pdf
- Wu, P., Sun, P., Nie, K., Zhu, Y., Shi, M., Xiao, C., Liu, H., Liu, Q., Zhao, T., Chen, X., Zhou, H., Wang, P., & Cheng, G. (2019). A gut commensal bacterium promotes mosquito permissiveness to arboviruses. *Cell Host & Microbe*, 25(1), 101–112.e5. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.11.004>
- Zhang, H., Zhu, Y., Liu, Z., Peng, Y., Peng, W., Tong, L., Wang, J., Liu, Q., Wang, P., & Cheng, G. (2022). A volatile from the skin microbiota of flavivirus-infected hosts promotes mosquito attractiveness. *Cell*, 185(14), 2510–2522.e16. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.05.016>

Parámetros de operación para el diseño de construcción de un sistema de refrigeración por

absorción-difusión de baja capacidad volumétrica

Noribeth Fuentes González IIER-UNICACH
 José Francisco Pola Albores IIER-UNICACH
 Nein Farrera Vázquez CIIDETEC-UVM
 Campus Tuxtla



Foto: etinor.com

Resumen

En zonas marginadas sin acceso a la red eléctrica, la refrigeración es crucial para conservar alimentos y medicamentos, pero los sistemas convencionales no son viables por su dependencia de la electricidad. Este estudio investiga un sistema de refrigeración por absorción-difusión para hacerlo sustentable en estas regiones. Se puso en marcha un refrigerador comercial de baja capacidad, activando su ciclo térmicamente mediante una resistencia eléctrica a 129 °C. Se registraron experimentalmente las temperaturas de entrada y salida de cada componente y las características del refrigerador. Luego, se desarrolló un modelo de simulación en Aspen Plus V10 basado en estas pruebas experimentales. El modelo fue validado y los resultados de la simulación se utilizaron para escalar el sistema, buscando mayor capacidad de almacenamiento. La simulación del sistema escalado presenta los parámetros de diseño de un refrigerador por absorción-difusión de mayor capacidad, manteniendo la misma temperatura de accionamiento del ciclo.

Palabras claves: Refrigeración por absorción-difusión, sostenibilidad, modelo de simulación, aspen plus v10, enfriamiento solar.

Abstract

In marginalized areas without access to the electrical grid, refrigeration is crucial for preserving food and medicine, but conventional systems are unviable due to their reliance on electricity. This study investigates an absorption-diffusion refrigeration system to make it sustainable for these regions. A commercial low-capacity refrigerator was set up, activating its cycle thermally using an electric resistance at 129 °C. The inlet and outlet temperatures of each component, as well as the refrigerator's essential characteristics, were experimentally recorded. A simulation model of the studied refrigeration system was then developed in Aspen Plus V10 based on these experimental tests. The model was validated, and the simulation results were used to scale the system, aiming for greater storage capacity. The simulation of the scaled system presents the design parameters for an absorption-diffusion refrigeration system with a higher capacity, maintaining the same cycle activation temperature.

Keywords: Absorption-diffusion refrigeration, sustainability, simulation model, aspen plus v10, solar cooling.

Introducción

La refrigeración desempeña un papel crucial en la vida diaria de todos los seres humanos, conservando alimentos, productos y medicamentos. Sin embargo, no toda la población tiene acceso a esta tecnología, ya que las máquinas de refrigeración convencionales funcionan mediante un ciclo de compresión de vapor que requiere energía eléctrica para su operación. A pesar de los avances tecnológicos, aún existen zonas aisladas y marginadas sin acceso a electricidad, muchas de las cuales se encuentran en el estado de Chiapas. Para abordar esta problemática, se ha considerado el desarrollo de sistemas de refrigeración accionados por energías alternativas, como el calor residual, la biomasa y la energía solar. Esto es posible al sustituir los sistemas de refrigeración por compresión convencionales con sistemas de refrigeración por absorción, en los cuales la compresión mecánica es reemplazada por una compresión térmica, abriendo un amplio panorama de posibilidades con las energías renovables.

El sistema de refrigeración por absorción-difusión (SRAD) es una clasificación de los sistemas de refrigeración por absorción que presenta una cualidad muy importante: no requiere de válvulas ni partes móviles para su funcionamiento. El SRAD mantiene una presión uniforme en todos los componentes del sistema. Para permitir que el refrigerante se evapore a baja temperatura en el evaporador, se introduce un tercer compuesto, un gas inerte. Los otros dos componentes se denominan refrigerante-absorbente, generalmente pares como amoníaco-agua y agua-bromuro de litio. La primera máquina de este tipo fue desarrollada por los investigadores suecos Von Platen y Munters en 1923 (Estados Unidos Patente nº 685, 1928).

Desde su invención, los SRAD se han sometido a numerosas investigaciones experimentales y simuladas con el fin de hacerlos más atractivos para su uso como refrigeradores domésticos y mejorar su rendimiento.

Busso et al. (2007), presentó el estudio experimental de la integración de un concentrador solar y refrigerador por ciclo de absorción de amoníaco-agua. Mostró que la potencia mínima para que el ciclo estudiado funcione debe ser de 120 W. Encontró que el COP experimental fue de 0.188. Determinó las concentraciones rica-pobre de la solución amoniacal como 30% y 15% respectivamente para 25 bars de presión. Mostró que el sistema de concentración tiene la capacidad de proveer la potencia y la temperatura requeridas para que el ciclo funcione.

Somers et al. (2011), estudió numéricamente usando en software Aspen un enfriador de simple y de doble efecto con la mezcla de agua-bromuro de litio. El resultado de su investigación muestra que los modelos de ciclo de absorción estudiados permiten una amplia gama de activación a su ciclo de enfriamiento mediante el calor residual en la industria del petróleo y el gas, entre otras aplicaciones.

Jemaa et al. (2017), realizó un estudio experimental de una máquina de refrigeración comercial por absorción-difusión. Calculó la capacidad de enfriamiento de una unidad para valores de potencia eléctrica entre 35 W y 45 W suministradas al generador.

Mansouri et al. (2017), estudió experimentalmente y modeló un refrigerador comercial por absorción-difusión. Midió el sistema para diferentes condiciones temperatura ambiente y potencias aplicadas al mismo sistema, un sistema de baja capacidad. Usó el software Aspen Plus para modelar su sistema y comparar sus resultados con sus mediciones experimentales. Validó su modelo teórico por comparación de los datos experimentales (Mansouri et al., 2015).

Ramírez et al. (2015), presentó una alternativa para preservar alimentos utilizando equipos de refrigeración por absorción solar; en zonas rurales que no hacen parte del sistema interconectado nacional y que tienen la necesidad de conservar alimentos, además de aprovechar la alta disponibilidad de radiación solar que existe durante el año. Simuló y analizó un sistema de refrigeración por absorción solar, usando el software ASPEN Hysys. Obteniendo un COP máximo de 1,0 a 93°C y 1547 kPa.

Jaramillo et al. (2015), evaluó un sistema de refrigeración por absorción que funciona por cogeneración con una estufa de biomasa. Para el análisis se consideró una familia de cuatro personas que consumen 2kg leña por persona, se varió el ΔT en el ducto de evacuación de los gases de combustión de 45.65 a 96.48 °C y la eficacia del intercambiador. Como resultado estimó una potencia sostenida de enfriamiento de 250 Wh y 300 Wh para un $\epsilon = 0.7$ y 0.85 respectivamente, por un periodo de 6 horas, con un COP de 0.54.

Elsayed et al. (2022) presentó un estudio numérico y experimental de un refrigerador de absorción por difusión. El rendimiento del sistema se examinó mediante simulación por computadora utilizando el software MATLAB y Engineering Equations Solver. Validó su modelo con sus datos experimentales. El error relativo entre los modelos numéricos y experimentales no excede el 15% para todas las temperaturas de cada componente. La mejor temperatura de evaporación que obtuvo fue de 3 °C, con una temperatura ambiente de 23.04 °C y 63.8 W (Adjibade et al., 2017).

Belman-Flores et al. (2018), presentó un dimensionamiento y análisis de un acoplamiento entre un sistema de refrigeración por absorción-difusión de pequeña capacidad volumétrica y un panel fotovoltaico, en un punto de vista conceptual. El dimensionamiento se basó en las condiciones de radiación solar del lugar donde se desarrolló la investigación. El sistema llevó un total de 4 paneles solares de 100 W.

Elsayed et al. (2022), realizó simulaciones numéricas de un ciclo de refrigeración por absorción-difusión en el software Aspen Hysys. Validó experimentalmente sus resultados. Modificó el ciclo RAD y lo simuló. Agregó un intercambiador de calor auxiliar en el arreglo y obtuvo un COP más alto que el ciclo RAD simple. La óptima operación del ciclo modificado fue de 36 W suministrado al generador con un COP de 0.235. La mejora del sistema con el arreglo fue de un 12.4% en el COP.

Descripción del ciclo de un SRAD

Para que se lleve a cabo el ciclo de un sistema de refrigeración por absorción-difusión se requiere una mezcla de fluidos de trabajo, así como de un gas inerte auxiliar. En particular, el SRAD investigado utiliza como fluidos de trabajo: agua que actúa como absorbente, amoníaco como refrigerante e hidrógeno como el gas inerte auxiliar. No hay diferencias de presión en la unidad. La presión total, suma de las presiones parciales del amoníaco y el hidrógeno es constante en todos los puntos del sistema y por lo tanto no hay necesidad de ningún tipo de válvulas de expansión. Los componentes principales del SRAD son: absorbedor, evaporador, condensador, generador, rectificador, intercambiador de calor de gas, intercambiador de calor de la solución y generador con bomba de burbujas, así como se ilustra en la Figura 1.

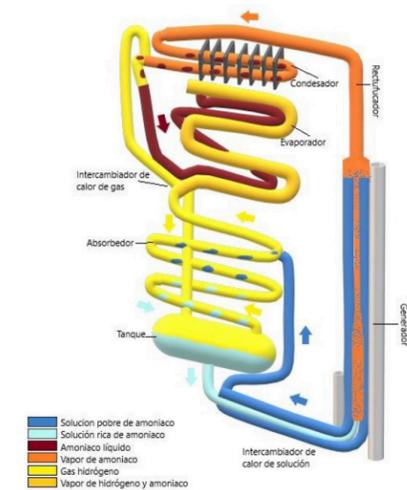


Figura 1. Esquema de un sistema de refrigeración por absorción-difusión.

La activación del ciclo se da con la aplicación de calor a la mezcla de soluciones hasta provocar su punto de ebullición. El calor comúnmente se obtiene de una resistencia eléctrica, para máquinas comerciales. Sin embargo, lo llamativo de estos sistemas es que puede aprovecharse de las energías renovables para su funcionamiento a través del calor que generen, por ejemplo, con un colector solar o bien, en la combustión de un gas.

