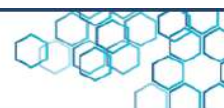


CIENCIA EN REVOLUCIÓN

ISSN: 2610-8216

Depósito Legal: MI2019000004

Volumen 9, número 25, (enero-junio 2023)



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 25 (enero-junio, 2023)

ISSN-e: 2610-8216

Depósito legal: MI2019000004

Revista arbitrada e indizada en: Revencyt ; Academic Resource Index ; Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico ; Directorio de Latindex ; pendiente de clasificación en Latindex Catálogo 2.0; AmelICA ; AURA ; SHERPA/ROMEO ; disponible en ; firmante de DORA  y de la iniciativa Helsinki .

Ciencia en Revolución

Órgano de divulgación científica, tecnológica y social.

Su propósito es la difusión y apoyo a las investigaciones, así como de las actividades académicas.

Editora Jefe

Dra. Magaly Henríquez González
Presidencia

Centro Nacional de Tecnología Química, Venezuela
e-mail: mhenriquez.cntq@gmail.com

Editor Ejecutivo

Sección Ciencia y Tecnología
Dr. Samuel Villanueva
Dirección Técnica

Centro Nacional de Tecnología Química
e-mail: svillanueva.cntq@gmail.com

Editora Ejecutiva

Sección Ciencia y Comunidad
Lcda. Dayana Arreaza
Gerencia AAI

Centro Nacional de Tecnología Química
e-mail: darreaza.cntq@gmail.com

Editor Asociado

MSc. Héctor Rodríguez
Gerencia PIDi

Centro Nacional de Tecnología Química
e-mail: hrodriguez.cntq@gmail.com

Junta Editorial

Dr. Marcos Rosa-Brussin
Universidad Central de Venezuela
e-mail: marcos.rosa@ciens.ucv.ve

Dr. Ángel Almarza
Universidad de Carabobo Venezuela
e-mail: adalmarza@gmail.com

Dr. Germán Siegert Carrasquel
Universidad Central de Venezuela
e-mail: gersiegert@hotmail.com

MSc. César Alejandro Basanta
Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo
Venezuela

Dr. José Gregorio Biomorgi
Universidad Central de Venezuela
Venezuela

Apoyo Técnico

MSc. Jenny De Almeida
Centro Nacional de Tecnología Química
e-mail: jdealmeida.cntq@gmail.com

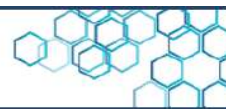
Lcda. Nilia Fuenmayor
Centro Nacional de Tecnología Química
e-mail: nfuenmayor.cntq@gmail.com

MSc. Rosana Sánchez
Centro Nacional de Tecnología Química
e-mail: rsanchez.cntq@gmail.com

MSc. Waleska Madden
Centro Nacional de Tecnología Química
e-mail: wmadden.cntq@gmail.com

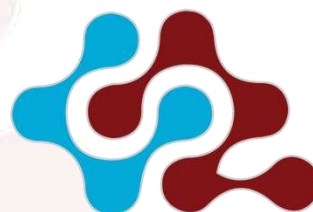
Web master y Revisora: Lcda. María Laura Chona

Diagramación y diseño de plantilla: Lcdo. Alejandro Campero



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 25 (enero-junio, 2023)

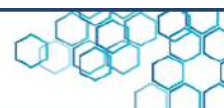
Ciencia en Revolución



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

**CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA
CNTQ**

Complejo Tecnológico Simón Rodríguez, sector noreste,
Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda, Galpón N°1,
La Carlota, Caracas, Venezuela



Ciencia en Revolución, Vol. 9, N° 25 (enero-junio, 2023)

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Manufactura y Valorización de la Materia Prima Nacional

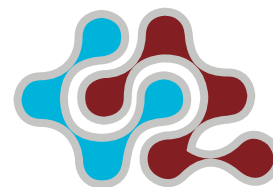
Lcda. Nilia Fuenmayor
Coordinadora
e-mail: nfuenmayor.cntq@gmail.com

Sistemas de Gestión de la Calidad

MSc. Jenny De Almeida
Coordinadora
e-mail: jdealmeida.cntq@gmail.com

Energía y Ambiente

Ing. Yvelit Guerrero
Coordinadora
e-mail: yguerrero.cntq@gmail.com



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Contenido General (Index)



06

Editorial

Magaly Henríquez

Ciencia y Tecnología



08

Artículo de investigación

Vigilancia ambiental de SARS-CoV-2 en Caracas mediante epidemiología de aguas residuales

Environmental surveillance of SARS-CoV-2 in Caracas through wastewater epidemiology

Bastardo Marjorie, Rangel R. Héctor, Malaver Nora, Farías Alba, Moncada Nelson, Rodríguez María, Zamora-Figueroa Alejandra.



34

Artículo de investigación

Actividad antiviral contra el SARS-CoV-2 empleando extractos de Ficus carica y Plectranthus amboinicus

Antiviral activity against SARS-CoV-2 using extracts of Ficus Carica and Plectranthus amboinicus

Daniela Anato, María José Rodríguez-Núñez, Alberto Herrera, Adolfo Brema, Alírica Suárez, Domingo Garzaro, Héctor R. Rangel



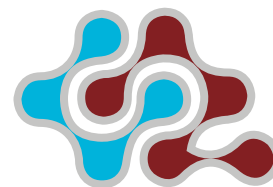
56

Artículo de investigación

Determinantes de reacción cruzada de carbohidratos (CCD) en panel de IgE específica para alimentos en población mestiza venezolana

Determinants of carbohydrate cross-reaction (CCD) in a food-specific IgE panel in a mestizo Venezuelan population

Soriuska Mayora Hernández, Francis Crespo Serrano, Wendy Martínez Vasquez, Samantha Gutiérrez Bassi, Miller Meléndez Rodríguez, Inirida Belisario Gómez, Christian Medina García, Juan Bautista De Sanctis, Alexis García Piñero



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Contenido General (Index)



84

Artículo divulgación

Genómica al servicio de la salud: Tres años de pandemia viral

Genomics at the service of health: Three years of viral pandemic

Rossana Jaspe, Carmen Loureiro, Yoneira Sulbarán, Zoila Moros, José Luis Zambrano, Héctor Rangel, Flor Pujol, Pierina D' Angelo, Lieska Rodríguez



101

Revisión preliminar

Anticuerpos IgY para la identificación de Escherichia coli enteropatógena: avance de resultados

IgY antibodies to identify enteropathogenic Escherichia coli: a preview of results

Rosabel González, Yordi Boher.



125

Artículo de divulgación

Ecosistemas agroalimentarios y crisis global ¿Resiliencia a qué y de qué?

Agri-food ecosystems and global crisis ¿resilience to what and from what?

Yurani Godoy Rangel



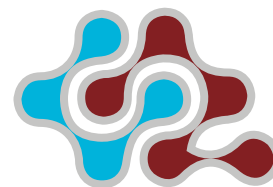
156

Artículo de divulgación

Cosecha de humedad atmosférica: Nuevos materiales y tecnologías bioinspirados para mitigar la escasez de agua

Atmospheric moisture harvesting: New bioinspired materials and technologies to mitigate water scarcity.

Reinaldo Atencio, Alexander Briceño



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Contenido General (Index)



189

Nota técnica

Análisis interpretativo del oprimido como alternativa descolonial a la hermenéutica

Interpretive analysis of the oppressed as a decolonial alternative to hermeneutics

Gustavo Semprun



224

Artículo de divulgación

El discurso integracionista del siglo XIX como referente de construcción de una identidad cultural nuestroamericana

The integrationist discourse of the nineteenth century as a reference for the construction of a cultural identity of our America

Fabiola Velasco Pérez



248

Artículo de investigación

Valoración de la calidad y origen del cacao fino de aroma venezolano

Assessment of the quality and origin fine aroma cocoa Venezuelan

Clímaco Álvarez, Elevina Pérez, Geovanny Silva, Nancy Silva, Angélica Pavani



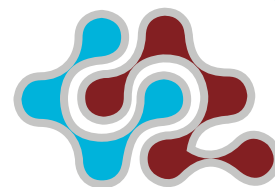
283

Artículo de divulgación

Uso local de la fauna silvestre en dos comunidades del Macizo Montañoso del Turimiquire, estado Sucre, Venezuela

Local use of wildlife in two communities of the Turimiquire Mountain Massif, Sucre state, Venezuela

Mariela Cova1, Antulio Prieto



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Contenido General (Index)



305

Revisión preliminar / Artículo de divulgación

Decodificación de un calendario lunar metónico representado en un petroglifo geométrico de la estación Capubana, en el Cerro de Santa Ana. Edo. Falcón. Venezuela

Decoding of a Metonic lunar calendar represented in a geometric petroglyph at the Capubana station, on Cerro de Santa Ana. Edo. Falcon. Venezuela

Enrique Acasio1

Editorial

10.5281/zenodo.8335777

En esta nueva entrega de la revista *Ciencia en Revolución*, en su ejemplar volumen nueve (9), número veinticinco (25), correspondiente a la edición enero – junio del 2023, continuamos firme en nuestro propósito de motivar la difusión y comunicación de los conocimientos, resultados e investigaciones en materia de ciencia y tecnología, haciéndolos accesibles y visibles. Esta vez, tenemos el orgullo de haber sido seleccionados para hacerles llegar a ustedes los 12 artículos premiados en el primer concurso de publicación científica, realizado en conmemoración del primer aniversario de la creación de la Vicepresidencia Sectorial de Ciencia, Tecnología, Educación y Salud de la República Bolivariana de Venezuela.

Para ello, el cuerpo editorial de la revista asume con un sentido de responsabilidad y dedicación la labor de avalar la calidad de los artículos para garantizar la accesibilidad, visibilidad y heterogeneidad de manera expedita, con el fin de unir esfuerzos para romper con el problema de fondo, la desigualdad mundial en la creación y accesibilidad del conocimiento.

En tal sentido, esta edición inicia abordando el área de salud, con tres artículos científicos. En primera instancia, Marjorie Bastardo y colaboradores, nos brinda una visión de la vigilancia ambiental de SARS-CoV-2 en Caracas, mediante la implementación de la epidemiología de aguas residuales. Luego, Daniela Anato y colaboradores, realizan una evaluación de la capacidad de extractos seleccionados de las plantas de la higuera (*Ficus carica*) y el orégano orejón (*Plectranthus amboinicus*) para inhibir la infección de SARS-CoV-2 en células Vero E6. Seguidamente, Soriuska Mayora Hernández y colaboradores, presentan un trabajo de revisión preliminar, donde determinan la prevalencia de reacción cruzada de carbohidratos (CCD) en el panel de IdE específica para alimentos en población mestiza venezolana. Además, Rossana Jaspe y colaboradores nos hacen entrega de un artículo de divulgación sobre los programas de vigilancia genómica y su utilidad para identificar, monitorear y determinar el grado de dispersión de variantes virales. También, Rosabel Hernández y Yordi Boher, presentan los avances en el uso de anticuerpos IgY para la identificación de *Escherichia coli* enteropatógena.

Posteriormente, la edición se adentra en el área ambiental con dos artículos de divulgación, iniciando con el aporte de Yurani Godoy Rangel con su trabajo que se centra en el

agroecosistema, como un sistema socioecológico y su capacidad para resistir a la crisis ambiental global. Luego, continuamos con el trabajo de Reinaldo Atencio y Alexander Briceño en el cual nos brindan información sobre la cosecha de humedad atmosférica, nuevos materiales y tecnologías bioinspirados para mitigar la escasez de agua.

Seguidamente, hacemos un recorrido por la sociología con los artículos de divulgación de Gustavo Semprún, quien mediante una investigación explorativa, interpretativa y propositiva realiza un análisis interpretativo del oprimido como alternativa descolonial a la hermenéutica. De igual forma, Fabiola Velasco Pérez que no brinda una exploración crítica y documental que aborda el tema del discurso integracionista del siglo XIX como referente de construcción de una identidad cultural nuestroamericana.

Luego, la edición continua con el artículo científico de Clímaco Álvarez y colaboradores, en donde nos presentan la valorización de la calidad física y sensorial de muestras de granos de cacao fermentados y secos de diez regiones de Venezuela. Asimismo, Mariela Cova y Antulio Prieto nos hacen entrega de un artículo de divulgación sobre el uso local de la fauna silvestre en dos comunidades del Macizo Montañoso del Turimiquire, estado Sucre, Venezuela. Y finalmente, Enrique Acasio nos presenta una revisión preliminar referente a la decodificación de un calendario lunar metónico, representado en un petroglifo geométrico de la estación Capubana, en el cerro de Santa Ana, estado Falcón, Venezuela.

Esperamos que sea de su agrado la lectura y disfrute de estos 12 artículos que les brinda esta nueva edición de la revista.

Además, quisiéramos agradecer especialmente a todo el equipo que forma parte de esta revista y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la publicación de esta edición.

Nos despedimos reiterando nuestro compromiso de servir como una ventana para mostrar con orgullo a Venezuela y al mundo, los avances en materia de ciencia y tecnología, extendiendo la invitación a todos los autores fuera y dentro de nuestras fronteras, a publicar y continuar fortaleciendo el área científico-tecnológico y social.

Dra. Magaly Henríquez González

Editora – Jefe



Artículo de investigación

Vigilancia ambiental de SARS-CoV-2 en Caracas mediante epidemiología de aguas residuales

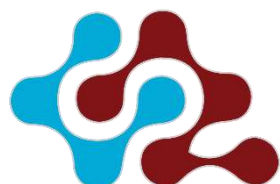
Bastardo Marjorie¹ , Rangel R. Héctor³ , Malaver Nora¹ , Farías Alba¹ , Moncada Nelson² , Rodríguez María¹ , Zamora-Figueroa Alejandra^{1*} .

¹ Laboratorio de Ecología de Microorganismos, Centro de Ecología Aplicada. Instituto de Zoología y Ecología Tropical. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. ² Laboratorio de Biología de Vectores y Parásitos. Centro de Ecología y Evolución. Instituto de Zoología y Ecología Tropical. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. ³ Laboratorio de Virología Molecular, Centro de Microbiología y Biología Celular. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Altos de Pipe, Miranda, Venezuela.

Resumen

En marzo del 2020 la OMS declaró la pandemia por COVID-19, enfermedad causada por el coronavirus SARS-CoV-2. En diversos países se ha implementado la epidemiología de aguas residuales para la vigilancia ambiental del virus en las comunidades. El ARN del SARS-CoV-2 se excreta a través de las heces, saliva y el esputo, fluidos que son eliminados a través de sistemas de aguas residuales, y su detección y cuantificación se relaciona con los casos activos de la COVID-19. En tal sentido, el objetivo fue detectar la presencia de este virus en aguas residuales en diferentes parroquias de Caracas y determinar patrones de prevalencia. Se realizó la concentración del ARN viral, extracción y posterior RT-qPCR dirigida a los genes N1 y ORF1ab. Del total de muestras recolectadas, el 88,5 % fueron positivas. Aquellas parroquias con mayor densidad poblacional también mostraron mayores concentraciones de SARS-CoV-2 en aguas residuales. Asimismo, se encontró correlación entre los casos de COVID-19 reportados con la concentración viral en el agua. La aplicación de la epidemiología de aguas residuales, como una herramienta nueva en Venezuela aplicada a la vigilancia de SARS-CoV-2 en la Región Capital mostró ser de mucha utilidad como complemento de la vigilancia epidemiológica del virus.

Palabras clave: Epidemiología de aguas residuales; SARS-CoV-2; COVID-19; aguas residuales; vigilancia ambiental.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 29 de mayo del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335589>

***Autor para**

correspondencia: Zamora-Figueroa Alejandra

e-mail:

alejandra.zamora@gmail.com

Research article

Environmental surveillance of SARS-CoV-2 in Caracas through wastewater epidemiology

Bastardo Marjorie¹ , Rangel R. Héctor³ , Malaver Nora¹ , Farías Alba¹ , Moncada Nelson² , Rodríguez María¹ , Zamora-Figueroa Alejandra^{1*} .