Cuando el equipo entra en operación por primera vez, hay hidrógeno en todas partes. Uno de los tubos del sistema que lleva a cabo un proceso de destilación llamado generador, de acuerdo con los primeros equipos de Platen-Munters (Estados Unidos Patente nº 685, 1928). Se usa como un receptáculo para calentar la mezcla y activar el ciclo de refrigeración. La tubería es concéntrica a otra de menor radio llamada bomba de burbujas. Se transfiere calor al tubo generador luego, por medio de la bomba de burbujas, parte del amoníaco hervido de la solución asciende por la tubería arrastrando algunas partículas de agua. Por encima del generador, una parte sin aislamiento del tubo funciona como separador de agua, este componente se llama rectificador y por su característica física atrapa el agua arrastrada dejando pasar únicamente vapor

puro de amoníaco. El agua atrapada regresa a través del tubo generador por caída y adopta el nombre de solución débil (de baja concentración de refrigerante). El vapor de amoníaco está a alta presión por lo que sube al condensador y viaja a través de él, por medio de sus aletas va disipando calor con el medio exterior haciendo que se condense. El amoníaco en estado líquido por gravedad entra al tubo del evaporador y fluye en una pequeña corriente en su parte inferior. El tubo contiene gas hidrógeno y sirviéndose del calor obtenido de la cabina de enfriamiento el líquido, se evapora. El gas hidrógeno con el que se encontró el amoníaco líquido proviene del tanque y espiral del absorbedor. En el circuito del absorbedor sube la mezcla de gas hidrógeno con vapor de amoníaco, pero a contracorriente se encuentra con la solución débil que ha retornado en la bomba de burbujas, y que tiene la altura suficiente para entrar por arriba del bobinado del absorbedor, sale como solución fuerte por el fondo hacia al tanque del absorbedor, después de absorber el amoníaco que lleva el gas inerte durante el bobinado, fluye hacia el evaporador. Aquí tenemos el circuito de gas entre el evaporador y el absorbedor y una circulación natural de gas debido a las diferencias de densidades. Cuando el hidrógeno pasa a través del absorbedor, se calienta. Y cuando pasa a través del evaporador se enfría. Este calentamiento y enfriamiento provoca una pérdida de refrigeración, y el intercambiador de calor de gas es vital importancia para el rendimiento. Por otro lado, la solución débil líquida sale del generador a una cierta temperatura típica y la solución rica (alta concentración de refrigerante) líquida sale del tanque del absorbedor a una temperatura más baja, así que el intercambiador de calor de solución con forma de tuberías concéntricas hace que se mejore el rendimiento y la eficiencia. La solución fuerte se precalienta y se dirige nuevamente al generador, de manera que el ciclo se mantiene activo, mientras prevalezca su fuente térmica a una temperatura estable.

Metodología

Materiales y mediciones experimentales

El refrigerador estudiado es un refrigerador de absorción-difusión marca Dometic modelo RH447D con medidas 554x401x446 mm, presentado en la Figura 2. La entrada de energía térmica que acciona al refrigerador estudiado proviene de una resistencia de calor eléctrica. Se instala un termopar tipo-K en la entrada y en la salida de algunos de los componentes principales del refrigerador. Los puntos de medición de los termopares se identifican como se ve en la Tabla 1. Los termopares se conectan a un datalogger OM-HL-EH-TC, que es un registrador de datos en tiempo real y por medio del software profesional OM-HL Logpro se descargan las mediciones en una PC. Además, la temperatura del gabinete del refrigerador también es medida, así como la temperatura ambiente. En la Tabla 2 se observan los valores de las mediciones correspondientes por cada corriente de la Tabla 1.

Tabla 1. Puntos de medición con el termopar.

Nombre de la corriente medida	Descripción
12	Tubo del Generador
13	Aire Ambiente
14	Interior de la cabina de refrigeración
6	Salida del líquido del generador
10-1	Entrada al evaporador
REF-FRIO	Entrada de refrigerante al ICG
GAS-FRIO	Entrada de gas al ICG
1-1A	Líquido del tanque
2-1A	Salida de gas del absorbedor
1-1	Salida de líquido del absorbedor
TO-BP	Entrada de retorno a la bomba de burbujas



Figura 2. Refrigerador estudiado.

Tabla 2. Mediciones experimentales de temperatura con 129 °C en el generador

Nombre de la corriente	Temperatura (°C)
12	129
13	24
14	12
6	128.8
10-1	-13.1
REF-FRIO	12.8
GAS-FRIO	18
1-1A	33.9
2-1A	27.2
1-1	33.8
TO-BP	83.3

Simulación del SRAD en ASPEN PLUS

El modelo de simulación para el SRAD fue creado en el Aspen Plus V10 basado en la elección adecuada de los bloques del sistema para cada uno de los componentes principales del SRAD que se indica en la Figura 1. La siguiente, Figura 3 muestra diagrama de flujo desarrollado para el modelo en Aspen Plus del SRAD estudiado. La Tabla 3 presenta un resumen de los bloques Aspen Plus utilizados para los componentes del sistema y sus arreglos. Los arreglos de los bloques en Aspen Plus tienen el propósito de reproducir el mismo funcionamiento de cada componente principal del SRAD. Las condiciones de operación utilizadas se basaron en las mediciones experimentales del SRAD estudiado. Uno arreglo detalla el circuito de la mezcla del refrigerante-absorbente y el otro corresponde al circuito del gas hidrógeno. Por lo que, el arreglo del modelo del circuito cerrado del SRAD estudiado debe tener dos entradas de datos.

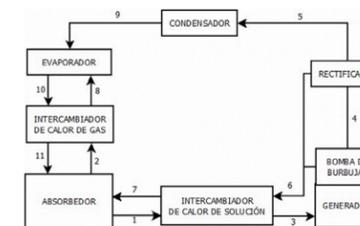


Figura 3. Diagrama esquemático del SRAD estudiado.

Se desarrolla el modelo del SRAD. Como el circuito tiene dos entradas diferentes de material y al ser este un circuito cerrado, se utilizan dos "puntos de ruptura". El primero se introduce en el punto de estado 1 según el diagrama del SRAD en la Figura 4 (flujo de solución rica en el Intercambiador de calor de solución, ICS), y el segundo se introduce en el punto de estado 2 (flujo de mezcla de gas amoníaco/hidrógeno al intercambiador de calor de gas, ICG).

Tabla 3. Puntos de medición con el termopar.

Componentes	Arreglos en Aspen Plus V10
Absorbedor + Tanque	Radfrac Abs + Flash 2 + Mixer
Evaporador	Heater + Mixer
Condensador	Heater
Generador + Bomba de burbujas	Radfrac Strip 1 + Heater + Flash 2
Rectificador	Radfrac Rect
Intercambiador de calor de gas (ICG)	MHeatx
Intercambiador de calor de solución (ICS)	Heatx

Debe presentarse una convergencia con las "corrientes rotas". Es decir, las corrientes 1-1A y 2-1A, deben presentar los mismos valores que 1 y 2 respectivamente. Finalmente, se resuelve en un mismo instante cada bloque y las ecuaciones gobernantes del SRAD estudiado.

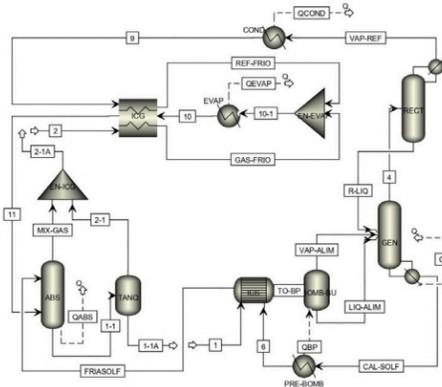


Figura 4. Modelo en Aspen Plus del SRAD estudiado.

La Tabla 4 detalla las entradas de operación utilizadas para el modelo del sistema. En el proceso del ciclo hay dos circuitos con diferentes entradas de material.

Tabla 4. Entradas de operación del modelo SRAD.

Entradas de operación del sistema	
Punto de estado 1	Presión: 35 bar
	Temperatura: 33.8
	Flujo total másico: 0.190 kg/h
	Fracción másica de NH ₃ : 0.35
Punto de estado 2	Fracción másica de H ₂ O: 0.65
	Fracción másica de H ₂ : 0
	Presión: 35 bar
	Temperatura: 27.1
Punto de estado 2	Flujo total másico: 0.190 kg/h
	Fracción másica de NH ₃ : 0.083
	Fracción másica de H ₂ O: 0.01
	Fracción másica de H ₂ : 0.907

Cálculo del COP

El COP es el coeficiente de rendimiento (coefficient of performance, por sus siglas en inglés) para evaluar el rendimiento de la máquina y se calcula de la siguiente manera:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{evap}}{\dot{Q}_{gen}}$$

donde \dot{Q}_{evap} es el calor absorbido en el evaporador y \dot{Q}_{gen} el calor suministrado al generador.

Cálculo para redimensionamiento del SRAD

Se quiere encontrar los parámetros de operación para el diseño de un SRAD con una mayor capacidad volumétrica. Para el proceso del diseño de cualquier sistema de refrigeración, se toma en cuenta algunos requerimientos del mismo, el cálculo de la carga térmica es uno de ellos (Esparza et al., 2010). En el cálculo de la carga térmica de los sistemas de refrigeración se presenta una relación con sus dimensiones. Para determinar la carga térmica de un frigorífico se hace uso de la siguiente ecuación:

$$Q = G_{TC} A_{ref}$$

donde G_{TC} es la ganancia por transmisión de calor y A_{ref} el área del espacio a refrigerar.

Para calcular la ganancia por transmisión de calor se utiliza una tabla (Judkoff & Neymark, 2006) del ASHRAE (que es la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado). El valor de la ganancia por transmisión de calor es una relación entre el coeficiente global de transmisión del material de la cabina de refrigeración k y la variación de temperatura ΔT , esta es, la diferencia de temperaturas entre el ambiente y el espacio que ocupa a la cabina de refrigeración.

Debido a que para el nuevo dimensionamiento del SRAD se quiere tener las mismas condiciones de refrigeración, se hace la suposición de que el valor de la ganancia de transmisión será el mismo.

Se describen dos sistemas: el sistema 1 que será nombrado como SRAD₁, refiriéndose al sistema estudiado en el capítulo anterior y el sistema 2 se nombrará como SRAD₂, refiriéndose al sistema que se quiere escalar a una capacidad de mayor almacenamiento.

Se tiene entonces:

$$Q_1 = G_{TC1} A_{ref1}$$

$$Q_2 = G_{TC2} A_{ref2}$$

como: $G_{TC1} = G_{TC2}$ resolviendo para A_{ref2} , se describe la ecuación de continuidad entre los dos sistemas. Esto nos permite encontrar el área de la cabina de mayor capacidad, conservando el mismo valor de la ganancia de transmisión de calor con la diferencia de temperatura $\Delta T = T_{amb} - T_{cab} = 12^\circ C = 53.6^\circ F$.

Así entonces,

$$A_{ref2} = \frac{Q_2 A_{ref1}}{Q_1}$$

Resultados

Validación de la simulación del modelo SRAD

En esta sección, se escriben los resultados de la simulación para el SRAD estudiado. Primero, el modelo de simulación Aspen Plus V10 con 129°C de temperatura suministrada al generador para activar la mezcla, presenta convergencia. Los resultados de simulación correspondientes se resumen en la Tabla 5 a continuación. En la Tabla 6, se muestra el flujo de calor a través del evaporador y el generador del ciclo, así como el cálculo del COP. En la Tabla 7 se comparan los resultados de las mediciones experimentales con el SRAD estudiado que se reportaron la Tabla 2, con los resultados que arrojó la simulación del modelo del SRAD validado. Se presenta la comparación valores entre los sistemas experimental y simulado.

El modelo del SRAD fue validado con datos obtenidos por Mansouri et al. (2015), y por Jemma et al. (2017).

Tabla 5. Resultados de la simulación del SRAD estudiado.

Punto de estado	de	a	Presión (bar)	Fracción de vapor	Caudal másico (kg/h)	Temperatura (°C)	Fracción de masa NH ₃	Fracción de masa H ₂ O	Fracción de masa H ₂
1 y 1-1A	TANQ	ICS	35	0	0.190	33.8	0.35	0.65	0
2 y 2-1A	EN-ICG	ICG	35	0.99	0.019	27.1	0.083	0.01	0.907
4	GEN	RECT	35	1	0.088	147.78	0.904	0.095	0
6	PRE-BOMB	SHX	35	0	0.141	129	0.124	0.875	0
VAP-REF	RECT	COND	35	1	0.049	72.52	1	0	0
9	COND	ICG	35	0	0.049	30	1	0	0
REF-FRIO	ICG	EN-EVAP	35	0	0.049	17	1	0	0
GAS-FRIO	ICG	EN-EVAP	35	0.99	0.019	18.1	0.083	0.01	0.907
10	EVAP	ICG	35	0.54	0.068	-4.5	0.743	0.0027	0.25
10-1	EN-EVAP	EVAP	35	0.45	0.068	-13.63	0.743	0.0027	0.25
11	ICG	ABS	35	0.59	0.068	-0.96	0.743	0.0027	0.25
1-1	ABS	TANQ	35	0	0.181	33.8	0.326	0.673	0
TO-BP	ICS	BOMB-BU	35	0	0.190	83.3	0.35	0.65	0
R-LIQ	RECT	GEN	35	0	0.039	85.46	0.785	0.214	0
CAL-SOLF	GEN	ICS	35	0	0.141	210.9	0.124	0.875	0
FRIA-SOLF	ICS	ABS	35	0	0.141	62	0.124	0.875	0

Tabla 6. Datos y cálculo del COP del SRAD.

Parámetro	QEVAP	QGEN	
Q [W]	3.43	46	
COP			0.074

Tabla 7. Datos y cálculo del COP del SRAD.

Corriente	Medición Experimental	Resultado de simulación
6	128.8	129
10-1	-13.1	-13.63
REF-FRIO	12.8	17
GAS-FRIO	18	18.1
1-1A	33.9	33.8
2-1A	27.2	27.1
1-1	33.8	33.8
TO-BP	83.3	83.3

Simulación y análisis de un redimensionamiento del SRAD

Para el cálculo del redimensionamiento, Q_1 corresponde al flujo de calor en el evaporador \dot{Q}_{evap} obtenido en los resultados de simulación en Aspen Plus V10 con un valor de $Q_1=3.4$ W. De acuerdo a las dimensiones del SRAD estudiado, seccionando por caras a la cabina de enfriamiento se tiene que su área corresponde al área de refrigeración $A_{ref1} = 1.3m^2$. Suponiendo $Q_2=6.8$ W, potencia duplicada del SRAD, se tiene que $A_{ref2} = 2.6m^2$. Será el área de total de las caras de la cabina de enfriamiento escalada a una mayor capacidad volumétrica.

Resultados de los parámetros de operación del SRAD redimensionado

En esta sección se detalla los resultados de la simulación del SRAD₂ escalado con un área en el espacio de la cabina de refrigeración de 2.6 m². En la Tabla 9 se resumen los resultados de simulación correspondientes. En la Tabla 11, se muestra el flujo de calor a través del evaporador y el generador del ciclo, así como el cálculo del COP. El valor obtenido del área de la cabina de refrigeración es el doble de la cabina de refrigeración estudiada experimentalmente. Los datos de entrada del sistema SRAD₂ escalado se detallan en la Tabla 8. Y finalmente, en la Tabla 11 se comparan los resultados de las mediciones experimentales con el SRAD estudiado que se reportaron la Tabla 2, con los resultados de la simulación de los modelos del SRAD₁ y 2, respectivamente.

Tabla 8. Entradas de operación del modelo SRAD.

Entradas de operación del sistema	
Punto de estado 1	Presión: 35 bar
	Temperatura: 33.8
	Flujo total másico: 0.380 kg/h
	Fracción másica de NH ₃ : 0.35
Punto de estado 2	Fracción másica de H ₂ O: 0.65
	Fracción másica de H ₂ : 0
	Presión: 35 bar
	Temperatura: 27.1
Punto de estado 2	Flujo total másico: 0.380 kg/h
	Fracción másica de NH ₃ : 0.083
	Fracción másica de H ₂ O: 0.01
	Fracción másica de H ₂ : 0.907

Tabla 9. Resultados de la simulación del SRAD escalado.

Punto de estado	de	a	Presión (bar)	Fracción de vapor	Caudal másico (kg/h)	Temperatura (°C)	Fracción de masa NH ₃	Fracción de masa H ₂ O	Fracción de masa H ₂
1 y 1-1A	TANQ	ICS	35	0	0.380	33.8	0.35	0.65	0
2 y 2-1A	EN-ICG	ICG	35	0.99	0.038	27.1	0.083	0.01	0.907
4	GEN	RECT	35	1	0.190	138.01	0.904	0.095	0
6	PRE-BOMB	SHX	35	0	0.331	129	0.253	0.746	0
VAP-REF	RECT	COND	35	1	0.049	72.51	1	0	0
9	COND	ICG	35	0	0.049	30	1	0	0
REF-FRIO	ICG	EN-EVAP	35	0	0.049	17	1	0	0
GAS-FRIO	ICG	EN-EVAP	35	0.99	0.038	24.3	0.083	0.01	0.907
10	EVAP	ICG	35	0.84	0.087	-4.5	0.599	0.004	0.396
10-1	EN-EVAP	EVAP	35	0.68	0.087	-15	0.599	0.004	0.396
11	ICG	ABS	35	0.87	0.0887	-2.77	0.599	0.004	0.396
1-1	ABS	TANQ	35	0	0.347	50.56	0.326	0.673	0
TO-BP	ICS	BOMB-BU	35	0	0.380	83.3	0.35	0.65	0
R-LIQ	RECT	GEN	35	0	0.0141	77.36	0.910	0.896	0
CAL-SOLF	GEN	ICS	35	0	0.331	176	0.253	0.746	0
FRIA-SOLF	ICS	ABS	35	0	0.331	73.35	0.253	0.746	0

Tabla 10. Datos y cálculo del COP del SRAD escalado.

Parámetro	QEVAP	QGEN	
Q [W]	6.88	92	
COP			0.074

Tabla 11. Comparación de los datos medidos con los simulados en SRAD₁ y SRAD₂.

Corriente	Medición Experimental	Resultado de simulación SRAD ₁	Resultado de simulación SRAD ₂
6	128.8	129	129
10-1	-13.1	-13.63	-15
REF-FRIO	12.8	17	17
GAS-FRIO	18	18.1	24.3
1-1A	33.9	33.8	33.8
2-1A	27.2	27.1	33.8
1-1	33.8	33.8	33.8
TO-BP	83.3	83.3	83.3

Discusión

En este estudio, se determinó que la temperatura en la cabina de refrigeración del sistema de refrigeración por absorción-difusión escalado es de 12 °C, lo cual se encuentra dentro del rango de refrigeración comercial adecuado para la conservación de verduras y ciertos medicamentos. Esta temperatura es consistente con los requisitos de refrigeración comercial, lo que confirma la viabilidad del diseño propuesto para aplicaciones prácticas.

El área de la cabina de enfriamiento propuesta, con una escala doble del refrigerador comercial estudiado, demuestra la efectividad del diseño escalado. Las dimensiones específicas de la cabina, 892mm×1108mm×802mm, son apropiadas para mantener las propiedades de accionamiento del ciclo, con una temperatura de 129 °C en el generador y una energía requerida de 92W. La energía generada de refrigeración es de 6.88W, con un COP de 0.074, lo que indica una eficiencia moderada del sistema.

La duplicación de las dimensiones del SRAD original implicó un aumento proporcional en las entradas de materia y energía, manteniendo el COP y la temperatura de accionamiento. Este hallazgo es significativo ya que valida la escalabilidad del sistema sin comprometer su rendimiento.

Sin embargo, una limitación notable del estudio es el COP relativamente bajo de 0.074, que podría ser mejorado en futuros diseños para aumentar la eficiencia del sistema. Además, las mediciones de temperatura en algunos puntos mostraron variaciones que podrían investigarse más a fondo para optimizar el rendimiento térmico.

Para futuras investigaciones, se sugiere explorar materiales alternativos y configuraciones del sistema que puedan mejorar el COP y reducir la energía requerida en el generador. También sería beneficioso realizar estudios comparativos con otros sistemas de refrigeración por absorción-difusión para evaluar el rendimiento relativo del diseño propuesto.

Conclusión

El redimensionamiento del sistema de refrigeración por absorción-difusión desarrollado en este estudio cumple con los requisitos de refrigeración comercial para verduras y ciertos medicamentos, con una temperatura operativa de 12 °C. Las dimensiones de la cabina de enfriamiento, escaladas al doble del refrigerador comercial original, demostraron ser efectivas para mantener las propiedades de accionamiento del ciclo, con una eficiencia moderada reflejada en un COP de 0.074.

Este estudio aporta evidencia de que la escalabilidad del sistema de refrigeración por absorción-difusión es viable, lo que puede tener aplicaciones prácticas significativas en la industria de la refrigeración comercial. Sin embargo, se identificaron áreas de mejora, particularmente en la eficiencia del sistema, que podrían abordarse en investigaciones futuras.