¹ Laboratorio de Ecología de Microorganismos, Centro de Ecología Aplicada. Instituto de Zoología y Ecología Tropical. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. ² Laboratorio de Biología de Vectores y Parásitos. Centro de Ecología y Evolución. Instituto de Zoología y Ecología Tropical. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. ³ Laboratorio de Virología Molecular, Centro de Microbiología y Biología Celular. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Altos de Pipe, Miranda, Venezuela.



Abstract

On March 2020, WHO declared the COVID-19 pandemic, a disease caused by the SARS-CoV-2 coronavirus. In various countries, wastewater epidemiology has been implemented for environmental surveillance of the virus in communities. SARS-CoV-2 RNA is excreted through feces, saliva and sputum, fluids that are eliminated through wastewater systems, and its detection and quantification relate to active cases of COVID-19. In this sense, the objective was to detect the presence of this virus in wastewater in different parishes of Caracas and determine prevalence patterns. Viral RNA concentration, extraction and subsequent RT-qPCR targeting the N1 and ORF1ab genes were performed. Of the total samples collected, 88,5 % were positive. Those parishes with higher population density also showed higher concentrations of SARS-CoV-2 in wastewater. Likewise, a correlation was found between the cases of COVID-19 reported with the viral concentration in the water. The application of wastewater epidemiology, as a new tool in Venezuela applied to the surveillance of SARS-CoV-2 in the Capital Region, proved to be very useful as a complement to the epidemiological surveillance of the virus.

Keywords: wastewater-based epidemiology; SARS-CoV-2; COVID-19; wastewater; environmental surveillance.

Received: May 15, 2022

Accepted: May 29, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335589>

***Corresponding author:**

Zamora-Figueroa Alejandra

e-mail:

alejandra.zamora@gmail.com

1. Introducción

En diciembre de 2019, la Organización Mundial de la Salud (OMS) fue informada sobre un brote de neumonía en Wuhan, provincia de Hubei, China, para ese momento la etiología no fue identificada. El 30 de enero de 2020, la OMS declaró la epidemia de coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) como una emergencia de salud pública de importancia internacional (ESPII). El 11 de febrero de 2020, la OMS nombró oficialmente el brote actual de enfermedad por coronavirus como Enfermedad por coronavirus-2019 (COVID-19) [1] y el Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV) nombró al virus como SARSCoV-2 [2]. La diseminación viral a través de países asiáticos y europeos llevó a la OMS a declarar la pandemia del COVID-19 en marzo de 2020 [3].

El SARS-CoV-2 es un virus RNA de la familia Coronaviridae, la cual también incluye al virus SARS-CoV-1 causante del brote de SARS en 2003 [4] y el coronavirus del síndrome respiratorio del Medio Oeste (MERS-CoV, por sus siglas en inglés) que causó el brote de MERS en 2012 [5].

El receptor celular del SARS-CoV-2, la enzima convertidora de angiotensina 2 (ECA-2) se expresa abundantemente en el intestino delgado [6] por lo que el tracto gastrointestinal es permisivo para la replicación viral. De hecho, el virus se ha detectado en epitelios gástricos, esofágicos, duodenales, rectales e intestinales [7, 8, 9]. Cualquier virus excretado fecalmente alcanzará las aguas residuales [10]. La detección del ARN del SARS-CoV-2 que se excreta a través de las heces, saliva y el esputo, fluidos que son eliminados a través de



sistemas de aguas residuales [11, 12], constituye una prueba de la circulación de dicho virus en la población. Además, el ARN del SARS-CoV-2 podría detectarse incluso si hubiese un subregistro del número de casos confirmados [13] pues, en ocasiones las personas infectadas no presentan síntomas.

Este hecho constituye el fundamento de la epidemiología basada en aguas residuales (WBE, Wastewater-Based Epidemiology, por sus siglas en inglés), la cual es una herramienta importante para detectar agentes patógenos y puede servir como sistema de alerta temprana para los brotes de enfermedades [14]. El enfoque se basa en la suposición de que cualquier sustancia que sea excretada por los seres humanos y sea estable en las aguas residuales puede utilizarse para calcular la concentración original excretada por la población atendida. Este mismo concepto se puede traducir a la vigilancia del virus [15]. Un ejemplo de ello ha sido la caracterización molecular de rotavirus detectados en aguas residuales, lo cual permitió obtener una panorámica de la epidemiología de dichos agentes de gastroenteritis infantil en distintas áreas geográficas, con el fin de predecir la eficiencia de una futura vacunación para rotavirus [16].

Esta metodología se planteó por primera vez como una herramienta potencial para evaluar el uso de drogas ilícitas y fármacos terapéuticos mal utilizados dentro de una comunidad en el año 2001 [17]. También se ha aplicado en el pasado para virus no envueltos con un enfoque particular en los poliovirus, sobre todo en países como Egipto e Israel [18, 19] y desde entonces, la vigilancia ambiental sistemática se utiliza como complemento de la vigilancia de poliomeilitis, y en menor medida enterovirus [20], echovirus [21], adenovirus [22], poliovirus [23], y Hepatitis E [24].



La detección de SARS-CoV-2 en aguas residuales permite implementar un sistema de alerta temprana y de vigilancia para detectar cambios en la circulación del virus en la población, pues, la concentración viral en las aguas residuales de un área determinada es un indicador de la prevalencia de la infección en la población [25, 26].

Por otro lado, la epidemiología basada en aguas residuales no solo tiene el potencial de detectar virus en aguas residuales, sino que también es capaz de rastrear la diversidad y la propagación de variantes virales en lugares urbanos y suburbanos, lo que puede ayudar a los esfuerzos de salud pública para controlar los brotes de la enfermedad [14] y además tiene la ventaja de que no depende de los recursos sanitarios y clínicos [27].

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue detectar la presencia del virus SARS-CoV-2 en aguas servidas de la ciudad de Caracas para de esta forma establecer un patrón espacio-temporal de zonas con mayor y menor prevalencia del virus.

2. Metodología

2.1 Recolección de las muestras

Se colectaron muestras simples de aguas residuales directamente del sistema de alcantarillado de la Ciudad de Caracas. Se escogieron ocho (8) sectores como se muestra en la Figura 1: San Bernardino, Caricuao, Catia, Propatria, Poliedro, Coche, Los Chaguaramos y Petare, que pertenece al Estado Miranda y es una parroquia con alta densidad

poblacional. Las muestras se captaron con una frecuencia semanal, en el período comprendido desde el 6 de septiembre hasta el 29 de noviembre del 2021, en envases de vidrio estériles, y para su conservación se mantuvieron refrigeradas en cavas durante el traslado al laboratorio. Durante la recolección, se midieron *in situ* parámetros fisicoquímicos pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura usando una sonda multiparamétrica.

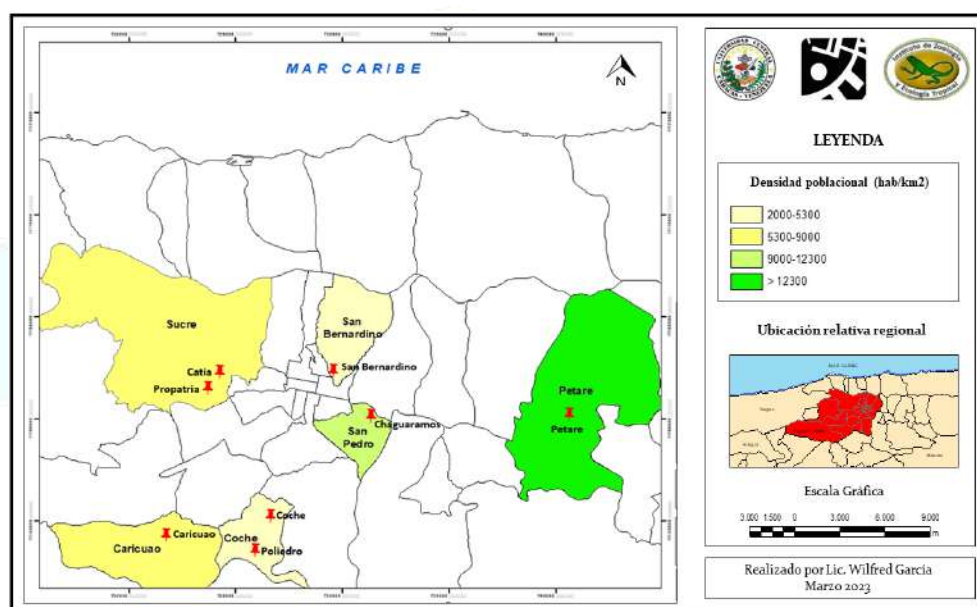


Figura 1. Mapa de ubicación relativa de los sitios de muestreo en las diferentes parroquias que constituyeron el área de estudio. Fuente: Elaborado por Wilfred García (2023).

2.2 Pasteurización

Con el fin de inactivar los patógenos en el agua residual, ésta se pasteurizó colocando las muestras en baño de calentamiento a 60 °C

durante 90 minutos [28] y una vez finalizado este paso se guardaron a -20°C hasta su posterior procesamiento.

2.3 Concentración viral

Todas las muestras se concentraron de acuerdo al protocolo descrito por Trujillo et al. [28], procesando submuestras de 40 mL y añadiendo PEG hasta una concentración de 10 % p/v y NaCl 0,4 M para precipitar las partículas virales. Las muestras se incubaron a 4°C toda la noche y luego se centrifugaron a 12.000 xg durante 120 minutos a 4°C . Finalizada la centrifugación, la mayor parte del sobrenadante se retiró por decantación, el pellet se resuspendió en el líquido restante y se tomó una alícuota de 1 mL, que se almacenó a -20°C hasta realizar el procedimiento de extracción.

2.4 Extracción de ARN y cuantificación viral

La extracción de ARN viral se realizó usando el kit comercial de IBI Scientific® siguiendo las instrucciones del fabricante. La cuantificación viral se realizó mediante PCR en tiempo real con transcripción inversa (RT-qPCR). La RT-qPCR fue dirigida a las regiones ORF1ab y N1 del ARN viral. Se utilizó el kit diagnóstico de Sansure Biotech [Novel Coronavirus (2019-nCov) Nucleic Acid Diagnostic Kit (PCR-Fluorescence Probing)]. Las muestras se consideraron positivas para valores de Ct (cycle threshold, por sus siglas en inglés) por debajo de 40 [30, 31].

2.5 Curva de calibración

Los datos obtenidos con la RT-qPCR fueron convertidos de Ct a copias de genes por reacción (GC) utilizando una curva de calibración para cada gen. Para la realización de la curva se utilizaron tres alícuotas de aproximadamente 40 μL del virus SARS-CoV-2 inactivado y cultivado en laboratorio, se realizaron diluciones seriadas con un factor de 10, desde 10^{-1} a 10^{-10} , estas diluciones se hicieron por triplicado, tomando 10 μL del ARN viral y 90 μL de agua ultrapura. Se procedió a realizar la RT-qPCR, y de acuerdo a los resultados se realizó la curva de Ct vs GC para cada gen. La concentración inicial se determinó de acuerdo a la dilución cuyo Ct era más alto (en este caso, 10^{-8}), suponiendo que había 10 copias de genes en esta dilución. Para la conversión de Ct a GC se utilizó la ecuación de Flood et al. [32].

2.6 Medición de parámetros fisicoquímicos

Los parámetros de temperatura, pH y conductividad se midieron utilizando un equipo multiparámetro, sumergiendo los electrodos correspondientes directamente en las muestras de agua hasta que el valor de la lectura de la pantalla se estabilizara.

2.7 Análisis de datos

Se creó un mapa de calor (heat map) para visualizar la actividad de transmisión en las comunidades en función de la intensidad de la carga viral y los datos correspondientes a cada punto de muestreo. A fin de determinar la correlación entre la carga de SARS-CoV-2 en agua y los casos de COVID-19 reportados se realizaron pruebas de correlación de rango de Spearman. Debido a que el propósito de esta correlación era establecer un patrón temporal, la variabilidad espacial fue obviada realizando un promedio con las 8 muestras captadas en cada semana de muestreo. Se realizó un análisis de componentes principales con el fin de correlacionar las variables fisicoquímicas medidas *in situ* con los valores de concentración viral determinados en cada sitio y fecha de muestreo. Todos los análisis fueron realizados usando el software libre R, versión 4.1.1.

3. Resultados

La parroquia con mayor densidad poblacional es Petare, con más de 12.300 habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km^2), seguida de la parroquia San Pedro como indica la Figura 1. Esta información es relevante puesto que desde el punto de vista epidemiológico se puede esperar mayor o menor concentración viral con base al número de contagios de dichas parroquias.

Se analizaron un total de 104 muestras, de las cuales 92 resultaron positivas al menos para uno de los genes analizados, lo que

representa un índice de positividad del 88,5 % como se reporta en la Tabla 1.

Tabla 1. Índice de positividad de las muestras residuales por parroquia

Parroquia	Índice de positividad (%)			Total (por parroquia)
	Septiembre	Octubre	Noviembre	
Caricuao	100	100	100	100
Coche	100	87,5	80	88,5
Petare	75	50	80	69,2
San Bernardino	100	100	100	100
San Pedro	100	75	60	76,9
Sucre	100	87,5	90	92,3
Total (por mes)	96,9	84,4	82,5	-

Fuente: Elaboración propia del autor (2022)

En las parroquias Caricuao y San Bernardino se detectó el SARS-CoV-2 en la totalidad de muestras colectadas. En contraste con esto, las muestras de Petare presentaron el menor índice de positividad (69,2 %), detectándose el virus en el mes de octubre solo en el 50 % de las muestras. En las parroquias Coche y San Pedro el índice de positividad presentó tendencia negativa, mientras que en las muestras colectadas en las parroquias Petare y Sucre se reportó un índice de detección que disminuyó de septiembre a octubre, pero aumentó en el mes de noviembre.

La Figura 2 muestra el patrón temporal del promedio en la concentración de SARS-CoV-2 en aguas residuales y el promedio de casos de COVID-19 reportados en las parroquias pertenecientes al área de estudio. Se determinó una correlación positiva ($\rho=0,71$) y significativa ($p<0,05$) entre los casos de COVID-19 reportados y la concentración viral en aguas residuales.

Los datos indicaron un aumento en el promedio de casos de COVID-19 en el mes de septiembre, disminuyendo hacia finales del mes de noviembre, tendencia que también se observó en algunas parroquias estudiadas.

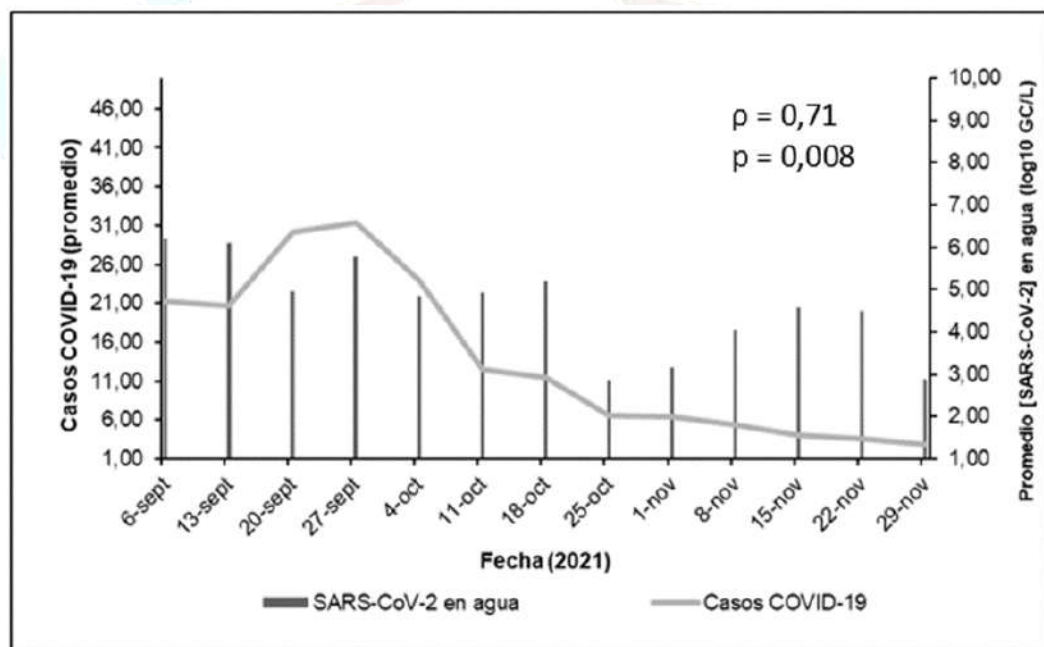


Figura 2. Promedio de casos de COVID-19 y concentración de SARS-CoV-2 en agua residual durante las diferentes fechas de muestreo. Fuente: Elaboración propia del autor (2023).

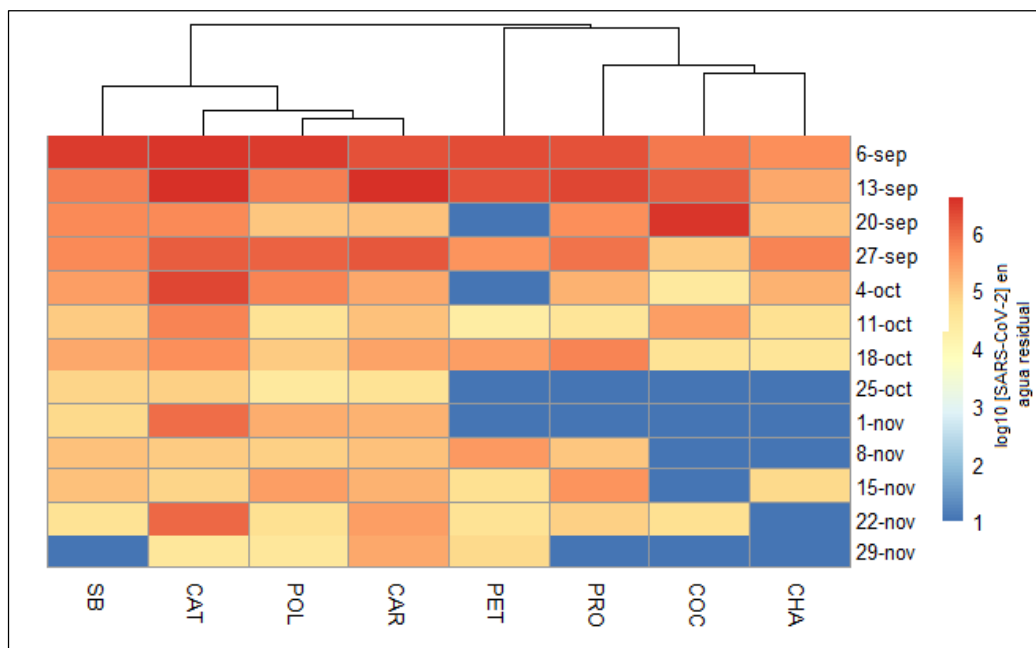
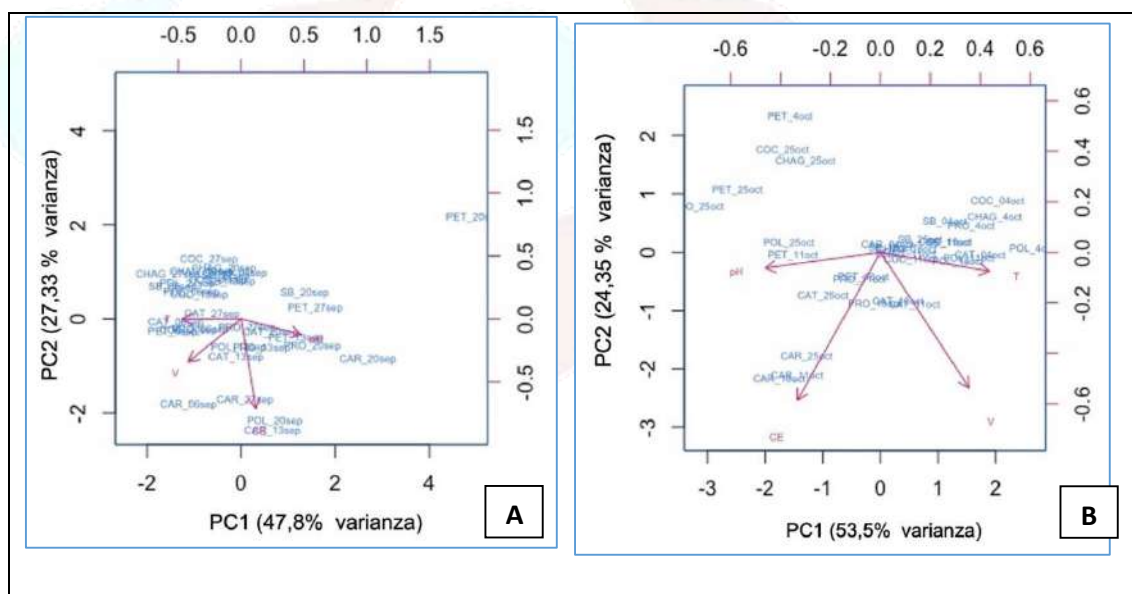


Figura 3. Heat map que muestra la concentración de SARS-CoV-2 en agua residual en cada sitio durante el periodo de muestreo. SB= San Bernardino, CAT = Catia, POL = Poliedro, CAR = Caricuao, PET = Petare, PRO = Propatria, COC = Coche, CHA = Chaguaramos. Elaboración propia del autor (2023).

En la Figura 3 (heatmap) se puede observar el patrón espacio-temporal de las concentraciones virales determinadas. Al inicio de los muestreos, la carga viral fue alta en todos los sitios, con una tendencia a disminuir a medida que pasaban las semanas. También, hubo muestreos en los que ninguno de los genes virales fue detectado (color azul en el gráfico). A partir del 20 de septiembre la carga viral disminuyó en la mayoría de los sitios, excepto Coche, donde se reportó un aumento de la misma. Se observó que Catia fue uno de los sitios cuyas muestras presentaron concentración viral de alta a moderada durante todo el período de muestreo, seguido de Caricuao y Poliedro. En las parroquias Petare,

Coche y Chaguaramos se determinó una disminución en la concentración viral luego a partir del 25 de octubre.

La Figura 4 representa los diferentes análisis de componentes principales que relacionan las variables fisicoquímicas y la concentración viral determinadas para cada sitio y fecha de muestreo. El análisis revela una relación entre la concentración viral detectada, la conductividad eléctrica y la temperatura. Aún cuando la correlación lineal entre las variables no fue significativa ($p>0,05$), los gráficos indican que existe una asociación entre estas variables, tanto espacial como temporalmente.



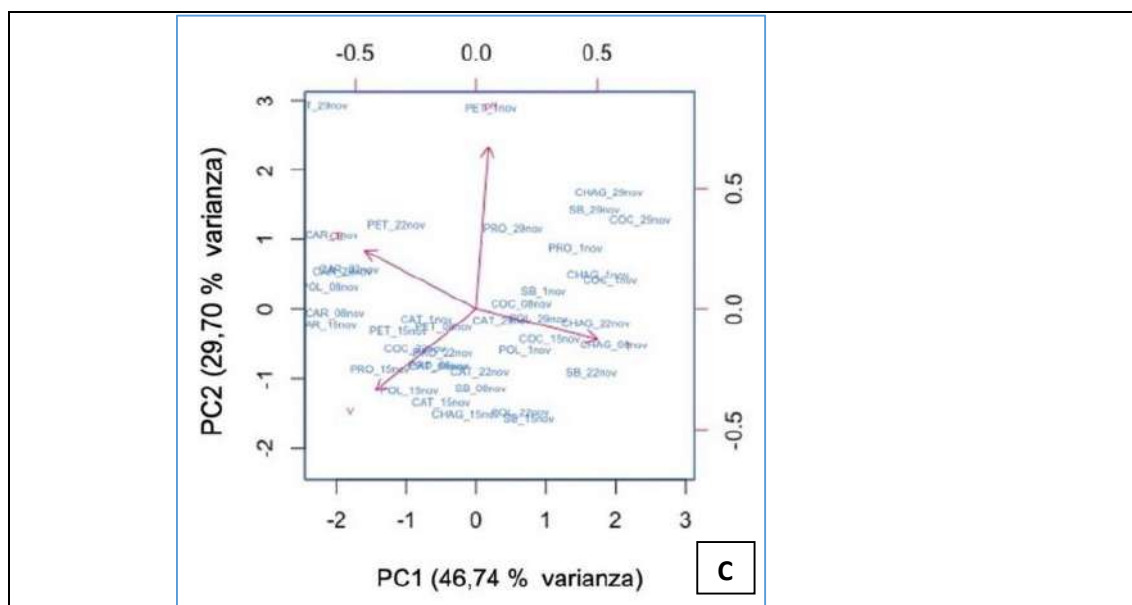


Figura 4. Análisis de componentes principales de variables fisicoquímicas y concentración viral en los diferentes sitios y fechas de muestreo. A: septiembre. B: octubre. C: noviembre. Fuente: Elaboración propia del autor (2023).

4. Discusión de resultados

La epidemiología basada en aguas residuales ha mostrado carácter predictivo en algunas circunstancias, permitiendo mejorar la toma de decisiones relacionadas con el posible manejo de la enfermedad. Esta metodología, aplicada por primera vez en Venezuela por nuestro grupo de investigación, se vuelve esencial especialmente cuando se tienen limitaciones en el número de pruebas clínicas que podrían realizarse y un período relativamente largo para que las personas infectadas muestren síntomas [33]. Además, muestra un gran potencial



para proporcionar información completa sobre el estado de salud de manera integral y casi en tiempo real a nivel comunitario [34].

De las seis parroquias muestreadas, la de mayor densidad poblacional era Petare y, sin embargo, esta fue la parroquia que reportó el menor índice de positividad (69,2 %), seguida de San Pedro (76,9 %) que fue la segunda en densidad poblacional. Esto puede estar relacionado con la ubicación del punto de muestreo, para parroquias con una mayor superficie, como por ejemplo Petare (40 km² según INE) [35] puede resultar más adecuado realizar el muestreo en distintos puntos de la misma para así cubrir una mayor área y poder obtener resultados más concordantes. A esto se le suman otras variables como viviendas que no se encuentran conectadas al sistema de alcantarillado, cuyas aguas residuales son vertidas en quebradas y/o en el Río Guaire directamente.

Un aspecto que influye en el índice de positividad en las diferentes parroquias es el tipo del sistema de alcantarillado, porque en aquellos lugares donde el sistema es combinado, que recibe tanto aguas pluviales como aguas residuales en un solo sistema [36] se detecta menor concentración de partículas virales porque las muestras se encuentran más diluidas. En la ciudad de Caracas, al parecer la mayoría de las alcantarillas son combinadas, aspecto que se observó durante las campañas de muestreo.

Asimismo, la disminución en el índice de positividad con el tiempo, del 96,9 % en septiembre a 82,5 % en noviembre, podría estar relacionado con la disminución en los casos reportados de COVID-19. Cabe destacar que a partir del mes de septiembre iniciaron las campañas de vacunación en el país [37] y esto también pudo influir en



la disminución en la cantidad de individuos infectados, y, por ende, la carga de SARS-CoV-2 en agua. A pesar de ello, la prueba de correlación de rangos de Spearman reveló que la concentración de SARS-CoV-2 detectada se correlacionó significativamente con el número de casos notificados, comprobándose la hipótesis de que la concentración del virus en aguas residuales refleja la cantidad de personas infectadas en la comunidad donde se realiza el muestreo (Figura 2).

De acuerdo con los datos del reporte diario de casos de COVID-19, el número fue mayor en la parroquia Sucre, seguida de la parroquia Caricuao. Nuestro sitio de muestreo en Catia (Parroquia Sucre) presentó igualmente altos valores de concentración viral en los tres meses de muestreo (Figura 3). Este es un sector que contempla un conjunto de urbanizaciones, barrios populares y sectores comerciales de gran densidad poblacional, lo que contribuye a tener una mayor prevalencia de la enfermedad en la zona. De igual forma, Caricuao fue otro de los puntos donde se obtuvieron valores altos de concentración viral, y en esta parroquia, con alta densidad poblacional y alta actividad comercial, se observó en las diferentes campañas de muestreo al igual que en Catia, que el cumplimiento de las medidas de bioseguridad era deficiente.

A diferencia de Sucre y Caricuao, las parroquias San Bernardino y San Pedro son parroquias residenciales, con una población predominantemente adulta, pero que también tienen una amplia presencia de hospitales y clínicas que atienden a buena parte de la población caraqueña. Tal y como lo explican Li et al. [38] la principal incertidumbre en la ubicación del punto de muestreo es tener en cuenta la presencia de cualquier hospital en la zona de captación de la muestra o puntos críticos interesados, ya que puede haber una alta



carga viral en agua motivado a la aglomeración de individuos infectados en un punto cercano al sitio de muestreo, tal como ocurre con el sitio identificado como Poliedro. Pero, por otro lado, también puede ocurrir una subestimación de la prevalencia de la enfermedad en una comunidad si los hospitales utilizan agentes químicos para eliminar el virus que luego también terminan en el sistema de aguas residuales.

De forma similar a los resultados de este trabajo, varios autores han reportado esta correlación. Maida et al. [39], en Sicilia, Italia, evaluaron la presencia del SARS-CoV-2 en muestras de aguas residuales de nueve plantas de tratamiento, detectando una correlación con los casos notificados y georreferenciados en las áreas atendidas por las plantas de tratamiento en el periodo de estudio. Asimismo, Wurtzer et al. [40] compararon el promedio de copias de SARS-CoV-2 en muestras de aguas residuales tomadas en tres plantas de tratamiento de la zona parisina que recogen entre 3 y 4 millones de habitantes, y confirmaron que el aumento en la carga viral en las aguas residuales seguía con precisión el aumento del número de casos mortales observado a nivel regional y nacional.

La sensibilidad del ensayo en cada parroquia es afectada por diferentes variables, desde las características de cada parroquia, así como la ubicación del punto de muestreo, técnicas de recolección y preservación hasta la tasa de desintegración del ARN viral por la presencia de agentes fisicoquímicos o biológicos. En ese sentido, se determinó una potencial relación entre la persistencia viral en las aguas residuales y variables fisicoquímicas como la temperatura y la conductividad eléctrica, como se evidencia en la Figura 4. Sobre ello, se ha informado que existe un impacto significativo de las altas temperaturas en facilitar la descomposición del coronavirus en el agua

y las aguas residuales [41, 42, 43] y se mencionan otros factores como el nivel de materia orgánica, el pH y la disponibilidad de luz [44]. Las aguas residuales son una matriz compleja que contiene una gran cantidad de variables químicas que afectan la estructura del material genético del virus. Lo observado en la Figura 4 sugiere que la temperatura y la conductividad eléctrica (CE) podría estar relacionadas con la estabilidad de las partículas virales en el agua residual, pues a mayor CE podrían generar condiciones que favorezcan la persistencia del ARN en la matriz.

Los resultados de este estudio indican que la vigilancia ambiental del SARS-CoV-2 en aguas residuales en la ciudad de Caracas es un método útil y sencillo que permite la detección del virus y que además permite correlacionar la concentración viral con los casos de COVID-19 reportados. Además, este sistema puede servir como alerta temprana a brotes de enfermedades producidas por este y otros patógenos que son excretados al sistema de aguas residuales del país, por lo que si se aplica eficazmente puede ser útil para la vigilancia de epidemias. Los protocolos pueden continuar optimizándose con el fin de minimizar la incertidumbre analítica, mejorar la confiabilidad de futuros estudios, disminuir los sesgos y limitaciones para así establecer patrones de prevalencia del virus a lo largo del tiempo.

4. Conclusiones

La aplicación de la epidemiología de aguas residuales, como una herramienta nueva en Venezuela aplicada a la vigilancia de SARS-CoV-2 en la Región Capital mostró ser de mucha utilidad como complemento de la vigilancia epidemiológica del virus. La correlación determinada entre la concentración viral en aguas residuales y los casos reportados comprueba que su aplicación permite establecer patrones temporales y espaciales y así monitorear la prevalencia del virus en la comunidad. Sobre esto, se determinó que los sectores Catia y Caricuao constituyeron focos calientes de la COVID-19. Esta es una información sumamente valiosa para establecer políticas públicas de control de epidemias.

5. Financiamiento del proyecto

Este proyecto fue financiado por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT), ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología, Proyecto N° 20220PGP62, “Detección de SARS-CoV-2 en aguas servidas”.