Los hallazgos de este estudio proporcionan una base sólida para el desarrollo de sistemas de refrigeración por absorción-difusión escalados, con el potencial de mejorar la eficiencia energética y ampliar las aplicaciones comerciales. Se recomienda continuar la investigación en esta área para optimizar el diseño y aumentar la eficiencia del sistema, con un enfoque particular en su aplicación en comunidades sin acceso a la red eléctrica.

Referencias

- Adjibade, M., Thiam, A., Awanto, C., Ndiogou, B. A., & Sambou, V. (2017). Dynamic investigation of the diffusion absorption refrigeration system NH₃-H₂O-H₂. *Case Studies In Thermal Engineering*, 10, 468-474.
- Belma-Flores, J. M., Arellano-Alamilia, M. C., Pérez-García, V., Rodríguez-Muñoz, J. L., Serrano-Arellano, J., & Aviña-Cervantes, G. (2018). Acoplamiento teórico entre sistemas: difusión-absorción y fotovoltaico. *Conamit*, 07-11.
- Busso, A., Esquivel, O., Sogari, N., & Franco, J. (2007). Aprovechamiento de la energía solar como fuente térmica para el funcionamiento de un refrigerador mediante ciclo de absorción amoníaco-agua. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 11, 67-73.
- Elsayed, M., Attia, A., & Tawfeek, S. (2022). Steady state numerical simulation and studying performance of a modified diffusion absorption refrigeration cycle. *Alexandria Engineering Journal*, 61(4), 2591-2600.
- Esparza Montero, M. R., & Buenano Sánchez, L. E. (2010). Diseño y construcción de un sistema de refrigeración de conservación para laboratorio. *Riobamba-Ecuador: Tesis de grado*.
- Jaramillo, M. E., Romero, I. V., & Soriano, A. O. (2015). Evaluación teórica de los parámetros de un refrigerador por absorción en cogeneración con una estufa de biomasa. *Memorias del XXI Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, 1074-1080.
- Jemaa, R. B., Mansouri, R., Boukholda, I., & Bellagi, A. (2017). Experimental characterization and performance study of an ammonia-water-hydrogen refrigerato. *International journal of hydrogen energy*, 42(13), 8594-8601.
- Judkoff, R., & Neymark, J. (2006). Model validation and testing: The methodological foundation of ASHRAE Standard 140 (No. NREL/CP-550-40360). *Conference: Presented at the ASHRAE 2006 Annual Meeting (págs. 1-12)*. Quebec, Canadá: USDOE.
- Mansouri, R., Mazouz, S., Bourouis, M., & Bellagi, A. (2015). Experimental study and steady state modelling of a commercial diffusion-absorption refrigerator. *Revue des Energies*, 7-14.
- Ramírez Álvarez, D. J., Tapia Vertel, A. F., Lancheros Suárez, V. J., Espitán Sanjuán, L. A., & González Doria, Y. E. (2015). Simulación y análisis de un sistema de refrigeración por absorción solar intermitente. *Revista de Ingeniería*, 43, 32-39.
- Somers, C., Mortazavi, A., Hwang, Y., Radermacher, R., Rodgers, P., & Al-Hashimi, S. (2011). Modeling water/lithium bromide absorption chillers in ASPEN Plus. *Applied Energy*, 88(11), 4197-4205.
- Von Platen, B. C., & Munters, C. G. (1928). *Estados Unidos Patente n° 685*.

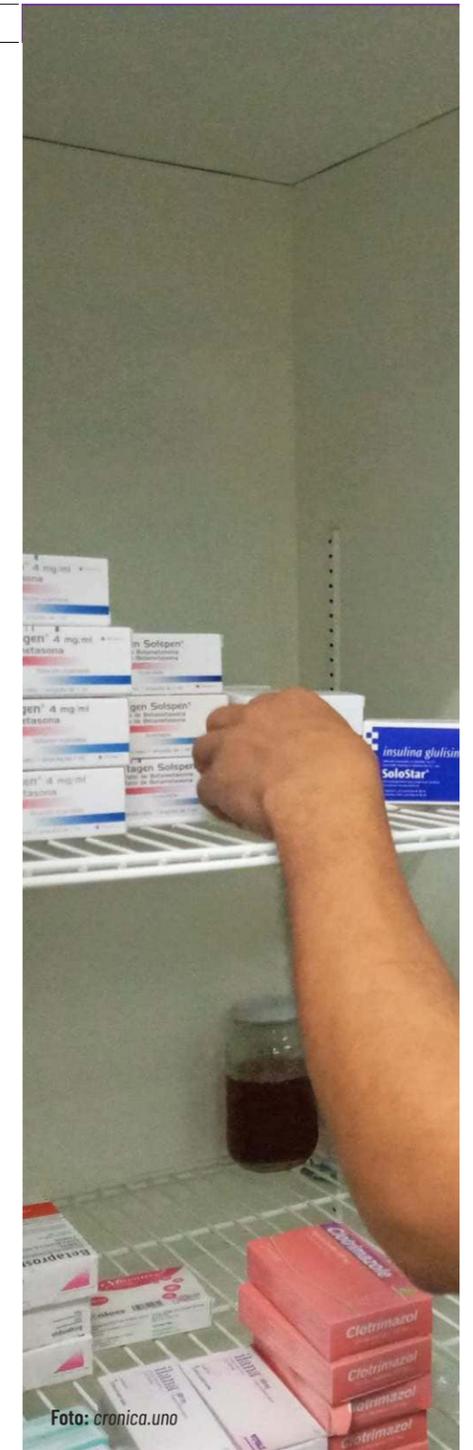


Foto: cronica.uno

Monitoreo Térmico con instrumentos de bajo costo para determinar la isla de calor urbana de **Chiapa de Corzo, Chiapas**

LCT. **Indira Isabel González Sánchez; Dr. Williams Vázquez Morales**
Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, UNICACH

Resumen

En años recientes, la zona urbana de Chiapa de Corzo, Chiapas ha presentado cambios en el uso de suelo debido al crecimiento urbano, al aumento poblacional y a las actividades que económicas que se llevan a cabo en la zona, lo cual ha generado cambios en el clima urbano, provocando un fenómeno conocido como isla de calor urbana, que se caracteriza por presentar temperaturas elevadas en el centro de la ciudad y temperaturas bajas en la periferia. Es por eso que es de suma importancia conocer la morfología de la ciudad, su ubicación geográfica y las características climáticas, para establecer un adecuado método de análisis y proponer medidas de mitigación necesarias para hacer frente a la problemática. El objetivo del presente trabajo es identificar los puntos más calientes de la zona de estudio empleando el método experimental de redes de sensores de temperatura de bajo costo, los cuales han sido instalados en diversos puntos de la ciudad.

Los resultados muestran que su óptimo uso para la medición de la temperatura de la zona ha permitido identificar los puntos y las horas más cálidas y frías presentadas, así como los diversos factores que influyen en el registro de esta.

Palabras claves: *Isla de calor urbana, sensor de bajo costo, temperatura*

Abstract

In recent years, the urban area of Chiapa de Corzo, Chiapas has presented changes in land use due to urban growth, population increase and economic activities carried out in the area, which has generated changes in the urban climate, causing a phenomenon known as urban heat island, which is characterized by high temperatures in the center of the city and low temperatures in the periphery. This is why it is of utmost importance to know the morphology of the city, its geographic location and climatic characteristics, in order to establish an adequate method of analysis and propose mitigation measures necessary to address the problem.

The objective of the present work is to identify the hottest points in the study area using the experimental method of low-cost temperature sensor networks, which have been installed in various parts of the city.

The results show that their optimal use for measuring the temperature of the area has made it possible to identify the hottest and coldest points and hours, as well as the various factors that influence the recording of this temperature.

Keywords: *urban heat island, low. cost sensor, temperature.*

Monitoreo Térmico con instrumentos de bajo costo para determinar la isla de calor urbana de Chiapa de Corzo, Chiapas

Introducción

En la actualidad, el crecimiento de las zonas urbanas es resultado del aumento poblacional que se ha observado en todo el mundo. Una vez que se construye una ciudad, la estructura física y los patrones de uso del suelo pueden ser difíciles de modificar durante generaciones, lo que conduce a una expansión insostenible. Esta expansión ejerce presión sobre la tierra y los recursos naturales, generando diversos problemas ambientales (Banco Mundial, 2022).

Uno de estos problemas ambientales son las Islas de Calor Urbanas (ICU), un fenómeno en el cual las zonas urbanizadas son más calurosas que las zonas rurales durante la noche (U.S. Environmental Protection Agency, 2008; Oke, 1987). Las ICU son un tema de gran relevancia en los últimos tiempos debido al incremento de temperatura en el interior de las ciudades y los efectos negativos que esto tiene en la calidad de vida de los habitantes. Este fenómeno se clasifica en dos tipos: las Islas de Calor Atmosféricas (ICUA) y las Islas de Calor Superficiales (ICUS) (Tumini, 2010). Las Islas de Calor Atmosféricas (ICUA) se manifiestan como una diferencia de temperatura del aire entre las áreas urbanas y las áreas rurales, generalmente más marcada al atardecer, con mayor intensidad durante la noche y en la temporada invernal. Este fenómeno se divide en dos categorías:

- La primera está relacionada con el incremento de la temperatura en la masa de aire, afectando directamente a los habitantes. Se extiende desde el nivel del suelo hasta la altura promedio de los edificios y árboles.
- La segunda se localiza dentro del límite descrito anteriormente y se extiende hasta aproximadamente 1.5 km de altura desde el suelo.

Las IUS se presentan cuando las superficies del suelo, los techos y las fachadas registran una temperatura superior a la del aire. Este fenómeno ocurre tanto de día como de noche, aunque suele ser más intenso durante el día y en los días de verano.

Para identificarlas, se pueden emplear métodos de medición directos o indirectos, modelos numéricos o métodos de estimación empíricos. En muchos casos, se utilizan técnicas de medición indirectas para estimar la temperatura superficial mediante el uso de mapas térmicos e imágenes radiométricas.

Sobstý et al. (2018) señalan que, en ciertas situaciones, la extensión de las zonas urbanas no es un factor determinante. En cambio, destacan que la capacidad de la morfología urbana, junto con su desarrollo, puede provocar un centro urbano mucho más concentrado y, por lo tanto, una debilidad en la acción del viento. Asimismo, la intensidad de la temperatura en las Islas de Calor Urbanas (ICU) depende de otros factores, como:

- Superficies oscuras y con alta conductividad térmica, como el asfalto, que provocan una mayor absorción de radiación solar.
- Escasez de vegetación y áreas verdes, lo que

resulta en la falta de áreas sombreadas.

- Construcción de grandes edificios, que absorben calor y reducen el paso del viento, impidiendo que las ciudades se refresquen con las corrientes de aire.
- Contaminación atmosférica, causada por fábricas, automóviles y sistemas de aire acondicionado.