6. Referencias

- [1] Sun P, Lu X, Xu C, Sun W, Pan B. Understanding of COVID-19 based on current evidence. *J Med Virol.* 2020;92(6):548–51. <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.25722>
- [2] Hu B, Guo H, Zhou P, Shi Z-L. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nat. Rev. Microbiol.* 2021;19(3):141–54. <http://dx.doi.org/10.1038/s41579-020-00459-7>
- [3] Communicable Diseases. Laboratory testing for 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) in suspected human cases. *Who.int. World Health Organization;* 2020. <https://www.who.int/publications/i/item/10665-331501>
- [4] Peiris JSM, Lai ST, Poon LLM, Guan Y, Yam LYC, Lim W, et al. Coronavirus as a possible cause of severe acute respiratory syndrome. *Lancet.* 2003;361(9366):1319–25. [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(03\)13077-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(03)13077-2)
- [5] Zaki AM, an Boheemen S, Bestebroer TM, Osterhaus ADME, Fouchier RAM. Isolation of a novel Coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia. *N. Engl. J. Med.* 2012;367(19):1814–20. <http://dx.doi.org/10.1056/nejmoa1211721>
- [6] D'Amico F, Baumgart DC, Danese S, Peyrin-Biroulet L. Diarrhea during COVID-19 infection: Pathogenesis, epidemiology, prevention, and management. *Clin. Gastroenterol Hepatol.* 2020;18(8):1663–72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cgh.2020.04.001>
- [7] Lamers MM, Beumer J, van der Vaart J, Knoops K, Puschhof J, Breugem TI, et al. SARS-CoV-2 productively infects human gut enterocytes. *Science.* 2020;369(6499):50–4. <http://dx.doi.org/10.1126/science.abc1669>

- [8] Xiao F, Tang M, Zheng X, Liu Y, Li X, Shan H. Evidence for gastrointestinal infection of SARS-CoV-2. *Gastroenterology*. 2020;158(6):1831-1833.e3. <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2020.02.055>
- [9] Lin L, Jiang X, Zhang Z, Huang S, Zhang Z, Fang Z, et al. Gastrointestinal symptoms of 95 cases with SARS-CoV-2 infection. *Gut*. 2020;69(6):997-1001. <http://dx.doi.org/10.1136/gutjnl-2020-321013>
- [10] Kim J-M, Kim HM, Lee EJ, Jo HJ, Yoon Y, Lee N-J, et al. Detection and isolation of SARS-CoV-2 in serum, urine, and stool specimens of COVID-19 patients from the republic of Korea. *Osong Public Health Res Perspect*. 2020;11(3):112-7. <http://dx.doi.org/10.24171/j.phrp.2020.11.3.02>
- [11] Holshue ML, DeBolt C, Lindquist S, Lofy KH, Wiesman J, Bruce H, et al. First case of 2019 novel Coronavirus in the United States. *N. Engl. J. Med*. 2020;382(10):929-36. <http://dx.doi.org/10.1056/nejmoa2001191>
- [12] Mallapaty S. How sewage could reveal true scale of coronavirus outbreak. *Nature*. 2020;580(7802):176-7. <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-00973-x>
- [13] Hata A, Hara-Yamamura H, Meuchi Y, Imai S, Honda R. Detection of SARS-CoV-2 in wastewater in Japan during a COVID-19 outbreak. *Sci. Total Environ*. 2021;758(143578):143578. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143578>
- [14] Rothman JA, Loveless TB, Kapcia J III, Adams ED, Steele JA, Zimmer-Faust AG, et al. RNA viromics of southern California wastewater and detection of SARS-CoV-2 single-nucleotide variants. *Appl. Environ. Microbiol*. 2021;87(23). <http://dx.doi.org/10.1128/aem.01448-21>

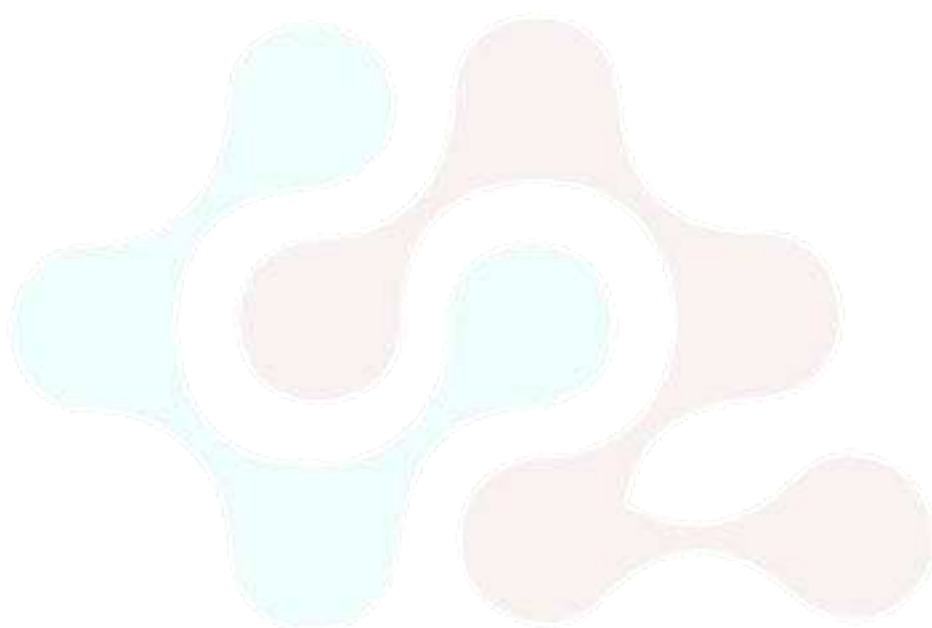
- [15] Berchenko Y, Manor Y, Freedman LS, Kaliner E, Grotto I, Mendelson E, et al. Estimation of polio infection prevalence from environmental surveillance data. *Sci. Transl. Med.* 2017;9(383). <http://dx.doi.org/10.1126/scitranslmed.aaf6786>
- [16] Barril PA, Fumian TM, Prez VE, Gil PI, Martínez LC, Giordano MO, et al. Rotavirus seasonality in urban sewage from Argentina: Effect of meteorological variables on the viral load and the genetic diversity. *Environ. Res.* 2015;138:409–15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.03.004>
- [17] Daughton CG. Illicit drugs in municipal sewage: Proposed new nonintrusive tool to heighten public awareness of societal use of illicit-abused drugs and their potential for ecological consequences. *ACS Symposium Series*. Washington, DC: American Chemical Society; 2001. p. 348–64.
- [18] Blomqvist S, El Bassioni L, El Maamoon Nasr EM, Paananen A, Kajjalainen S, Asghar H, et al. Detection of imported wild polioviruses and of vaccine-derived polioviruses by environmental surveillance in Egypt. *Appl. Environ. Microbiol.* 2012;78(15):5406–9. <http://dx.doi.org/10.1128/aem.00491-12>
- [19] Brouwer AF, Eisenberg JNS, Pomeroy CD, Shulman LM, Hindiyyeh M, Manor Y, et al. Epidemiology of the silent polio outbreak in Rahat, Israel, based on modeling of environmental surveillance data. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.* 2018;115(45). <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1808798115>
- [20] Apostol LNG, Imagawa T, Suzuki A, Masago Y, Lupisan S, Olveda R, et al. Genetic diversity and molecular characterization of enteroviruses from sewage-polluted urban and rural rivers in the Philippines. *Virus Genes.* 2012;45(2):207–17. <http://dx.doi.org/10.1007/s11262-012-0776-z>
- [21] Tao Z, Wang H, Li Y, Xu A, Zhang Y, Song L, et al. Cocirculation of two transmission lineages of Echovirus 6 in Jinan, China, as revealed by environmental surveillance and

- sequence analysis. *Appl. Environ. Microbiol.* 2011;77(11):3786–92. <http://dx.doi.org/10.1128/aem.03044-10>
- [22] Amdioune H, Faouzi A, Fariat N, Hassar M, Soukri A, Nouril J. Detection and molecular identification of human adenoviruses and enteroviruses in wastewater from Morocco: Molecular identification of HAdV and EV. *Lett. Appl. Microbiol.* 2012;54(4):359–66. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-765x.2012.03220.x>
- [23] Bofill-Mas S, Pina S, Girones R. Documenting the epidemiologic patterns of polyomaviruses in human populations by studying their presence in urban sewage. *Appl. Environ. Microbiol.* 2000;66(1):238–45. <http://dx.doi.org/10.1128/aem.66.1.238-245.2000>
- [24] Clemente-Casares P, Pina S, Buti M, Jordi R, Martín M, Bofill-Mas S, et al. Hepatitis E virus epidemiology in industrialized countries. *Emerg. Infect. Dis.* 2003;9(4):448–54. <http://dx.doi.org/10.3201/eid0904.020351>
- [25] La Rosa G, Bonadonna L, Lucentini L, Kenmoe S, Suffredini E. Coronavirus in water environments: Occurrence, persistence and concentration methods - A scoping review. *Water Res.* 2020;179(115899):115899. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.115899>
- [26] Sala-Comorera L, Reynolds LJ, Martin NA, O'Sullivan JJ, Meijer WG, Fletcher NF. Decay of infectious SARS-CoV-2 and surrogates in aquatic environments. *Water Res.* 2021;201(117090):117090. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2021.117090>
- [27] Sims N, Kasprzyk-Hordern B. Future perspectives of wastewater-based epidemiology: Monitoring infectious disease spread and resistance to the community level. *Environ. Int.* 2020;139(105689):105689. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2020.105689>

- [28] Wu F, Zhao S, Yu B, Chen Y-M, Wang W, Song Z-G, et al. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*. 2020;579(7798):265–9. <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-020-2008-3>
- [29] Trujillo M, Cheung K, Gao A, Hoxie I, Kannoly S, Kubota N, et al. Protocol for safe, affordable, and reproducible isolation and quantitation of SARS-CoV-2 RNA from wastewater. *PLoS One*. 2021;16(9):e0257454. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0257454>
- [30] Medema G, Been F, Heijnen L, Petterson S. Implementation of environmental surveillance for SARS-CoV-2 virus to support public health decisions: Opportunities and challenges. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health*. 2020;17:49–71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coesh.2020.09.006>
- [31] Wu F, Zhang J, Xiao A, Gu X, Lee WL, Armas F, et al. SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases. *mSystems*. 2020;5(4). <http://dx.doi.org/10.1128/msystems.00614-20>
- [32] Flood MT, D'Souza N, Rose JB, Aw TG. Methods evaluation for rapid concentration and quantification of SARS-CoV-2 in raw wastewater using droplet digital and quantitative RT-PCR. *Food Environ. Virol.* 2021;13(3):303–15. <http://dx.doi.org/10.1007/s12560-021-09488-8>
- [33] Hamouda M, Mustafa F, Maraqa M, Rizvi T, Aly Hassan A. Wastewater surveillance for SARS-CoV-2: Lessons learnt from recent studies to define future applications. *Sci. Total Environ.* 2021;759(143493):143493. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143493>
- [34] Mao K, Zhang K, Du W, Ali W, Feng X, Zhang H. The potential of wastewater-based epidemiology as surveillance and early warning of infectious disease outbreaks. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health*. 2020;17:1–7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coesh.2020.04.006>

- [35] XIV Censo Nacional de Población y Vivienda. Resultados de Entidad Federal y Municipio del Estado Miranda. [http://www.ine.gob.ve/.
http://www.ine.gob.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/miranda.pdf](http://www.ine.gob.ve/.http://www.ine.gob.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/miranda.pdf)
- [36] Chavarria-Miró G, Anfruns-Estrada E, Guix S, Paraira M, Galofré B, Sánchez G, et al. Sentinel surveillance of SARS-CoV-2 in wastewater anticipates the occurrence of COVID-19 cases. *bioRxiv*. 2020. <http://dx.doi.org/10.1101/2020.06.13.20129627>
- [37] Venezuela recibe primer envío de vacunas contra la COVID-19 a través del Mecanismo COVAX. Paho.org. 2021. <https://www.paho.org/es/noticias/7-9-2021-venezuela-recibe-primer-envio-vacunas-contra-covid-19-traves-mecanismo-covax>
- [38] Li X, Zhang S, Shi J, Luby SP, Jiang G. Uncertainties in estimating SARS-CoV-2 prevalence by wastewater-based epidemiology. *Chem. Eng. J.* 2021;415(129039):129039. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2021.129039>
- [39] Maida CM, Amodio E, Mazzucco W, La Rosa G, Lucentini L, Suffredini E, et al. Wastewater-based epidemiology for early warning of SARS-COV-2 circulation: A pilot study conducted in Sicily, Italy. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 2022;242(113948):113948. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.113948>
- [40] Wurtzer S, Marechal V, Mouchel JM, Maday Y, Teyssou R, Richard E, et al. Evaluation of lockdown impact on SARS-CoV-2 dynamics through viral genome quantification in Paris wastewaters. *bioRxiv*. 2020. <http://dx.doi.org/10.1101/2020.04.12.20062679>
- [41] Kitajima M, Ahmed W, Bibby K, Carducci A, Gerba CP, Hamilton KA, et al. SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. *Sci. Total Environ.* 2020;739(139076):139076. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139076>

- [42] Carducci A, Federigi I, Liu D, Thompson JR, Verani M. Making Waves: Coronavirus detection, presence and persistence in the water environment: State of the art and knowledge needs for public health. *Water Res.* 2020;179(115907):115907. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.115907>





Artículo de investigación

Actividad antiviral contra el SARS-CoV-2 empleando extractos de *Ficus carica* y *Plectranthus amboinicus*

Daniela Anato¹ , Maríajosé Rodríguez-Núñez¹ , Alberto Herrera¹ , Adolfo Brema² , Alírica Suárez³ , Domingo Garzaro¹ , Héctor R. Rangel^{1*} .

1 Laboratorio de Virología Molecular, Centro de Microbiología y Biología Celular, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela. **2** Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón, Venezuela. **3** Laboratorio de Productos Naturales, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Farmacia, Caracas, Venezuela.

Resumen

El SARS-CoV-2 es el responsable de la enfermedad COVID-19, que ha causado más de 765 millones de casos y 6,9 millones de muertes en todo el mundo. Hasta la fecha no se ha desarrollado un tratamiento específico. Una estrategia para diseñar medicamentos antivirales específicos contra el SARS-CoV-2 es inhibir enzimas claves implicadas en el ciclo viral, como las proteasas 3CLpro y PLpro. En este estudio se evaluó la capacidad de extractos seleccionados de las plantas de la higuera (*Ficus carica*) y el orégano orejón (*Plectranthus amboinicus*) para inhibir la infección de SARS-CoV-2 en células Vero E6. Los resultados mostraron que los extractos de la higuera inhibieron significativamente la replicación viral al reducir el número de copias virales determinadas mediante qRT-PCR y disminución en las unidades formadoras de placas mediante ensayos de reducción de placas líticas, mientras que los extractos de orégano orejón no mostraron una inhibición significativa en estos ensayos. Además, se evaluó el potencial viricida de los extractos de la higuera cuyos resultados sugieren que estos extractos podrían interactuar con la glicoproteína de la espiga evitando su internalización a la célula. En conclusión, los extractos de *F. carica* tienen considerable actividad antiviral, pudiendo ser consecuencia de la afectación de diferentes etapas del ciclo de replicación, lo que sugiere su potencial como fuente de compuestos antivirales contra el SARS-CoV-2.

Palabras clave: COVID-19, SARS-CoV-2, Vero E6, *Ficus carica*, *Plectranthus amboinicus*, PLpro, 3CLpro.



Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 31 de mayo del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335631>

***Autor para**

correspondencia: Héctor R Rangel

e-mail:

hrangel2006@gmail.com



Research Article

Antiviral activity against SARS-CoV-2 using extracts of *Ficus Carica* and *Plectranthus amboinicus*.

Daniela Anato¹ , Maríajosé Rodríguez-Núñez¹ , Alberto Herrera¹ , Adolfo Bremono² , Alírica Suárez³ , Domingo Garzaro¹ , Héctor R. Rangel^{1*} .

1 Laboratorio de Virología Molecular, Centro de Microbiología y Biología Celular, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela. **2** Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón, Venezuela. **3** Laboratorio de Productos Naturales, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Farmacia, Caracas, Venezuela.



Received: May 15, 2023

Accepted: May 31, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335631>

***Corresponding author:**
Héctor R Rangel

e-mail:
hrangel2006@gmail.com

Abstract

SARS-CoV-2 is responsible for the disease COVID-19, which has caused more than 765 million cases and 6.9 million deaths worldwide. To date, no specific treatment has been developed. One strategy to design specific antiviral drugs against SARS-CoV-2 is to inhibit key enzymes involved in the viral cycle, such as the 3CLpro and PLpro proteases. In this study, the ability of selected extracts of fig tree (*Ficus carica*) and oregano orejón (*Plectranthus amboinicus*) plants to inhibit SARS-CoV-2 infection in Vero E6 cells was evaluated. The results showed that fig tree extracts significantly inhibited viral replication by reducing the number of viral copies determined by qRT-PCR and decreased plaque-forming units by lytic plaque reduction assays, while oregano extracts did not showed significant inhibition in these assays. In addition, the viricidal potential of the fig extracts was evaluated, the results of which suggest that these extracts could interact with the spike glycoprotein, preventing its internalization into the cell. In conclusion, extracts from *F. carica* have considerable antiviral activity, which may be a consequence of affecting different stages of the replication cycle, suggesting their potential as a source of antiviral compounds against SARS-CoV-2.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, Vero E6, *Ficus carica*, *Plectranthus amboinicus*, PLpro, 3CLpro



1. Introducción

A finales del 2019 se detectó un nuevo tipo de coronavirus denominado SARS CoV-2 causante de la enfermedad COVID-19 [1]. Responsable de 765 millones de infectados y entre 6,9 a 20 millones de muertes, de acuerdo con actualizaciones epidemiológicas de la Organización Mundial para la Salud (OMS) [2]. El SARS-CoV-2 pertenece al orden *Nidovirales*, familia *Coronaviridae*, género *Betacoronavirus* y subgénero *Sarbecovirus*. El tamaño de su genoma es de aproximadamente 30 kb [3, 4]. La glicoproteína de la espiga (S), situada en la membrana del coronavirus comprende dos regiones funcionales S1 y S2. La región S1 contiene el dominio N-terminal (NTD) y el dominio de unión al receptor (RBD) que interactúa con ACE2, presente en la membrana de la célula hospedadora [3]. La región S2 es responsable de la fusión virus célula, cuya unión a ACE2 por RBD es el primer paso en la infección por el virus [5].

La proteasa TMPRSS2 en la célula huésped activa la proteína S al hidrolizar el enlace peptídico en los sitios S1/S2, dando lugar a cambios conformacionales que facilitan que el virus se fusione con la membrana del huésped y entre al citoplasma [6, 7]. Una vez el SARS-CoV-2 ha internalizado libera su ARN genómico en el interior de la célula en donde se replica y es co-traducido por la maquinaria celular, el gen *ORF1ab* es traducido a dos poliproteínas, pp1a y pp1ab, las cuales son escindidas en unidades funcionales por dos cisteínas proteasas, PLpro (proteasa similar a la papaína) codificada por *nsp3* formando nsp1 a nsp3 y Mpro [del inglés Main protease, también conocida como proteasa similar a 3 quimiotripsina (3CLpro)] codificada por *nsp5*



formando nsp4 a nsp16, incluida la ARN polimerasa dependiente de ARN (RdRP). Estas proteínas no estructurales formadas participan en la transcripción, replicación del ARN viral, morfogénesis de los viriones, interferencia en la síntesis de proteínas del huésped y evasión inmune [8]. Por lo que es posible diseñar y desarrollar fármacos antivirales específicos para el SARS-CoV-2 al dirigirlos a enzimas y proteínas claves implicadas en la replicación viral, entre ellas las proteasas 3CLpro y PLpro, nsp12 y RdRP [9].

Actualmente la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) aprobó el medicamento Veklury (remdesivir) y autorizó el uso de emergencia de los fármacos Paxlovid (nirmatrevir y ritonavir) y Lagevrio (molnupiravir) los cuales son recomendados en pacientes con formas leves o moderadas de COVID-19 que presentan un riesgo mayor de hospitalización [10, 11]. También se encuentran aprobados por la FDA pero solo para pacientes adultos hospitalizados con COVID-19 Actemra (tocilizumab) y Olumiant (baricitinib) [10]. El fármaco remdesivir se desarrolló originalmente para el tratamiento del virus del ébola, este inhibe la replicación de una amplia gama de coronavirus humanos y animales *in vitro*, en el SARS-CoV-2 inhibe la RdRP [12]. Por otro lado, el medicamento Paxlovid está compuesto por nirmatrelvir un inhibidor irreversible de Mpro (3CLpro) ocasionando que no se puedan escindir las poliproteínas pp1a y pp1b claves en la replicación viral [13], además presenta ritonavir usado para mantener y aumentar la concentración del inhibidor de proteasa en el plasma [14]. El monulpiravir es otro medicamento antiviral que se dirige contra la RdRP del SARS-CoV-2 inhibiendo su replicación [15], Fountain-Jones et al. [16], encontraron evidencias de que el tratamiento con monulpiravir puede estar conduciendo a potenciales variantes que



podrían prolongar la pandemia, ya que este medicamento al estar dirigido contra la RdRP induce mutaciones en el genoma viral. Al mismo tiempo hay que tomar en cuenta consideraciones como costos de producción, distribución, interacción con otros medicamentos, efectos adversos en los pacientes [17] y que proteasas clave como 3CLpro están bajo una fuerte presión selectiva en la población humana que probablemente contribuirán a una resistencia a los medicamentos [18]. Por lo tanto, se mantiene la búsqueda de nuevos inhibidores capaces de bloquear la actividad antiviral del SARS-CoV-2, en este sentido el objetivo de este trabajo es determinar el potencial inhibitorio, de extractos de las plantas *Ficus carica* y *Plectranthus amboinicus*, sobre la replicación del SARS-CoV-2 *in vitro*, como primer paso en el proceso de purificación biodirigida de la o las moléculas con actividad antiviral.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales biológicos

Todos los cultivos y ensayos con el virus se realizaron en el laboratorio de bioseguridad nivel 3 (BSL3) del *Laboratorio de Virología Molecular* (LVM) del IVIC, de acuerdo con las condiciones establecidas en bioseguridad en los laboratorios microbiológicos y biomédicos.

- Virus: Se empleó el aislado viral de SARS-CoV-2 linaje B.1.1.33 (Bolívar 6AV) previamente aislado y purificado a partir de un paciente positivo a COVID-19 y almacenado a -80 °C en el LVM del IVIC.



- Extractos de plantas: Los extractos empleados se prepararon a partir del macerado de las hojas de cada planta y se obtuvieron con solventes de distinta polaridad, estos fueron suministrados por el Laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Central de Venezuela. El extracto seco de las hojas de la planta de *P. amboinicus* fue extraído con diclorometano y se denominó PA-D. Los extractos secos de las hojas de la planta *F. carica* se designaron como FC-D al obtenido con diclorometano y FC-M al derivado con metanol. Se disolvieron los extractos secos en DMSO, a partir de estos se tomaron alícuotas para obtener las concentraciones de interés para los ensayos realizados.
- Línea celular: utilizadas en el LVM del IVIC, se dispuso de la línea celular Vero E6 (N° ATCC CRL-1586), la cual fue transformada para expresar en su membrana ACE2. Se cultivó en medio RPMI 1640 con L-Glutamina y 1 % de antibiótico-antimicótico, suplementado con 10 % de suero fetal bovino (SFB). El cultivo celular se realizó en condiciones de esterilidad en una campana de seguridad biológica clase II y fue mantenido en incubadora a 37 °C y 5 % de CO₂.

2.2 Actividad citotóxica

La viabilidad celular ante concentraciones crecientes de los extractos de interés se evaluó según los protocolos descritos por Mosmann [19] y Ortega *et al.*, [20]. En resumen, se sembraron, en placas de 96 pocillos 20.000 cel/pozo incubando en atmósfera de CO₂ al 5 % toda la noche, al día siguiente se les cambio y se añadió medio fresco con las

concentraciones de extractos a evaluar y posterior a 24 horas de incubación se determinó el efecto mediante el uso del ensayo de viabilidad basado en MTT (Sigma-Aldrich, USA).

2.3 Evaluación de la actividad antiviral

En placas de 96 pocillos pre-sembradas el día anterior con 20.000 cel/pozo, se evaluó el efecto antiviral de las siguientes concentraciones de todos los extractos: 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 400 $\mu\text{g/mL}$. De manera simultánea a la adición de los compuestos a las células, se añadió el inóculo viral a una multiplicidad de infección de 0,01. El conjunto se incubó durante 1 h a 37 °C y 5 % CO₂, tiempo después del cual se retiró el medio y cada pozo se lavó dos veces con buffer salino fosfato (PBS), para retirar los virus no internalizados. Posteriormente se añadió medio fresco con las concentraciones de extractos correspondientes, manteniendo así la presión del extracto natural durante las siguientes 72 horas antes de hacer las mediciones mediante la reacción de polimerasa en cadena en tiempo real (qRT-PCR), con la ayuda del estuche comercial 2019-nCoV (Sansure Biotech, Changsha, China), siguiendo las instrucciones del fabricante.

Adicionalmente, se realizó el mismo ensayo, pero esta vez en placas de 24 pocillos utilizando 200.000 cel/pozo, pero posterior al paso de lavado el medio de cultivo conjuntamente con los extractos naturales se añadió en presencia de carboximetil celulosa. En este caso la determinación de los efectos antivirales se determinó por conteo de

placas líticas posterior a la fijación con formaldehído y tinción con cristal violeta [20].

2.4 Análisis de datos estadísticos

Se realizó análisis descriptivo de los datos obtenidos de cada ensayo. Se realizó varianza de una vía (ANOVA) para determinar si existe diferencia significativa entre las concentraciones empleadas de los extractos, valores de $p < 0,05$ se consideraron estadísticamente significativos, se realizó post test de Dunnet de múltiples comparaciones. Los análisis estadísticos se realizaron con el software GraphPad Prism 9, valores de IC50 se determinaron mediante análisis de regresión no lineal usando un modelo sigmoidal. El índice de selectividad (IS) se calculó según la tasa CC50/IC50.

3. Resultados

3.1 Citotoxicidad de los extractos PA-D, FC-D y FC-M en células Vero E6.

Se obtuvo que empleando los extractos de la higuera (FC-D y FC-M) y el orégano orejón (PA-D) en concentraciones que van de 5 a 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ por 24 horas en las células Vero E6, la viabilidad celular obtenida fue superior al 85 %. En la Figura 1, se muestra porcentaje de viabilidad celular según concentración de los extractos FC-D, FC-M y PA-D. CC50 $> 1000 \mu\text{g}/\text{mL}$.

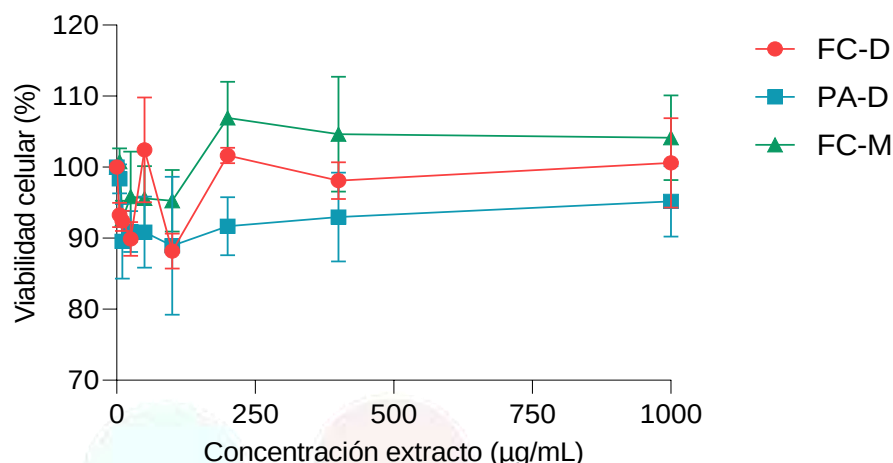


Figura 1. Citotoxicidad de los extractos empleados de *Ficus carica* y *Plethranthus amboinicus* en Vero E6. Viabilidad de Vero E6 transcurridas 24 horas del tratamiento con los extractos (5 µg/mL a 1000 µg/mL). Se muestra la media $\pm$ SEM (n=4, p > 0,05).

3.2 Efecto de los extractos FC-D, FC-M y PA-D ante la infección con SARS-CoV-2 en las células Vero E6 y su evaluación mediante qRT-PCR.

Se procedió a evaluar la eficacia antiviral de los extractos determinando el número de copias de ARN viral en el sobrenadante celular mediante qRT-PCR. En la Figura 2 se obtuvo una correlación en la reducción del número de copias virales y la dosis empleada de los extractos FC-D ($r = -0,95$ p = 0,0003) y FC-M ($r = -0,94$, p = 0,0004). Con PA-D no se observó esta correlación dosis respuesta ($r = -0,55$, p = 0,151). Se realizó ANOVA indicando que en los extractos de la higuera hay diferencias

significativas entre las medias del número de copias de cada concentración evaluada ($p < 0,0001$). Un test post hoc de Dunnet mostró que tanto el extracto FC-D y FC-M difieren significativamente del control de infección a partir de la concentración de 50 $\mu\text{g/mL}$ como se observa en la Figura 3.

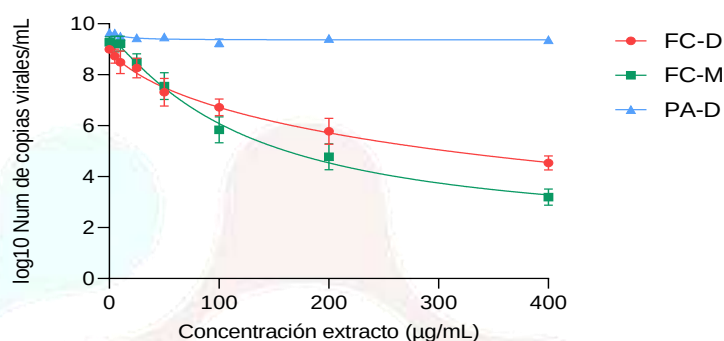


Figura 2. Log10 de número de copias virales vs concentración de los extractos FC-D, FC-M y PA-D. Se muestra la media $\pm$ SEM ($n=4$).

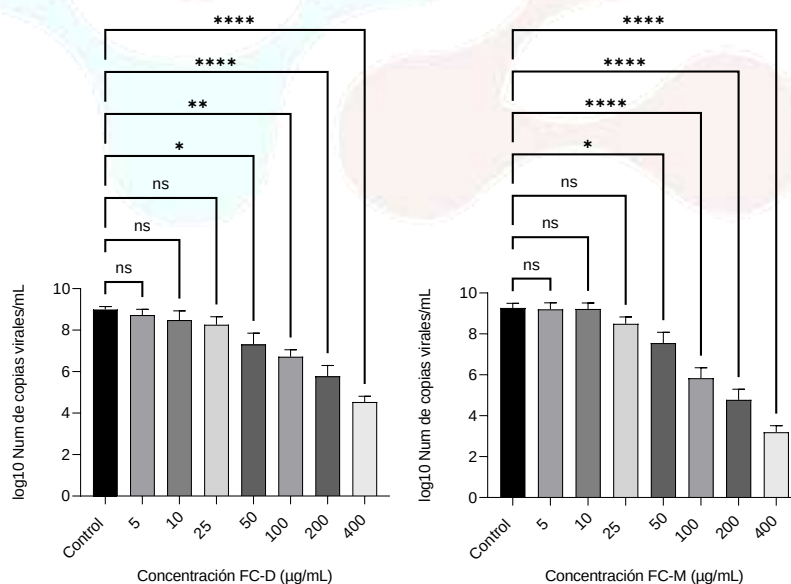


Figura 3. Reducción en el número de copias virales/mL de SARS-CoV-2 Bolívar 6AV en células Vero E6 en co-tratamiento con los extractos de la higuera, FC-D y FC-M (5 a 100 $\mu\text{g/mL}$). Se muestra la media $\pm$ SEM ($n=4$).