Así mismo las ICU generan diversas afectaciones en la vida de la población que habita en las zonas urbanas, así como el medio ambiente, entre las que se encuentran:

- Mayor consumo de energía por el uso de aires acondicionados y ventiladores, aumentando el precio de la electricidad y generando un impacto en la economía.
- Impacto sobre la salud, como problemas respiratorios, insolación, deshidratación e incluso mortalidad provocada por golpes de calor.
- Mayor contaminación atmosférica.

Para realizar estudios sobre las ICU, se emplean diferentes metodologías que nos ayudan a determinar la temperatura de una zona y así tomar las medidas necesarias para reducir este fenómeno.

En el presente trabajo se presentan los resultados de dos métodos utilizados para estudiar las ICU: los sensores térmicos y la estación meteorológica. Estos dispositivos fueron instalados en puntos específicos de la zona urbana de la ciudad de Chiapa de Corzo, lo que nos permitirá identificar las áreas más cálidas dentro de la zona de estudio.

Determinación de las Islas de Calor Urbana

Para la determinación de las ICU existen diversas técnicas y metodología, en donde encontramos las siguientes:

Transectos térmicos móviles

Un transecto térmico móvil es un recorrido en vehículo con una sonda térmica con el objetivo de captar una imagen térmica que nos permita realizar un mapa de isotermas de una ciudad. Este método fue utilizado por primera vez en Viena en 1929 por el climatólogo Luke Howard, y 93 años después, es el método más utilizado para analizar el efecto de las ICU (Taulé, 2013).

Sistemas de Información Geográfica

Los sistemas de información geográfica se han convertido en una herramienta de uso habitual en la sociedad. Su eficacia se demuestra en numerosas aplicaciones de gestión de recursos, análisis de alternativas, herramientas de soporte en la toma de decisiones y planes de actuación ante situaciones diversas (Pérez et al., 2011). También Cebrían y Chuvieco (1993) la definen como "la base de datos computarizada que contiene información espacial".

Los SIG están conformados por el soporte físico o hardware, el soporte lógico o software, los datos, los recursos humanos y la organización; lo cual permite realizar las funciones de ingreso, almacenamiento, manipulación y proceso de datos, consulta a la base de datos y presentación de la información (Nagata, 1996).

La información necesaria para el funcionamiento de un SIG se divide en (Lantada y Núñez, 2002):

- La información gráfica: que hace referencia a la cartografía del trabajo, la cual puede ser

obtenida mediante diferentes medios, como lo son:

- o Restitución fotogramétrica
- o Topografía
- o GPS
- o Teledetección

- La información alfanumérica: compuesta por números, letras y otros símbolos.

Así mismo es de suma importancia la introducción de la información geográfica mediante el uso de los dos modelos más empleados: el vectorial que pueden ser imágenes satelitales y mapas escaneados y ráster, compuesto por coordenadas, puntos, líneas y polígonos (Escobar, s.f.).

Estaciones meteorológicas

Una estación meteorológica es un conjunto de herramientas o dispositivos de medición que permiten obtener datos de distintas variables atmosféricas y pueden estar instaladas en cualquier terreno (Meteocultura, 2019).

La principal utilidad de una estación meteorológica es recoger y registrar datos meteorológicos, creando información de valor, que nos permiten:

- Saber las condiciones meteorológicas del lugar de estudio.
- Comparar la información con otras estaciones meteorológicas cercanas.
- Aportar información para realizar pronósticos de los modelos meteorológicos.
- Crear información climática.
- Crear alertas específicas.
- Proporcionar información para la agricultura.
- Medición continua de los datos atmosféricos.

Estas estaciones permiten medir la precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, radiación, presión, dirección y velocidad del viento.

Redes de sensores

ste método se trata de sistemas inalámbricos de detección, medida y monitoreo, los cuales son cada vez más utilizados en estudios meteorológicos, ya que miden la precipitación, la temperatura, la humedad, dirección del viento y la radiación. Para realizar este análisis es necesaria la instalación de un gran número de sensores y nodos que cubren el área de estudio. Cada nodo tiene capacidad de procesamiento en hardware y software, lo que permite realizar tareas de obtención, procesamiento y transmisión de datos a una base central (Anzola, 2014).

Entre ellos se encuentran los sensores de bajo costo, los cuales son una gama de sensores que tienen la ventaja de tener un tamaño pequeño y un precio accesible, lo que permite que sean usados en diversas áreas, entre ellas el monitoreo de calidad del aire y de temperatura y humedad. Además, los costos de operación y mantenimiento son bajos, y generan datos en volumen suficiente los cuales se encuentran disponibles en cualquier momento.

Los componentes principales son:

- El Sensor, que es capaz de medir la temperatura y humedad relativa del entorno.
- Arduino, placa que actúa como el cerebro del sistema.
- Tarjeta microSD, la cual nos permite almacenar los datos registrados.
- Módulo lector microSD, permite la conexión

de la tarjeta microSD y Arduino, facilitando la lectura y escritura de los datos recopilados en la tarjeta.

- Fuente de alimentación externa.

En el caso del estudio de las ICU, estos sensores permiten analizar la problemática, aplicando una clasificación zonal supervisada de componentes urbanos para así determinar los posibles factores que puedan influenciar en la formación de este fenómeno, todo esto con el uso de sensores instalados a nivel de la superficie terrestre, captando la medida de la radiación solar a partir del brillo de la temperatura en Kelvin para posteriormente convertirlo a grados Celsius, con el objetivo de correlacionar las ICU con las diferentes variables que rodean el entorno urbano. Para poder evaluar el rango de precisión de los sensores, es necesario conocer el tipo de resolución de estos, en donde se encuentran la radiométrica, espectral, espacial, temporal y angular (Pérez y Muñoz, 2006).

Método

La zona urbana de Chiapa de Corzo está ubicada a las orillas del río Grijalva y colinda al oeste con el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Su clima es el cálido subhúmedo con lluvias en verano y su vegetación principal es la selva baja y el bosque de pino-encino, aunque en la actualidad, este se ha ido convirtiendo en zona agrícola, debido a que está es una de las principales actividades económicas de la región. Cuenta con una extensión territorial de 1.94 km², y en la cabecera municipal tiene una población de 55,931 habitantes, lo que corresponde a un 49.9 % de la población municipal total (INEGI, 2020).

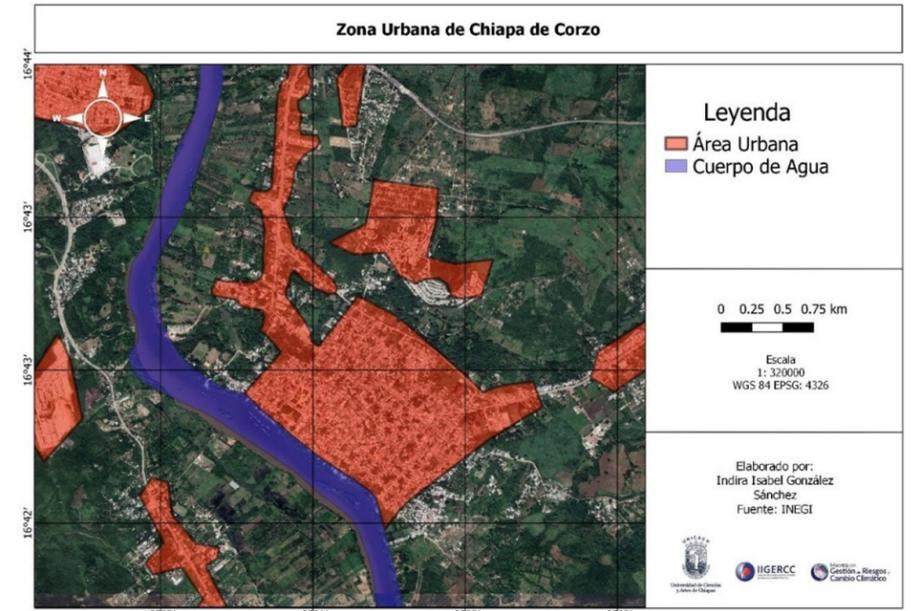


Figura 1. Mapa de la Zona Urbana de Chiapa de Corzo

Debido al crecimiento urbano que se ha presentado en los últimos años la temperatura de la zona ha ido en aumento, por lo que se decidió implementar sensores de temperatura de bajo costo con la finalidad de obtener un mapeo térmico de la zona urbana de Chiapa de Corzo. Se establece el propósito de instalar diez sensores y una estación meteorológica en diversos puntos de la ciudad (Figura 2), considerando la diversidad de características de la zona de estudio, como lo son la cantidad de vegetación, la infraestructura y la humedad, obteniendo así variabilidad de información.

Los puntos seleccionados para colocar los sensores y la estación meteorológica eran los siguientes:

- Fraccionamiento San Sebastián.
- Gasolinera
- Dos puntos ubicados en el fraccionamiento Montebello
- Libramiento CONALEP
- Barrio San Gregorio
- Parque Central
- Presidencia Municipal
- Malecón
- Panteón municipal
- Barrio Santa Elena

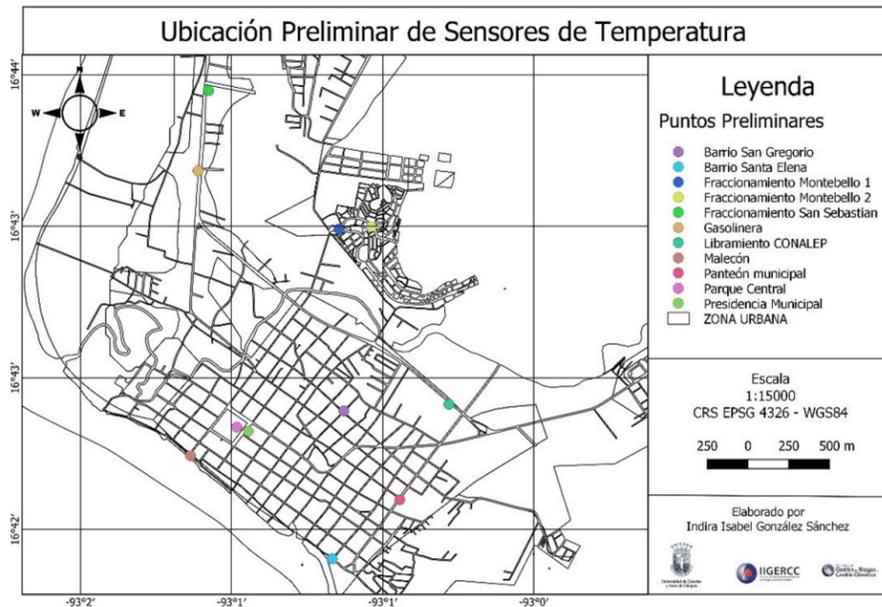


Figura 2. Ubicación preliminar de sensores en la zona urbana de Chiapa de Corzo

Resultados

Debido a la negativa de los permisos solicitados al Ayuntamiento de Chiapa de Corzo para la instalación de equipos en los 10 puntos mencionados previamente, se decidió instalar 2 sensores y una estación meteorológica en instituciones privadas (escuelas). Se gestionaron los permisos correspondientes con las respectivas direcciones de estas instituciones. La estación meteorológica se instaló en el Colegio La Patria en marzo, mientras que el sensor 1 se ubicó en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), específicamente en la Licenciatura en Arqueología, en junio. Por otro lado, el sensor 2 se colocó en el Colegio Nacional de Educación Profesional (CONALEP) en julio. Desde su instalación, estos dispositivos han registrado datos de temperatura, humedad y presión, almacenados en una memoria SD y posteriormente descargados para su análisis. La Figura 2 muestra un mapa con los puntos finales seleccionados para la instalación de los sensores y la estación.