Partiendo de estos datos se determinó el porcentaje de inhibición viral siendo referencia las células infectadas sin extracto. Como se muestra en la Figura 4, FC-D y FC-M presentaron IC₅₀ de 23,01 µg/mL y 24,76 µg/mL respectivamente, PA-D no presentó IC₅₀ con las concentraciones empleadas, indicado en Tabla 1.

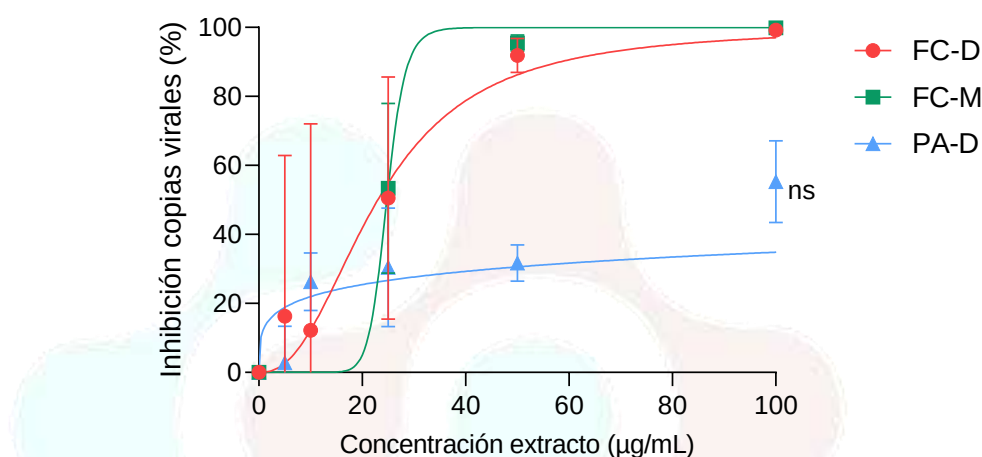


Figura 4. Porcentaje de inhibición del aislado viral SARS-CoV-2 Bolívar 6AV al emplear los extractos de *F. carica*, FC-D y FC-M y *P. amboinicus*, PA-D a distintas concentraciones. ns: no significativo.

Tabla 1. IC₅₀ e IS obtenidos en el ensayo de infección empleando qRT-PCR.

Extracto	IC ₅₀ (µg/mL)	Índice de selectividad (IS)
FC-D	23,01	>43,46
FC-M	24,76	>40,38
PA-D	No determinada	No aplica

Por otro lado, el porcentaje de inhibición de PA-D es menor a 50 % en concentraciones de 5 a 100 µg/mL contra el SARS-CoV-2 Bolívar 6AV.

3.3 Efecto de los extractos FC-D, FC-M y PA-D ante la infección con SARS-CoV-2 en las células Vero E6 y su evaluación mediante placas líticas.

Transcurridas 72 horas del tratamiento virus y extracto, se expresó el porcentaje de inhibición viral como la diferencia entre el tratamiento y el control positivo. En la tabla 2, se aprecia una reducción de la replicación viral del SARS-CoV-2 en células Vero E6 empleando los extractos de *F. carica*. Mientras que para el extracto PA-D de *P. amboinicus*, no se detectó inhibición de las placas formadas respecto al control la inhibición viral a 100 $\mu\text{g/mL}$ fue de $7,1 \pm 14,1\%$. En la tabla 3, se muestra resumen de IC50 e IS.

Tabla 2. Porcentaje de inhibición $\pm$ SEM obtenido del ensayo de reducción de placas líticas empleando los extractos de la higuera (FC-D y FC-M) y del orégano orejón (PA-D). (Co-tratamiento).

Concentración del extracto ($\mu\text{g/mL}$)	FC-D	FC-M	PA-D
5	$21,7 \pm 3,2$	$10,6 \pm 2,0$	$2,9 \pm 7,5$
10	$34,7 \pm 21,6$	$25,8 \pm 14,3$	$10,8 \pm 14,5$
25	$46,7 \pm 21,7$	$34,7 \pm 13,2$	$11,6 \pm 15,7$
50	$63,1 \pm 1,3$	$47,0 \pm 27,2$	$10,4 \pm 10,6$
100	$91,3 \pm 2,0$	$67,1 \pm 1,1$	$7,1 \pm 14,1$

Tabla 3. IC50 e IS obtenidos en el ensayo de reducción de placas líticas (Co-tratamiento).

Extracto	Concentración ($\mu\text{g/mL}$)	Índice de selectividad (IS)
FC-D	22,37	44,70
FC-M	49,33	20,27
PA-D	No determinada	No aplica

3.4 Efecto de los extractos FC-D y FC-M ante el SARS-CoV-2 (Pre-tratamiento).

En la tabla 4 se muestran los resultados de inhibición en la formación de placas líticas al pre-tratar al virus con los extractos de la higuera. En la figura 5 se muestran las UFP/mL obtenidas, al realizar el test post hoc de Dunnet se obtuvo diferencias significativas entre las concentraciones empleadas y el control de infección.

Tabla 4. Porcentaje de inhibición $\pm$ SEM obtenido del ensayo de reducción de placas líticas empleando los extractos de la higuera (FC-D y FC-M) (Pre-tratamiento).

Concentración del extracto ($\mu\text{g/mL}$)	FC-D	FC-M
5	81,7 $\pm$ 2,4	82,7 $\pm$ 7,5
30	96,9 $\pm$ 1,5	87,4 $\pm$ 15,0
100	99,4 $\pm$ 0,8	92,6 $\pm$ 4,7

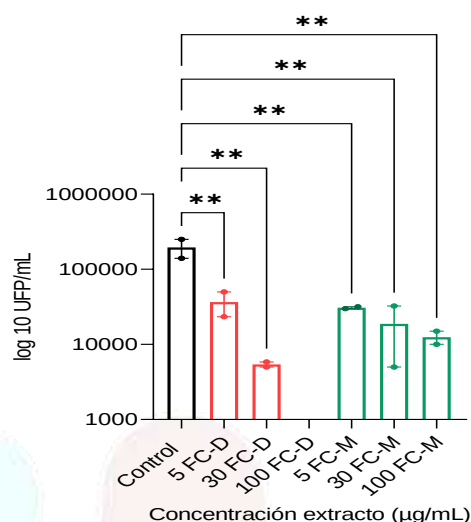


Figura 5. Reducción en el número de UFP/mL de SARS-CoV-2 Bolívar 6AV en células Vero E6. El virus antes de incubarlo en las células, se trató previamente con los extractos de la higuera, FC-D y FC-M (5 a 100 µg/mL).

4. Discusión de resultados

La infección por el SARS-CoV-2 es, en la actualidad, una de las principales enfermedades virales a nivel mundial. Para encontrar fármacos antivirales efectivos es importante continuar la búsqueda de compuestos activos, una fuente importante de nuevas moléculas con bioactividad son las plantas. Las plantas del orégano y la higuera tienen amplio uso en distintas afecciones. De acuerdo con la Organización Internacional para la Estandarización [21], la viabilidad superior al 80 %, encontrada en este trabajo, es indicativo que las concentraciones empleadas de los extractos no son tóxicas en esta línea celular.

Resultados similares de citotoxicidad con extractos de Ficus con CC50 > 1000 $\mu\text{g/mL}$ fueron obtenidos por Yarmolinsky *et al.*, [22] y Lazreg *et al.*, [23]. Se obtuvo que a concentraciones crecientes de los extractos FC-D y FC-M la viabilidad celular superó el 100 %, probablemente por la presencia de fitoquímicos que estimulan el crecimiento y división celular en células Vero E6, Lazreg *et al.*, [23] observaron el mismo efecto en la viabilidad celular, pero en extractos metanólicos del látex de *F. carica*.

La actividad antiviral evaluada mediante qRT-PCR, considerada el estándar de oro para el diagnóstico de las infecciones con SARS-CoV-2, arrojó que los extractos de la higuera indujeron una reducción significativa en el número de copias del ARN viral de una manera dependiente de la concentración, presentando FC-D, IC50 = 23,01 $\mu\text{g/mL}$ y FC-M, IC50 = 24,76 $\mu\text{g/mL}$ con un índice de selectividad (IS) de 43,46 y 40,38, respectivamente. A pesar de que esta técnica aporta alta sensibilidad y especificidad solo detecta el material genético del virus y no proporciona información directa sobre la capacidad infecciosa del mismo. Por lo que, para confirmar estos resultados, se realizó el ensayo de reducción de placas líticas y así confirmar la presencia de virus infecciosos y no residuales, a pesar de ser una técnica altamente laboriosa, sigue siendo útil para cuantificar las UFP [24]. Se obtuvo que FC-D presentó un IC50 = 22,37 $\mu\text{g/mL}$ similar al obtenido mediante qRT-PCR sin embargo, FC-M presentó IC50 = 49,33 $\mu\text{g/mL}$ casi el doble al ensayo anterior, con un IS de 44,70 y 20,27 respectivamente. Estos resultados indican que FC-D presenta un mejor perfil farmacológico al ser más eficiente y seguro contra el SARS-CoV-2 en células Vero E6 al tener un mayor IS, también implica que el principio activo es más afín a la polaridad aprótica del



diclorometano, aunque no se descarta presencia en los extractos metánolicos, que bien pudiera ser un compuesto o combinaciones de estos, los que estén ejerciendo la actividad antiviral. De acuerdo con Vaya y Mahmood [25], los flavonoides que están en mayor cantidad en extractos etanólicos de las hojas de *Ficus carica*, son quercetina (630.8 ± 26.3 mg/Kg de extracto) y luteolina (680.8 ± 28.4 mg/Kg de extracto), ambos con muy baja solubilidad en agua.

Varios estudios reportan propiedades antivirales de la quercetina y luteolina, uno de estos correspondiente a Wu *et al.*, [26], muestran que la quercetina presenta actividad inhibitoria en la etapa temprana de la infección por influenza al interactuar con la glicoproteína hemaglutinina haciendo que no ocurra la fusión célula-virus. Basado en esto la quercetina podría estar uniéndose directamente a la glicoproteína de la espiga e inhibir la interacción con ACE2, interrumpiendo así la interfaz de reconocimiento viral-huésped y evitando la entrada del SARS-CoV-2 a la célula. Otro estudio realizado por Mamouni *et al.*, [27], encontraron que una formulación estandarizada de luteolina, quercetina y kaempferol, de manera sinérgica inhibían significativamente la expresión de TMPRSS2. Resultados recientes sugieren que la combinación de quercetina con curcumina, en pacientes con COVID-19 en etapas tempranas, pueden resultar en una rápida negativización en comparación al grupo control [28].

En el ensayo de pre-tratamiento, al incubar el virus con los extractos de la higuera antes de emplearlo en las células fue determinante ya que evidenció que los extractos de la higuera causan inactivación y/o destrucción viral al reducir la formación de placas líticas respecto al control de infección, de hecho, FC-D presento inhibición superior al 99



% contra el SARS-CoV-2 Bolívar 6AV en la concentración de 100 $\mu\text{g/mL}$, siendo estadísticamente significativa la inhibición en la replicación viral en ambos extractos de *F. carica* a partir de concentraciones de 5 $\mu\text{g/mL}$.

Khaerunnisa *et al.*, [29] realizando ensayos *in silico* con quercetina sugieren que esta podría inhibir a la 3CLpro. Por otro lado, Abdizadeh *et al.*, [30], muestran que la cumarinas en *F. carica* son potentes inhibidores de la proteasa 3CLpro del SARS-CoV-2. Otro posible blanco al que los compuestos presentes en *F. carica* podrían afectar es la enzima RdRP, estudios realizados de docking molecular por Munafò *et al.*, [31] reportan una mayor actividad inhibitoria de la luteína y quercetina ante la RdRP que los IC50 reportados ante 3CLpro. Un punto importante a considerar es que a pesar de ser la quercetina y la luteolina las principales moléculas encontradas en extractos de *Ficus carica*, existen otros compuestos que pudieran ser los responsables parciales de la actividad antiviral aquí descrita.

Se sugiere que la inhibición causada por los extractos, podría ser consecuencia de la afectación de diferentes etapas del ciclo de replicación, por lo que las actividades de estos compuestos prevendrían la infección viral además de que esta actividad inhibitoria sería independiente de la variante del SARS-CoV-2.

Respecto al extracto PA-D de *Plectranthus amboinicus* no se detectó actividad antiviral al no disminuir significativamente la cantidad de número de copias de ARN viral ni al reducir la formación de placas líticas.



4. Conclusiones

La búsqueda de compuestos bioactivos contra diversas enfermedades y/o patógenos es una constante de muchos laboratorios y de la industria farmacéutica. En este trabajo se demuestra la actividad antiviral contra SARS-CoV-2, *in vitro*, de extractos orgánicos de la planta *Ficus carica*, nuestros resultados concuerdan con trabajos previos donde se demostró que extractos de esta planta no mostraron toxicidad *in vitro*, por otro lado la actividad antiviral de este extracto podría ser consecuencia de la presencia de varias moléculas como quercetina, luteolina, cumarinas, entre otras, que podrían ser las responsables de la actividad antiviral, sin embargo se requieren más ensayos para determinar cuál o cuáles son las moléculas con dicha actividad contra SARS-CoV-2.

5. Referencias

- [1] Hu B, Guo H, Zhou P, Shi L. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nat. Rev. Microbiol.* 2021. 19(3): 141-154. doi: 10.1038/s41579-020-00459-7.
- [2] Weekly epidemiological update on COVID-19 - 30 March 2023. Who.int. <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19---30-march-2023>
- [3] Kim D, Lee J, Yang J, Kim J, Kim V, Chang H. The Architecture of SARS-CoV-2 Transcriptome. *Cell.* 2020. 181(4): 914-921.e10. doi: 10.1016/j.cell.2020.04.011.



- [4] Wang M, Zhao R, Gao L, Gao X, Wang D, Cao J. SARS-CoV-2: Structure, Biology, and Structure-Based Therapeutics Development. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 2020, 10: 587269. doi: 10.3389/fcimb.2020.587269.
- [5] Hanson Q, Wilson K, Shen M, Itkin Z, Eastman R, Shinn P, Hall M. Targeting ACE2-RBD Interaction as a Platform for COVID-19 Therapeutics: Development and Drug-Repurposing Screen of an AlphaLISA Proximity Assay. *ACS Pharmacol. Transl. Sci.* 2020, (6): 1352-1360. doi: 10.1021/acsptsci.0c00161.
- [6] Glowacka I, Bertram S, Müller MA, Allen P, Soilleux E, Pfefferle S, Steffen I, Tsegaye TS, He Y, Gnirss K, Niemeyer D, Schneider H, Drosten C, Pöhlmann S. Evidence that TMPRSS2 activates the severe acute respiratory syndrome coronavirus spike protein for membrane fusion and reduces viral control by the humoral immune response. *J. Virol.* 2011, 85(9): 4122-34. doi: 10.1128/JVI.02232-10.
- [7] Hoffmann M, Kleine H, Schroeder S, Krüger N, Herrler T, Erichsen S, Schiergens T, Herrler G, Wu N, Nitsche A, Müller M, Drosten C, Pöhlmann S. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell.* 2020, 181(2): 271-280.e8. doi: 10.1016/j.cell.2020.02.052.
- [8] Yadav R, Chaudhary J, Jain N, Chaudhary P, Khanra S, Dhamija P, Sharma A, Kumar A, Handu S. Role of Structural and Non-Structural Proteins and Therapeutic Targets of SARS-CoV-2 for COVID-19. *Cells.* 2021, 10(4): 821. doi: 10.3390/cells10040821.
- [9] Elshabrawy HA. SARS-CoV-2: An Update on Potential Antivirals in Light of SARS-CoV Antiviral Drug Discoveries. *Vaccines (Basel).* 2020, 8(2): 335. doi: 10.3390/vaccines8020335.
- [10] Center for Drug Evaluation, & Research. U.S. Food and Drug Administration; FDA. <https://www.fda.gov/drugs/emergency-preparedness-drugs/coronavirus-covid-19-drugs>
- [11] Organización Mundial para la Salud. WHO recommends highly successful COVID-19 therapy and calls for wide geographical distribution and transparency from originator. 2022.



<https://www.who.int/news/item/22-04-2022-who-recommends-highly-successful-covid-19-therapy-and-calls-for-wide-geographical-distribution-and-transparency-from-originator>.

[12] Santoro M, Carafoli E. Remdesivir: From Ebola to COVID-19. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2021, 538: 145-150. doi: 10.1016/j.bbrc.2020.11.043.

[13] Vangeel L, Chiu W, De Jonghe S, Maes P, Slechten B, Raymenants J, André E, Leyssen P, Neyts J, Jochmans D. Remdesivir, Molnupiravir and Nirmatrelvir remain active against SARS-CoV-2 Omicron and other variants of concern. *Antiviral Res.* 2022, 198: 105252. doi: 10.1016/j.antiviral.2022.105252

[14] Moyle G, Back D. Principles and practice of HIV-protease inhibitor pharmacoenhancement. *HIV Med.* 2001, 2(2): 105-13. doi: 10.1046/j.1468-1293.2001.00063.x.

[15] Lee C, Hsieh C, Ko W. Molnupiravir-A Novel Oral Anti-SARS-CoV-2 Agent. *Antibiotics (Basel).* 2021, 10(11): 1294. doi: 10.3390/antibiotics10111294.

[16] Fountain N, Vanhaefen R, Williamson J, Maskell J, Chua I, Charleston M, Cooley L. Antiviral treatments lead to the rapid accrual of hundreds of SARS-CoV-2 mutations in immunocompromised patients. Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2022. doi: 10.1101/2022.12.21.22283811.

[17] Conti V, Sellitto C, Torsiello M, Manzo V, De Bellis E, Stefanelli B, Bertini N, Costantino M, Maci C, Raschi E, Sabbatino F, Corbi G, Pagliano P, Filippelli A. Identification of Drug Interaction Adverse Events in Patients With COVID-19: A Systematic Review. *JAMA Netw Open.* 2022; 5(4):e227970. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2022.7970.

[18] Flynn J, Samant N, Schneider G, Barkan D, Yilmaz N, Schiffer C, Moquin S, Dovala D, Bolon D. Comprehensive fitness landscape of SARS-CoV-2 Mpro reveals insights into viral resistance mechanisms. *Elife.* 2022, 11:e77433. doi: 10.7554/eLife.77433.

[19] Mosmann T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *J.*

Immunol. Methods. 1983, 65(1-2): 55-63. doi: 10.1016/0022-1759(83)90303-4.

[20] Ortega J, Suárez A, Serrano M, Baptista J, Pujol F, Rangel H. The role of the glycosyl moiety of myricetin derivatives in anti-HIV-1 activity *in vitro*. *AIDS Res. Ther.* 2017. 14(1): 57. doi: 10.1186/s12981-017-0183-6.

[21] ISO 10993-5:2009. ISO. Biological evaluation of medical devices – Part 5: Tests for *in vitro* cytotoxicity. 2022. <https://www.iso.org/standard/36406.html>. 2022.

[22] Yarmolinsky L, Zaccari M, Ben-Shabat S, Mills D, Huleihel M. Antiviral activity of ethanol extracts of *Ficus binjamina* and *Lilium candidum in vitro*. *N. Biotechnol.* 2009, 26(6): 307-13. doi: 10.1016/j.nbt.2009.08.005.

[23] Houada Lazreg Aref. *In vitro* antiviral activities of Jirani caprifig latex and its related terpenes. *Afr. J. Microbiol. Res.* 2011;5(32). <http://dx.doi.org/10.5897/ajmr10.104>.

[24] Baer A, Kehn-Hall K. Viral concentration determination through plaque assays: using traditional and novel overlay systems. *J. Vis. Exp.* 2014, (93):e52065. doi: 10.3791/52065.

[25] Vaya J, Mahmood S. Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica* L.), carob (*Ceratonia siliqua* L.) and pistachio (*Pistacia lentiscus* L.). *Biofactors.* 2006, 28 (3-4): 169-75. doi: 10.1002/biof.5520280303.

[26] Wu W, Li R, Li X, He J, Jiang S, Liu S, Yang J. Quercetin as an Antiviral Agent Inhibits Influenza A Virus (IAV) Entry. *Viruses.* 2015, 8(1): 6. doi: 10.3390/v8010006.

[27] Mamouni K, Zhang S, Li X, Chen Y, Yang Y, Kim J, Bartlett M, Coleman I, Nelson P, Kucuk O, Wu D. A Novel Flavonoid Composition Targets Androgen Receptor Signaling and Inhibits Prostate Cancer Growth in Preclinical Models. *Neoplasia.* 2018, 20(8): 789-799. doi: 10.1016/j.neo.2018.06.003.



- [28] Ujjan ID, Khan S, Nigar R, Ahmed H, Ahmad S, Khan A. The possible therapeutic role of curcumin and quercetin in the early-stage of COVID-19-Results from a pragmatic randomized clinical trial. *Front Nutr.* 2023, 9: 1023997. doi: 10.3389/fnut.2022.1023997.
- [29] Khaerunnisa S, Kurniawan H, Awaluddin R, Suhartati S, Soetjipto S. Potential Inhibitor of COVID-19 Main Protease (Mpro) From Several Medicinal Plant Compounds by Molecular Docking Study. *Preprints.org.* 2020. DOI: 10.20944/preprints202003.0226.v1.
- [30] Abdizadeh R, Hadizadeh F, Abdizadeh T. In silico analysis and identification of antiviral coumarin derivatives against 3-chymotrypsin-like main protease of the novel coronavirus SARS-CoV-2. *Mol. Divers.* 2022, 26(2): 1053-1076. doi: 10.1007/s11030-021-10230-6.
- [31] Munafò F, Donati E, Brindani N, Ottonello G, Armirotti A, De Vivo M. Quercetin and luteolin are single-digit micromolar inhibitors of the SARS-CoV-2 RNA-dependent RNA polymerase. *Sci. Rep.* 2022, 12(1): 10571. doi: 10.1038/s41598-022-14664-2

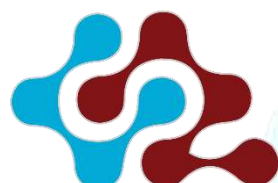


Artículo de investigación

Determinantes de reacción cruzada de carbohidratos (CCD) en panel de IgE específica para alimentos en población mestiza venezolana

Soriuska Mayora Hernández^{1*} , Francis Crespo Serrano¹ , Wendy Martínez Vasequez¹ , Samantha Gutiérrez Bassi¹ , Miller Meléndez Rodríguez¹ , Inirida Belisario Gómez¹ , Christian Medina García¹ , Juan Bautista De Sanctis² , Alexis García Piñero¹ .

1 Instituto de Inmunología Dr. Nicolás Enrique Bianco Colmenares, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Medicina, Caracas-Venezuela. **2** Instituto de Medicina Molecular y Translacional, Facultad de Medicina y Odontología, Universidad de Palacky, 779 00 Olomouc, República Checa.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Resumen

Las pruebas de IgE específica se usan comúnmente para la evaluación de las alergias alimentarias. Algunas veces se observa inconsistencia de los resultados del laboratorio con la historia clínica constituyendo un desafío diagnóstico y terapéutico. Un factor que podría afectar los resultados de la reactividad de IgE es la presencia de determinantes de reacción cruzada de carbohidratos (CCD). Éstas son estructuras de carbohidratos presentes en las plantas e insectos que pueden inducir la producción de IgE pero no participan en el mecanismo inmunomediado ni en la generación de signos y síntomas alérgicos.

Objetivo: Determinar la prevalencia de los CCD en panel de IgE específica para alimentos (Polycheck Allergy- Biocheck GmbH, Münster, Alemania) en población mestiza venezolana. **Métodos:** Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal prospectivo en el que se incluyeron 100 pacientes mestizos venezolanos de ambos sexos sin distinción de edad que acudieron al servicio de laboratorio del Instituto de Inmunología Dr. Nicolás E. Bianco C. de la Universidad

Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 26 de mayo del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335619>

***Autor para**

correspondencia: Soriuska Mayora Hernandez

e-mail:

soriuskamayora@gmail.com

Central de Venezuela en el período comprendido entre enero-abril del año 2023. Se determinaron los niveles de IgE total por medio de ensayo de inmunoabsorción ligado a enzima (ELISA) y se analizaron los sueros para determinar la presencia de IgE anti-CCD e IgE específica contra alérgenos alimentarios utilizando un ensayo de IgE específico de alérgeno multiplex comercial. **Resultados:** Se encontró una prevalencia de anti-CCD en el 34 % (34) de los sueros evaluados. Se observó una correlación positiva entre los pacientes que presentaron IgE anti-CCD y la positividad a múltiples alérgenos alimentarios sobretodo cereales; hubo mayor incidencia en pacientes de sexo masculino. El uso de inhibidores de CCD y de alérgenos recombinantes puede eliminar la interferencia de reacciones cruzadas en los ensayos *in vitro* para diagnóstico de alergias. Urge la generación de nuevos inhibidores específicos dada la alta incidencia de anti-CCD en nuestra población mestiza.

Palabras clave: IgE específica, alérgenos alimentarios, determinantes de reacción cruzada de carbohidratos (CCD).



Research Article

Determinants of carbohydrate cross-reaction (CCD) in a food-specific IgE panel in a mestizo Venezuelan population

Soriuska Mayora Hernández^{1*} , Francis Crespo Serrano¹ , Wendy Martínez Vasequez¹ , Samantha Gutiérrez Bassi¹ , Miller Meléndez Rodríguez¹ , Inirida Belisario Gómez¹ , Christian Medina García¹ , Juan Bautista De Sanctis² , Alexis García Piñero¹ .

1 Instituto de Inmunología Dr. Nicolás Enrique Bianco Colmenares, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Medicina, Caracas-Venezuela. **2** Instituto de Medicina Molecular y Translacional, Facultad de Medicina y Odontología, Universidad de Palacky, 779 00 Olomouc, República Checa.



Received: May 15, 2023

Accepted: May 26, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335619>

***Corresponding author:**

Soriuska Mayora Hernandez

e-mail:

soriuskamayora@gmail.com

Abstract

Specific IgE tests are commonly used to evaluate food allergies. Sometimes, laboratory results are inconsistent with the patient's clinical history and constitute a diagnostic and therapeutic challenge. One factor that could affect IgE reactivity results is the presence of carbohydrate cross-reacting determinants (CCDs). These carbohydrate structures present in plants and insects can induce IgE production but do not participate in the immune-mediated mechanism or the generation of allergic signs and symptoms. Objective: To determine the prevalence of CCDs in a Venezuelan mestizo population in a food-specific IgE test panel (Polycheck Allergy - Biocheck GmbH, Münster, Germany). Methods: A prospective cross-sectional descriptive study was carried out in which 100 Venezuelan mestizo patients of both sexes without age distinction who attended the laboratory service of the Instituto de Inmunología Dr Nicolás E. Bianco C. of the Universidad Central de Venezuela in the period January-April 2023. Total IgE levels were analyzed by a commercial enzyme-linked



immunosorbent assay (ELISA). IgE anti-CCD and against food allergens were determined using a commercial multiplex allergen-specific IgE assay. Results: The prevalence of anti-CCD was 34 % (34). A positive correlation was observed between positive anti-CCD IgE values and positivity to multiple food allergens. The association was predominant in cereals and in males. CCD inhibitors and recombinant allergens may eliminate cross-reactive interference *in vitro* allergy diagnostic assays. New and specific inhibitors are important due to the high prevalence of anti-CCD in our admix population.

Keywords: specific IgE, food allergens, carbohydrate cross-reactive determinants (CCD).

1. Introducción

Las enfermedades alérgicas han experimentado un aumento en las últimas décadas, en el caso de la alergia alimentaria se han realizado múltiples estudios de autopercepción que sugieren que entre el 5 al 25 % de la población adulta cree que ellos o sus hijos han tenido alguna reacción alérgica a los alimentos, por lo cual se tiende a sobreestimar la verdadera prevalencia de las alergias alimentarias. De acuerdo a estudios epidemiológicos se estima que la prevalencia oscila entre 2-8 % en la población adulta, y es la población infantil la que reporta cifras más elevadas entre 10-15 % [1]. Las alergias alimentarias son una de las enfermedades más estudiadas debido a su frecuencia y la gravedad de manifestaciones clínicas incluso cuando se ingieren pequeñas cantidades de alérgenos. Los alimentos que con más



frecuencia inducen reacciones alérgicas son la leche, el huevo, el maní, los frutos secos, las frutas, el pescado, mariscos, la soya, el trigo y las legumbres. La importancia relativa de estos alimentos varía con la edad y el área geográfica, lo que viene determinado por las costumbres alimentarias, la aerobiología de la zona y las interacciones entre factores genéticos y medioambientales [2]. En Latinoamérica se necesita más información que permita adoptar medidas adecuadas de prevención, diagnóstico y terapéutica según la prevalencia. En nuestro país es poca la información epidemiológica que poseemos respecto a la sensibilización de alérgenos alimentarios y los síntomas asociados a su ingesta [3]. Un estudio realizado por Garmendia *et al.*, [4] que incluyó 93 pacientes de la consulta de alergia del Instituto de Inmunología Dr. Nicolás Bianco UCV, la frecuencia de reacciones graves al maní es muy baja, lo cual concuerda con la percepción de los médicos venezolanos los cuales refieren observar una muy baja prevalencia de alergia al maní en nuestro país. Por otra parte, la sensibilización al maní en pacientes atópicos y/o con urticaria en Venezuela, medida por pruebas cutáneas con extracto de maní es similar o superior a la registrada en otros países, sin embargo, el grado de reactividad parece ser menor. En un estudio realizado en Venezuela por Navarro *et al.*, [5] en el cual se compararon 56 pacientes con dermatitis atópica y 53 controles para determinar la relación entre dermatitis atópica, alergia alimentaria y síntomas gastrointestinales se encontró que, entre los pacientes con dermatitis, 45 (80 %) estaban sensibilizados a un alimento, siendo la leche de vaca el más frecuente (48 %) y los síntomas gastrointestinales se asociaron con la sensibilización [4]. Considerando este estudio de sensibilización IgE en Venezuela se confirma que existe una fuerte asociación entre los síntomas gastrointestinales,



la sensibilización alimentaria y la dermatitis atópica. Este estudio contrasta con los resultados del estudio Tassi en Brasil, donde la sensibilización alimentaria no mostró una fuerte correlación con los síntomas en pacientes con dermatitis atópica [5]. Lo cual resalta la necesidad de estudios multicéntricos en distintos países de Latinoamérica y la importancia del abordaje diagnóstico de las alergias alimentarias como parte del manejo y control de otras manifestaciones alérgicas [2].

La alergia alimentaria es un evento adverso para la salud que surge de la respuesta inmunitaria que se produce ante la exposición a un determinado alimento. Esta definición abarca las respuestas inmunitarias que son mediada por IgE, no mediada por IgE o una combinación de ambas y está de acuerdo con otras guías internacionales. Para el estudio de las alergias existen análisis *in vitro* entre los cuales se destacan las pruebas serológicas, que permite la determinación de inmunoglobulinas desencadenantes de las manifestaciones alérgicas, las mismas deben correlacionarse con la historia clínica y los análisis *in vivo*. Las pruebas de IgE específicas en suero basadas en el inmunoensayo enzimático de fluorescencia, el inmunoensayo enzimático quimioluminiscente y el inmunoensayo enzimático a menudo se eligen favorablemente en entornos clínicos debido a la capacidad de probar diferentes anticuerpos IgE específicos de alérgenos con una especificidad relativamente alta. Sin embargo, a menudo hay casos en los que a pesar de la detección de anticuerpos IgE específicos para alérgenos los pacientes no muestran síntomas de enfermedad alérgica [6]. Es en este tipo de pacientes en los que estos resultados falsos positivos pueden atribuirse a reactividad cruzada a epítopes de carbohidratos que son insignificantes desde el punto de



vista clínico [7]. La base estructural de los llamados determinantes de reacción cruzada de carbohidratos (CCD) son los oligosacáridos unidos a aminoácidos que forman el complejo de glicoproteínas [8]. Los pacientes que desarrollan IgE contra CCD de cualquier alérgeno reacciona con otros alérgenos que contienen glicosilación típica de plantas o insectos. Hasta una cuarta parte de todos los pacientes que se someten a pruebas de IgE específica presentan estas múltiples reacciones [9]. El problema radica en que la IgE anti-CCD, por lo que sabemos hoy, no tiene importancia clínica significativa, lo cual complica la interpretación de los reportes falsos positivos y condiciona a los médicos la necesidad de establecer no sólo correlación clínica-paraclínicos sino uso de otros ensayos *in vitro* o *in vivo* para contrastar los resultados [10]. Es por ello que debe considerarse la presencia de anticuerpos IgE anti-CCD como factor de interferencia analítica en las pruebas serológicas de IgE específica para alergias alimentarias y considerar la magnitud del impacto de éste en una cohorte de pacientes, donde cualquier prueba de IgE arrojará un resultado positivo, que, sin embargo, será falso positivo para la mayoría o todos los alérgenos.