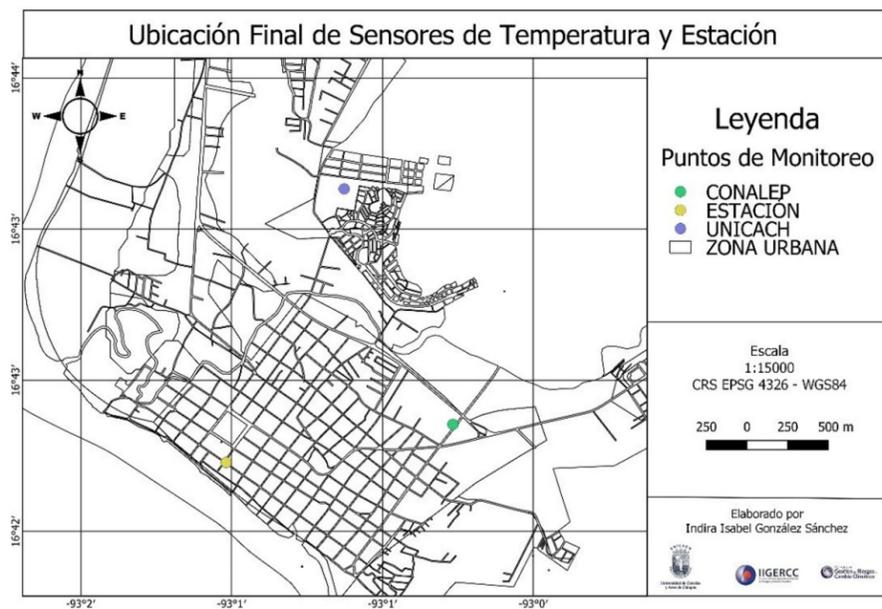


Figura 3. Sensores y estación meteorológica instalados en la zona urbana de Chiapa de Corzo

En la Figura 4 se presenta la gráfica de temperatura correspondiente al mes de octubre, durante el cual los tres dispositivos registraron información de la región con una frecuencia programada de cada 10 minutos. La temperatura varía notablemente según la zona y la infraestructura donde están instalados los dispositivos. Observamos que el punto con la temperatura más alta fue el CONALEP, alcanzando una máxima de 41.14 °C y una mínima de 20.9 °C. En comparación, la estación meteorológica registró una temperatura máxima de 30.1 °C y una mínima de 20.8 °C. Sin embargo, este equipo experimentó problemas intermitentes de grabación durante el mes debido a dificultades con la batería y la celda solar, resultando en la falta de datos

durante 12 días. Por otro lado, el sensor instalado en la UNICACH registró una temperatura máxima de 37.41 °C y una mínima de 18.37 °C, manteniendo un registro constante de la información.

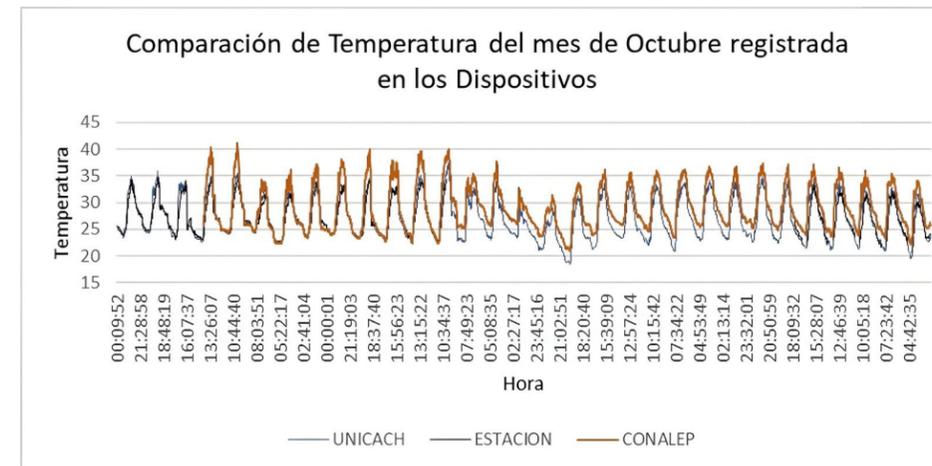


Figura 4. Gráfica comparativa de medición de temperatura de los tres dispositivos

Finalmente, se realizó una gráfica de las temperaturas máximas y mínimas mensuales registradas por los dispositivos (Figura 5). Se observa que en la cabecera municipal y en la UNICACH se registraron temperaturas superiores a los 40 °C durante el mes de junio, coincidiendo con una ola de calor en el estado de Chiapas. Desde la instalación del sensor en el CONALEP, se ha observado que las temperaturas más altas de la zona de estudio se presentan consistentemente en ese punto, superando los 40 °C. Por otro lado, las temperaturas más bajas se registraron en el sensor de la UNICACH y en la Estación, con mínimas de 18.37 °C y 17.4 °C respectivamente.

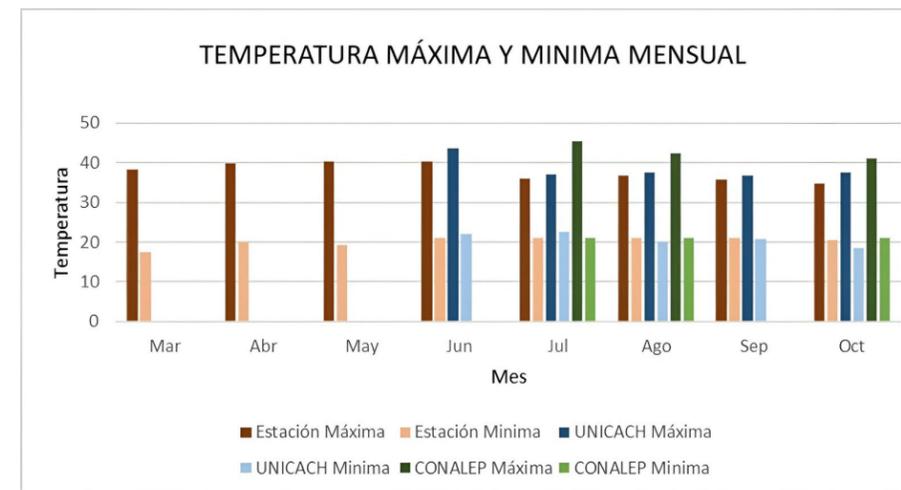


Figura 5. Gráfica de temperaturas máximas y mínimas registradas en los dispositivos

Discusión

Los resultados obtenidos muestran la variabilidad de temperaturas registradas por los diferentes dispositivos instalados. Se encontró que la diferencia de temperatura entre el centro de la ciudad y la UNICACH es de 1.15 °C, y con el CONALEP es de 4.66 °C. Además, la diferencia de temperatura entre el CONALEP y la UNICACH es de 0.83 °C. Estas variaciones de temperatura se deben a las características específicas de cada zona, como la infraestructura, la humedad, la cobertura vegetal, el tipo de pavimento y la circulación del viento. Se observó que se registraron temperaturas superiores a los 40 °C en la cabecera municipal

durante los meses de junio y julio, coincidiendo con una ola de calor en el estado de Chiapas. El análisis de temperatura entre cada punto resalta que las áreas con temperaturas más bajas están rodeadas principalmente de arbolado, destacando la importancia de las áreas verdes. Estas áreas no solo proporcionan frescura y aire más limpio, sino que también embellecen el paisaje urbano, una característica que pocas ciudades conservan. Durante la realización de este estudio, algunos dispositivos dejaron de funcionar debido a fallas técnicas causadas por las condiciones meteorológicas locales. Esto permitió identificar las necesidades específicas de cada equipo durante el montaje e instalación de los dispositivos, proporcionando valiosas lecciones para futuros proyectos.

Conclusión

La intensidad de las Islas de Calor Urbanas (ICU) representa un riesgo significativo para la población que vive en áreas urbanas con escasa vegetación, donde las condiciones de calor nocturno se ven exacerbadas. Esto conlleva problemas de salud como golpes de calor y enfermedades crónicas, especialmente afectando a adultos mayores y niños. Según los datos recolectados durante el período de medición en los tres puntos, se observó que los meses con temperaturas superiores a los 40 °C fueron mayo, junio, julio y agosto. En mayo y junio, la estación meteorológica, que era el único dispositivo instalado en la cabecera municipal en ese momento, registró temperaturas de 40.3 °C y 40.4 °C respectivamente. En julio y agosto, el dispositivo instalado en el CONALEP registró temperaturas máximas de 45.42 °C, la más alta registrada durante el período, y 42.31 °C respectivamente. Estos datos indican que el área con las temperaturas más elevadas es la zona cercana al CONALEP, ubicado junto al libramiento de la ciudad, donde la vegetación ha sido reemplazada por infraestructura y hay poca circulación de viento.

El arbolado presente en los diferentes puntos de medición juega un papel crucial en la reducción de la intensidad del calor urbano, destacándose como una medida efectiva de mitigación contra las ICU en las ciudades. Además de proporcionar sombra y belleza paisajística, los árboles ofrecen servicios ambientales como la reducción de la contaminación y la creación de hábitats para la fauna. El uso de sensores de bajo costo se ha demostrado como una opción viable para realizar monitoreos a gran escala, siendo más económicos y adaptables a las necesidades específicas del monitoreo sin comprometer la precisión y confiabilidad de los datos. La instalación de una red de sensores en toda la ciudad sería altamente beneficiosa para obtener información detallada que respalde la toma de decisiones en la implementación de estrategias para mitigar las Islas de Calor Urbanas y mejorar las condiciones de vida de la población en el futuro.

Referencias

- Alomar-Garau, G., Rotger, C., Aguiló, M., & Lacomba, N. (2021). Geographicalia. Obtenido de Isla de calor nocturna en una ciudad mediterránea de interior: Inca (Mallorca): https://www.researchgate.net/publication/353555104
- Amorim, M. C., Neto, J. L., Dubreuil, V. (2021). Estrutura Térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 EM cidade tropical. Revista de Geografia Norte Grande, (43), 65–80. https://doi.org/10.4067/S0718-34022009000200004.
- Anzola, J. P. (2014). Revista vinculos. Obtenido de Detección e identificación de islas de calor urbano: un acercamiento desde el estado del arte: https://revistas.udistral.edu.co/index.php/vinculos/article/view/9726/11019
- Araujo, E. (2017). ESSS. Obtenido de Métodos numéricos para simulación en la ingeniería: https://www.esss.co/es/blog/metodos-numericos-para-simulacion-en-la-ingenieria/
- ArcGis Desktop. (s.f.). ArcGis Desktop. Obtenido de ¿Qué son los datos raster?: https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/what-is-rasterdata.htm#:~:text=Los%20r%C3%A1steres%20son%20fotograf%C3%ADas%20a%C3%A9reas,de%20uso%20de%20la%20tierra.
- Arnfield, A. J., & Grimmond, C. (1998). An urban canyon energy budget model and its application to urban storage heat flux modeling. Energy and Buildings, Pages 61-68, Volume 27, Issue 1, https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00026-1.
- Aronoff, S. (1989). Geographic Information Systems: A management perspective. Ottawa: WDL pub.
- Aslam, M., Rama , K., Beig, G., Tinmaker, M., & Chate, D. (2017). Variación estacional de la isla de calor urbana y su impacto en la calidad del aire usando observaciones SAFAR en Delhi, India. American Journal of Climate Change col.6 No. 2.
- Bausá, J., García, C., Zaragoza, B., Gil, A., Moreno, D., & Galiana, A. (s.f.). Sensores de temperatura. Obtenido de https://frq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14089/mod_resource/content/0/SensoresTemperatura.pdf
- Bertuzzi, M. L., & Arroyo, J. (2005). Ciudad y la urbanización, problemas y potencialidades. Argentina: Ediciones UNL.
- Borderías, M. d., & Martín Roda, E. (2011). Medio ambiente urbano. España: UNED.
- Casillas-Higuera, A., García-Cueto, R., Leyva-Camacho, O., & González Navarro, F. F. (2014). Detección de la Isla urbana de calor mediante modelado dinámico en Mexicali, B.C., México. Información Tecnológica, 25(1), 139-150. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000100015.
- Castro-Mendoza, I., Valdez-Lazalde, J., Donovan, G. M., & Vázquez Morales, W. (2022). ¿El uso de suelo afecta la distribución de temperatura en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México? Investigaciones Geográficas, (107). https://doi.org/10.14350/riig.60394.
- Cebrián, J. A., & Chuvieco, E. (1993). ¿Sistemas de Información Geográfica o Territorial? Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica, Boletín de la A.E.S.I.G., Nº4: 28-30, https://digital.csic.es/handle/10261/54519.
- CEIEG. (2021). Chiapa de Corzo, Mapa Municipal. Obtenido de https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/MAPAMUN/027.pdf
- Consejo Nacional de Población (2012). Sistema Urbano Nacional 2012. México: CONAPO.
- Comisión Nacional del Agua (s.f.). CONAGUA. Obtenido de Estaciones meteorológica automáticas: https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s
- Contreras, A., Plata, J. A., & Quevedo, H. (2008). Obtenido de Determinación de la isla de calor urbano en Ciudad Juárez: https://www.researchgate.net/publication/28240989
- Cortés, Y. (2017). Teledetección aplicada a la determinación de islas de calor para los años 2000 y 2016: caso Zona Protectora Forestal Vedada, los Terrenos Forestales de Villa de Allende. Tuxtla Gutiérrez: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Cuesta, J. (2020). Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de Caracterización de la Isla de calor urbana (ICU) mediante el uso de imágenes obtenidas por satélite, procesadas mediante software de código abierto QGIS. Aplicación al caso de Valencia: https://riunet.upv.es/handle/10251/147986
- Curridabat, M. d. (2019). Islas de calor, impactos y respuestas: El caso del cantón de Curridabat. Costa Rica: Municipalidad de Curridabat.
- Cruz, J. (2021). Cuantificación a exposición térmica por movilidad, mediante un registrador de bajo costo en la vía principal de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tuxtla Gutiérrez: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Díaz, L. A. (2017). El Mercurio. Plataforma Urbana. Obtenido de Región metropolitana: la contaminación del aire es el principal problema ambiental: https://www.plataformaurbana.cl/archive/2017/03/29/region-metropolitana-la-contaminacion-del-aire-es-el-principal-problema-ambiental/
- Escobar, F., Hunter, G., Bishop, I., & Zenger, A. (s.f.). The University of Melbourne. Obtenido de Introducción a los SIG: https://www.geogra.uah.es/gisweb/Imodulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GISTheory.htm
- Etecé, E. (2021). Concepto.co. Obtenido de Método analítico: https://concepto.de/metodo-analitico/
- Etecé, E. (2021). Concepto.de. Obtenido de Urbanización: https://concepto.de/urbanizacion/
- Fernández, A. (2009). Ecodes, tiempo de actuar. Obtenido de Ciudades, Islas de calor: https://archivo.ecodes.org/web/noticias/ciudades-islas-de-calor
- García-Cueto, O. R. (2018). PNUD, INECC. Obtenido de Análisis de balances energéticos atmosféricos en Puebla, Mexicali y Ciudad de México: https://www.researchgate.net/publication/318981362
- García-Cueto, O. R., Jáuregui-Ostos, E., Toudert, D., & Tejeda-Matinez, A. (2007). Detección de la isla de calor urbana en Mexicali, BC, México y su relación con el uso del suelo. Atmósfera, 20 (2), 111-131. Recuperado en 02 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci.arttext&pid=S0187-62362007000200001&lng=es&tlng=en.
- García, G., & Rico, K. G. (2020). SENSORES DE BAJO COSTO PARA EL MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. EPISTEMUS, 13(27), 30–37. https://doi.org/10.36790/epistemus.v13i27.108
- Garza, G. (2005). La urbanización de México en el siglo XX. México: El Colegio de México.
- Geoinnova. (2021). Geoinnova. Obtenido de ¿Qué son las firmas espectrales?: https://geoinnova.org/blog-territorio/firmas-espectrales/
- Giridharan, R., Ganesan, S., & Lau, S. (2004). Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong. Energy and Buildings. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2003.12.016
- Gobierno de México. (s.f.). Chiapa de Corzo: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. Data México. Revisada Enero 4, 2023, obtenido https://datamexico.org/es/profile/geo/chiapa-de-corzo.
- Godínez, A. G., & López, M. (2018). "Dinámica de la Isla de Calor Urbana y su efecto en la distribución espacio-temporal de la lluvia en las ciudades de Querétaro y San Juan del Río" TESIS. RI UAEMex. Revisado septiembre 19, 2023, from http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94985/GODINEZ-ANA-LOPEZ-MARLEN-LGAM-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Godoy, G. (2013). Modelo de la Isla de Calor Atmosférico y Superficial: factores en común y alternativas para la mitigación de su efecto en la salud humana y medioambiente urbano. Obtenido de DOI: 10.13140/2.1.1761.6646
- Gómez-Ceballos, D. J., & Morán-Perafán, R. G. (2015). Análisis energético urbano usando metodologías de gestión integral de energía: un caso de estudio en la ciudad de Pasto. Energy and Materials REM, Energética 45, pp.23-31.
- González, L. A., Madrigal, D., & Morales, C. (2007). Isla de calor en Toluca, México. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, 14 (3),307-316. ISSN: 1405-0269. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414308.
- Iberdrola. (2021). Las islas de calor urbanas y sus efectos adversos para sus habitantes. Obtenido de https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/isla-de-calor#:~:text=QU%C3%89%20ES%20UNA%20ISLA%20DE%20CALOR&text=La%20causa%20principal%20son%20la,el%20tr%C3%A1fico%20y%20la%20industria.
- Juáregui, E. (1993). La isla de calor urbano de la ciudad de México a finales del siglo XIX. Investigaciones Geográficas, 1(26). https://doi.org/10.14350/riig.59016.
- Kogut, P. (2021). Teledetección: Tipos Y Aplicaciones De Los Sensores Remotos. EOS Data Analytics. Retrieved September 18, 2023, from https://eos.com/es/blog/teledeteccion/
- Lantada, N., & Núñez, M. A. (2002). Sistemas de información geográfica , prácticas con ArcView. Barcelona: Ediciones UPC.
- Lemonsu, A., & Valéry, M. (2001). Centre National de Recherches Météorologiques. Obtenido de Simulation of summer urban breeze over Paris: https://www.umr-cnrm.fr/IMG/pdf/lemonsu_2002_blm.pdf
- López, F. M., Navarro, L. A., Díaz, R. E., Navarro-Estupiñán, J., & Cejudo-Espinosa, L. (2021). Cobertura vegetal y la distribución de islas de calor/oasis urbanos en Hermosillo, Sonora. Frontera , 33, e2088. Epub 13 de septiembre de 2021.https://doi.org/10.33679/rfn.vi11.2088.
- Maldonado, J. M. (2009). Ciudades y contaminación ambiental. Revista de Ingeniería, (30), 66-71 Recuperado el 01 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci.arttext&pid=S0121-49932009000200009&lng=en&tlng=es.
- Martínez, L. (2000). Instituto Juan de Herrera. Obtenido de Los problemas ambientales del medio ambiente urbano: http://habitat.aq.upm.es/boletin/n15/almar.html
- Mercado, L. (2022). Mitigación y adaptación al efecto de isla de calor urbana de clima cálido seco. El caso de hermosillo, Sonora. Revista científica vivienda y comunidades sustentables, DOI: https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i11.187.
- Meteocultura. (2019). Estación de meteorología. Obtenido de ¿Qué es una estación meteorológica?: https://estaciondemeteorologia.com/que-es-una-estacion-meteorologica/
- Montávez, J. P., González -Rouco, J. F., & Valero, F. (2002). Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de Estudio de la Isla de calor mediante un modelo mesoescalar: http://hdl.handle.net/20.500.11765/9172
- Mora, E. (2017). "ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA ISLA DE CALOR URBANA EN LA CIUDAD DE MORELIA MICHOACÁN" BIOL. EDGAR MORA DAMIAN. Biblioteca Virtual UMSNH. Revisado septiembre 19, 2023, from http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/4397/1/INICIT-M-2017-1168.pdf
- Moreno, M. d., & Serra, J. A. (2016). Biblio3W Revista Bibliográfica de Geografía y ciencias sociales. Obtenido de El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo: una revisión bibliográfica: http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1179.pdf
- Naciones Unidas (2017). La nueva agenda urbana. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible. Obtenido de https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf ISBN: 978-92-1-132736-6
- Nagata, M. (1996). Los sistemas de información geográfica SIG, una herramienta en la gestión del espacio, propuesta a un mapa de aptitud de suelos en la cuenca hidrográfica del Colca. Perú: Espacio y Desarrollo. Obtenido de Los sistemas de información geográfica SIG, una herramienta en la gestión del espacio, propuesta a un mapa de aptitud de suelos en la cuenca hidrográfica del Colca. https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/amenazas-de-la-urbanizacion
- Negrete, M. E., & Salazar, H. (1986). Estudios demográficos y urbanos, zonas metropolitanas en México, 1980. El Colegio de México, 91-124.
- Núñez, M., Román, S.-G. S., & Neila, F. (2016). Hacia un modelo dinámico para la isla de calor urbana de Madrid. Madrid: Anales de edificación. Doi: 10.20868/ade.2016.3198.
- Oke, T. (1987). Boundary Layer Climates, second edition. Gran Bretaña: Routledge, Recuperado de http://www.academia.edu/16752781/T...Oke_-_Boundary_Layer_Climates_1988_.PDF.
- Organización de las Naciones Unidas (2016). La nueva agenda urbana. Obtenido de https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf
- Organización Meteorológica Mundial (s.f.). OMM. Obtenido de Desarrollo Urbano- Megalópolis: https://public.wmo.int/es/desarrollo-urbano-%E2%80%93-megal%C3%B3polis-0#:~:text=Las%20poblaciones%20de%20las%20zonas,los%20efectos%20del%20cambio%20clim%C3%Atico.
- Pulido, S. (2012). Junta de Andalucía. Obtenido de El espacio urbano: http://agrega.juntadeandalucia.es/taller/spulla/10062012/0DE-827d5ddc-27b9-3fb8-95b2-0cf27a683feb/ITEM-le929a92-cc1b-307a-alc1-666a1f04a09/distintas_zonas_urbanas.html
- Rahman, A. (2018). Assignment on Temperature Sensors. DOI: 10.13140/RG.2.2.16747.23844.
- Rodríguez, D., Sánchez, N., Domínguez, J. A., & Pastrana, C. S. M. (2015). Cuestiones de teledetección. UNED.
- Sacristán, F. (2006). La teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. Revista AquaTIC, 13-41.
- Salamanca, F. (2011). Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de Desarrollo de modelos numéricos para investigar la isla de calor en ciudades y estudio de sensibilidad de distintos parámetros urbanos: https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=193640
- Secretaría de Marina (2009). SEMAR. Obtenido de Percepción remota: https://2006-2012.semar.gob.mx/informacion-sector/ciencia/ermexs/temas-de-interes/384-percepcion-remota.html
- Sensorgo. (2020). Sensorgo. Obtenido de Estaciones Meteorológicas: https://sensorgo.mx/estaciones-meteologicas/
- Shifei, M., & Honrubia, M. (2020). Ennomotive. Obtenido de Islas de calor: impacto en el cambio climático y posibles soluciones: https://www.ennomotive.com/es/islas-de-calor/
- Sjovold, K. (2019). El efecto de la isla de calor urbana. Obtenido de https://storymaps.arcgis.com/stories/5301089fe041469c9820b56d92148232
- Sobstyl, J., Emig, T., Abdolhosseini Qomi, M., Ulm, F., & Pellenq, R.-M. (2018). Role of city texture in urban heat islands at nighttime. Obtenido de https://www.epa.gov/heat-islands/
- Suárez, J. (2021). Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Retos y problemas ambientales del área metropolitana de Valledupar: http://ie.u.unal.edu.co/en/medios/noticias-del-ieu/item/retos-y-problemas-ambientales-del-area-metropolitana-de-valledupar
- Tapiador, F. J. (2021). Revista Agunkuyaa. Obtenido de Modelización climática a escala regional: ¿modelos globales o regionales?: https://orcid.org/0000-0002-6773-5250
- Taulé, G. (2013). Levante, el mercantil valenciano. Obtenido de Los transectos térmicos y el clima urbano: https://www.levante-emv.com/opinion/2013/06/14/transectos-termicos-clima-urbano-12889391.html
- Taulé, G. (2014). Levante, el mercantil valenciano. Obtenido de Métodos para medir el efecto de la isla de calor: https://www.levante-emv.com/opinion/2014/09/05/metodos-medir-efecto-isla-calor-12735033.html#:~:text=La%20isla%20de%20calor%20urbano,tipo%20urbano%20y%20otro%20rural.
- Tejada, E., & Solano, M. (2018). Institución Universitaria, Colegio Mayor de Antioquia. Obtenido de Fenómeno Islas de calor, estrategias de mitigación desde el entendimiento de la ocupación espacial y el clima urbano en el Valle de Aburrá: https://issuu.com/cartillasinvestigacion/docs/isla_de_calor
- Tumini, I. (2010). Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. España: SB10MAD sustainable Building conference.
- U. S. Environmental Protection Agency. (2008). Environmental Protection Agency. Obtenido de Reducing Urban Heat Islands: Compendium of strategies: https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium.
- Vásquez, A. (2016). Infraestructura Verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. Revista de geografía Norte Grande, DOI: 10.4067/S0718-34022016000100005.

COMITÉ EDITORIAL 2023-2027

Dra. Verónica Castellanos León
Universidad Autónoma de Chiapas
vleon73@msn.com
veronica.castellanos@unach.mx

Dr. Octavio Grajales Castellanos
Universidad Autónoma de Chiapas
octaviograjales4@gmail.com
octavio.grajales@unach.mx

Dr. Sarelly Martínez Mendosa
Universidad Autónoma de Chiapas
sarellym@gmail.com

Mtra. Lucía María Cristina Ventura Canseco
Instituto Tecnológico de Veracruz
mventura@ittg.edu.mx

Mtra. Lorena del Rosario Rojas Nuacamendi
Space Zero Gravity
lorenarojas@mexicoled.com

Mtra. Lexi Javivi López Ángel
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
lexijavivi_07@hotmail.com

Dra. Bíaani Beeu Martínez Valencia
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
biaaninez@gmail.com
biaani@hotmail.com

Dr. Adolfo de Jesús Solís Muñiz
Universidad Autónoma de Chiapas
asolism@gmail.com

Dr. Fernando Daniel Durán
Universidad Autónoma de Chiapas
fernando.duran@unach.mx

Dr. Rubén Hernán Leal López
Universidad Autónoma de Chiapas
rubenh.leal@gmail.com

Dra. Vivian Gabriela Mazariegos Lima
Universidad Autónoma de Chiapas
vivian.mazariegos@unach.mx

Dra. Ligia Margarita Domínguez Castañón
Universidad Autónoma de Chiapas
mdguez@unach.mx

Dra. María Minerva López García
Universidad Autónoma de Chiapas
minerva@unach.mx

Dr. Óscar Ausencio Carballo Aguilar
Universidad Autónoma de Chiapas
oscar.carballo@unach.mx

Dra. Ivonne Álvarez Gutiérrez
Universidad Autónoma de Chiapas
Ivonne.ag@mail.com

Marx Navarro
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
marxnnavc@yahoo.com

UN UNIVERSO DE
**DIVERSIÓN
Y CIENCIA**
TE ESPERA

Jueves
9:00 - 16:00 hrs
**Viernes, sábados
y domingos**
9:00 - 13:00 hrs
y de 16:00 a 20:00hrs

El planetario contiene la más alta tecnología de proyecciones de imágenes de México y América Latina, donde podrás descubrir la magia de la astronomía y conocerás más acerca del universo.



INSTITUTO
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN
GOBIERNO DE CHIAPAS



INSTITUTO
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN
GOBIERNO DE CHIAPAS

SBEEL
DINOSAURIOS

**¡Ven a vivir la
Aventura!**

En el Museo de Ciencia y Tecnología
MARTES A DOMINGO
DE 10:00 AM A 2:00 PM
(MIÉRCOLES EN LA ENTRADA DE UN ADULTO - 1 NIÑO GRATIS)

Disfruta de la ciencia
con la experiencia de

MUCH AR

la app para
conocer y
aprender

a través de la
Realidad Aumentada

en el Corredor de la Ciencia
del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología

Descárgala en



Copérnico
Es Nicolás Copérnico,
el fue fundador de la
astronomía moderna.

Nuestros paquetes

MUCH

- Salas permanentes
- Sbeel Dinosaurios
- Áreas Lúdicas

\$120.00

KAN

- Salas permanentes
- Áreas Lúdicas

\$100.00

BALAM

- Sbeel Dinosaurios
- Áreas Lúdicas

\$100.00

KUKUL

- Áreas Lúdicas

\$50.00

SALAS PERMANENTES

\$50.00

SENDEROS SBEEL DINOSAURIOS

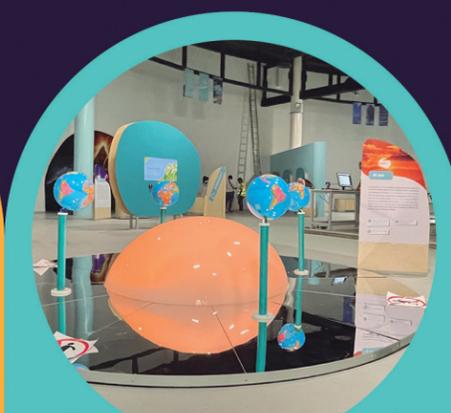
\$50.00

*Costos por persona



SALA BIODIVERSIDAD Y CONOCIMIENTO

Destaca la gran **diversidad biológica y cultural** que alberga el estado de Chiapas. Asimismo, muestra la relación de esta diversidad con las cuestiones **geográficas, climáticas, geológicas y evolutivas**, la cual se refleja en una gran variedad de paisajes naturales y, por ende, de especies y de grupos humanos originarios que han desarrollado un gran **patrimonio cultural**.



SALA ENERGÍA COMO MOTOR DE CAMBIO

Muestra cómo la energía que utilizamos proviene de los recursos naturales y recalca la necesidad de **encaminar los esfuerzos hacia el desarrollo sustentable** para continuar con una sociedad que perdure a largo plazo. Esto implica el uso racional, eficiente y responsable de los **recursos naturales y de las fuentes de energía**.



SALA DESARROLLO SUSTENTABLE

Señala que ya estamos **viviendo los efectos del cambio climático**. Además, nos muestra que nosotros como sociedad estamos frente a una disyuntiva afrontar con voluntad, conocimientos y creatividad el cambio climático o continuar consumiendo lo que queda del planeta caminando hacia un futuro ciertamente oscuro.



INSTITUTO
**DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN**

GOBIERNO DE CHIAPAS

TODA NUESTRA
OFERTA DE SERVICIOS
LA PUEDES ENCONTRAR **AQUÍ**

icti.chiapas.gob.mx



Sigue nuestras redes sociales
para **mantenerte informado**