Los determinantes de carbohidratos que se encuentran en las glicoproteínas de plantas, mamíferos no primates e invertebrados no se dan en los seres humanos, por lo que estos glicanos son altamente inmunogénicos y capaces de inducir una fuerte respuesta de anticuerpos. La presencia de un núcleo de fucosa ligado a 1,3 (plantas e insectos) y de xilosa ligada a b1,2 (plantas y helmintos) en los glicanos N es alta entre los alérgenos de plantas e invertebrados y muestra una reactividad cruzada de anticuerpos [10]. Los anticuerpos IgE anti-CCD se encuentran principalmente en individuos con sensibilizaciones

múltiples alérgenos de glicoproteínas vegetales. La presencia de anticuerpos IgE anti-CCD no se correlaciona con síntomas alérgicos clínicamente relevantes en la mayoría de los casos, si no en todos. Esto puede deberse a la presencia de anticuerpos IgG anti-CCD que actúan como anticuerpos bloqueantes [11, 12], así como se muestra en la Figura 1.

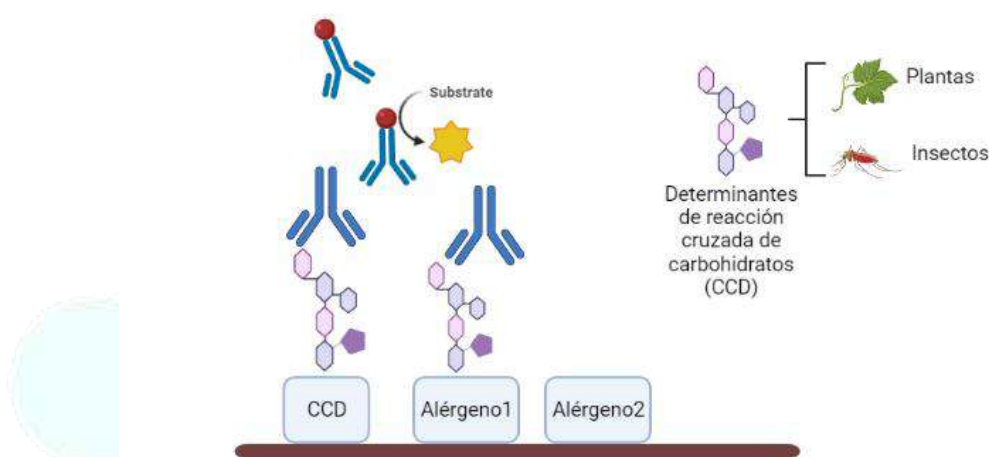


Figura 1. Principio de reacción cruzada por CCD. Los pacientes que desarrollan IgE contra CCD en cualquier alérgeno reaccionan con otros alérgenos que contienen glicosilación típica de plantas o insectos, por lo que a pesar de existir una unión antígeno anticuerpo esta no refleja la sensibilización al alérgeno en estudio sino una reacción cruzada que genera un falso positivo.

En la población mestiza venezolana no existen datos actualizados de la presencia de los CCD en las pruebas de IgE específica (IgEs) indicadas a pacientes con sospecha de alergias alimentarias, es por ello que se considera una necesidad evaluar la prevalencia de los CCD en los



análisis de IgE específica para panel de alimentos en población pediátrica y adulta mestiza venezolana, esto contribuirá con la interpretación más confiable de los resultados y favorecerá el abordaje diagnóstico y terapéutico. Con base en lo anteriormente expuesto se decidió realizar un estudio de investigación donde se determinó la prevalencia de los CCD en las pruebas de IgE específica para alimentos en pacientes mestizos venezolanos que acudieron al servicio de laboratorio del Instituto de Inmunología Dr. Nicolás E. Bianco C. de la Universidad Central de Venezuela, centro nacional de referencia de inmunología clínica con impacto internacional para el estudio de enfermedades alérgicas, autoinmunes e inmunodeficiencias. Este estudio fue aprobado por el comité de bioética de dicha institución y no ameritó el uso de consentimiento informado dado que las muestras y reportes incluidos fueron tomados de la base de datos central del servicio de laboratorio, respetándose la confidencialidad y el anonimato de los pacientes, considerándose los factores de importancia para la evaluación de los mismos ingresados al momento de toma de muestra como edad y sexo.

2. Metodología

Se realizó un estudio de campo observacional descriptivo corte transversal prospectivo de serie de casos, que incluyó una muestra de 100 pacientes mestizos venezolanos que acudieron al servicio de laboratorio del Instituto de Inmunología Dr. Nicolás E. Bianco C. UCV en los períodos entre enero-abril 2023, sin distinción de edad ni sexo. Se les practicó una punción venosa para obtener 1 tubo seco o tapa roja

de 2-3 mL de sangre periférica. Dicha muestra fue distribuida para los siguientes procedimientos: Análisis y cuantificación de concentraciones de IgE total por técnica de ELISA y análisis y cuantificación de IgE específica para alimentos según múltiplex Polychex Allergy (panel de 20 alimentos Venezuela food) (Figura 2). A fin de facilitar el análisis de los resultados obtenidos, se distribuyeron los pacientes por sexo, estableciéndose 2 grupos: femenino y masculino.

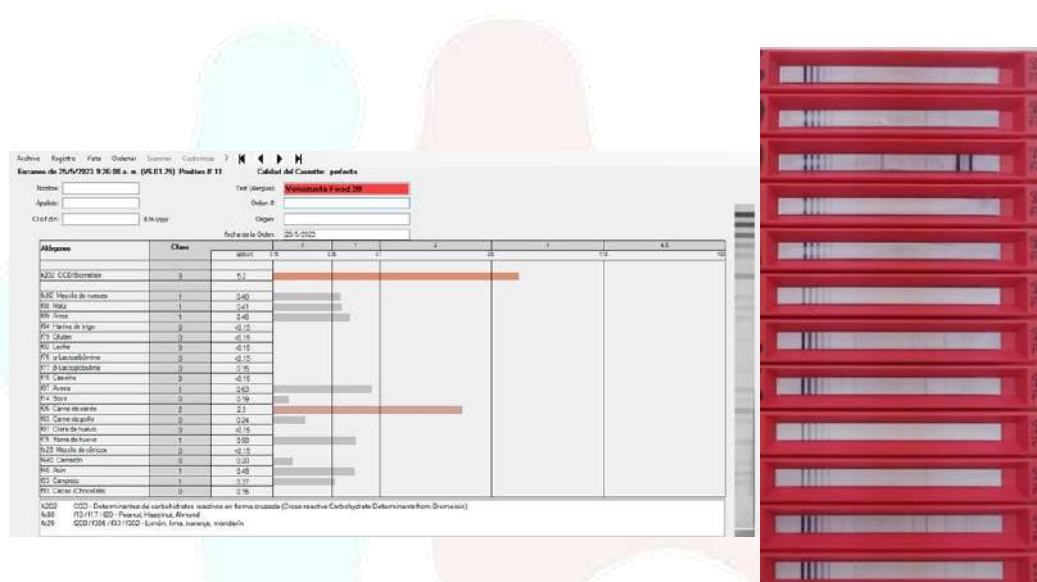


Figura 2. Unión de IgEs presente en suero de pacientes contra alérgenos alimentarios y CCD. Lectura de panel Venezuela Food 20. Polycheck Allergy

Este trabajo no ameritó financiamiento externo, se procedió a realizar los ensayos según las regulaciones de la declaración de Helsinki, las muestras utilizadas fueron tomadas de la base de datos registrada en el sistema de laboratorio de la institución según ingreso del paciente en el período de estudio y estuvo bajo la coordinación de la M.Sc.

Soriuska Mayora del Instituto de Inmunología Dr. Nicolás E. Bianco C. UCV.

Para el análisis de los datos, se aplicaron las técnicas de estadística descriptiva, se representaron las tablas y gráficas de las frecuencias absolutas y relativas. Los cálculos y comparaciones necesarias se realizaron con el programa Microsoft Excel versión 16.73. Se calculó la media aritmética y la desviación estándar para las variables continuas; en el caso de las variables nominales (sexo) se calcularon sus frecuencias y porcentajes. Las correlaciones entre presencia de IgE anti-CCD y diferentes alérgenos alimentarios, así como sexo y edad se evaluaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson para un valor de $P < 0,05$ que se consideró estadísticamente significativo.

3. Resultados

La muestra estuvo constituida por 100 pacientes mestizos venezolanos que acudieron al servicio de laboratorio sin distinción de edad y sexo, para la realización de niveles séricos de IgE total y análisis de panel de IgE específica para alérgenos alimentarios, cuyo reporte de interpretación se ilustra en la Tabla 1.

Tabla 1. Interpretación de concentraciones de IgE específica para alérgenos alimentarios según Polychex Allergy.

Clase	Concentración	Detección de anticuerpos
0	Menos 0,35	No se detectaron anticuerpos
1	0,35 a menos 0,7	Detección muy débil
2	0,7 Hasta menos 3,5	Detección leve
3	3,5 Hasta menos 17,5	Detección clara
4	17,5 Hasta menos 50	Detección fuerte
5	50 Hasta menos 100	Detección muy fuerte
6	Más de 100	Títulos extremadamente altos

*Concentración UI/L.

La mayoría de los pacientes no mostraron niveles significativos de IgE específica para alérgenos alimentarios (Tabla 2), sin embargo 34 % tuvieron positividad de CCD (Figura 3), observándose un predominio del sexo masculino en un 53 % [18] (Figura 4 y 5).

Tabla 2. Características de los pacientes venezolanos.

Características	N	Porcentaje
Sexo		
- Femenino	49	49 %
- Masculino	51	51 %
Edad		
Media	17.5 años	
< 18 años (Pediátricos)	69	69 %
>18 años (Adultos)	31	31 %
Concentración de IgE total (UI/mL)	Promedio	
	149	
- Población total	138	
- < 18 años	151	
- > 18 años		
Número de alérgenos positivos:		
- Ninguno	61	61 %
- 1 alérgeno	14	14 %
- Múltiples alérgenos	25	25 %
Positividad a los CCD (UI/L)		
- < 0,35 negativo	55	55 %
- 0,35 – 0,70 detección débil	11	11 %
- 0,70 – 100 positivos	34	34 %
Positividad de alérgenos independiente de CCD (UI/L)	39 pacientes	
- Nueces	10	25,6 %
- Maíz	8	20,5 %
- Arroz	6	15,4 %
- Harina de trigo	7	17,9 %
- Gluten	4	10,3 %
- Soya	4	10,3 %
- Cítricos	7	17,9 %
- Leche de vaca	1	2,6 %
- Cerdo	25	64,1 %
- Pollo	2	5,1 %
- Cacao	5	12,8 %
- Avena	11	28,2 %
- Camarón	10	25,6 %
- Cangrejo	17	43,6 %
- Lactoglobulina	1	2,6 %
- Clara de huevo	1	2,6 %
- Yema de huevo	4	10,3 %

Nota: Población pediátrica < 18 años, Adultos > 18 años.

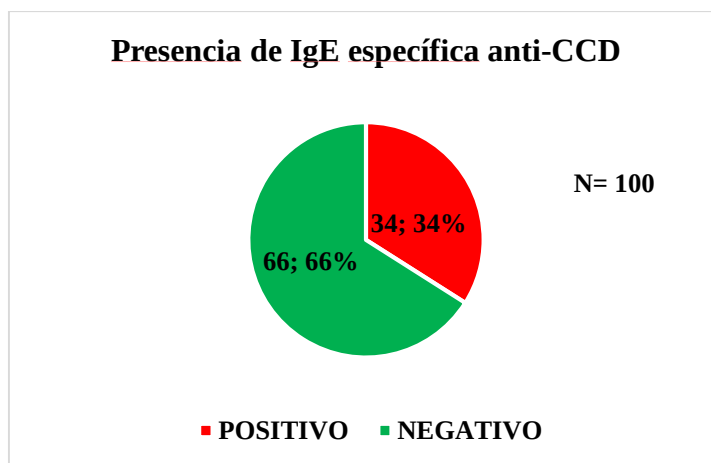


Figura 3. Presencia de IgE específica anti-CCD. En la figura se muestra la distribución de los pacientes según positividad de CCD en panel de IgE específica alérgenos alimentarios, un tercio de la muestra presentaba positividad.

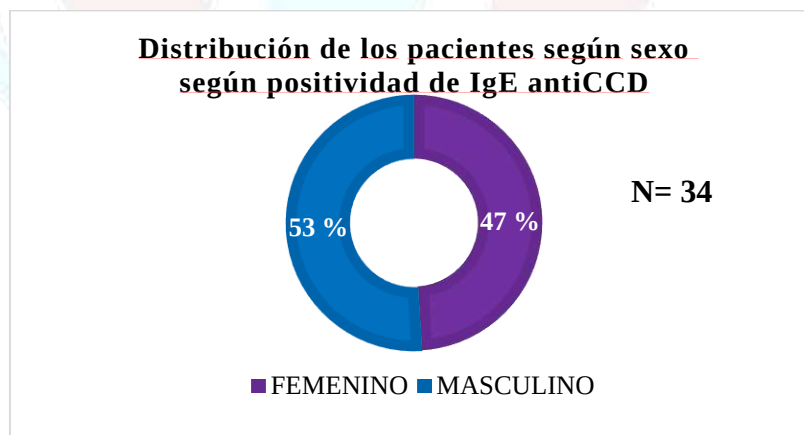


Figura 4. Distribución de los pacientes según sexo. En la figura se muestra la distribución de los pacientes según positividad de CCD en panel de IgE específica alérgenos alimentarios en relación al sexo, observándose un predominio del sexo masculino 53 % [18].

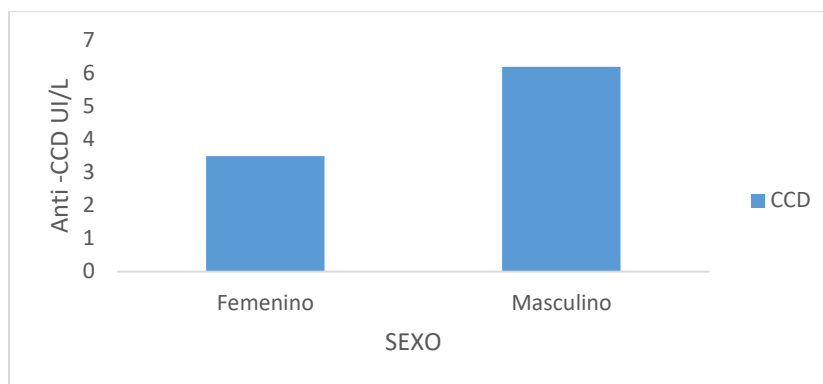


Figura 5. Promedio de anticuerpos anti-CCD según el sexo n=100. En la figura se muestra el promedio de los anticuerpos anti CCD (UI/L) en la población masculina (6.2 UI/L) y femenina estudiada (3.5 UI/L), observándose concentraciones más altas en los individuos del sexo masculino r^2 0,3513 $p < 0.0001$.

Respecto a la relación entre presencia de IgE anti-CCD y alérgenos alimentarios específicos, se observó una correlación positiva estadísticamente significativa con frutos secos como las nueces ($F = 26,87$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,2152$) y algunos cereales como maíz ($F = 34,25$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,259$), avena ($F = 23,07$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,190$) y trigo ($F = 33,41$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,254$) (Figura 6).

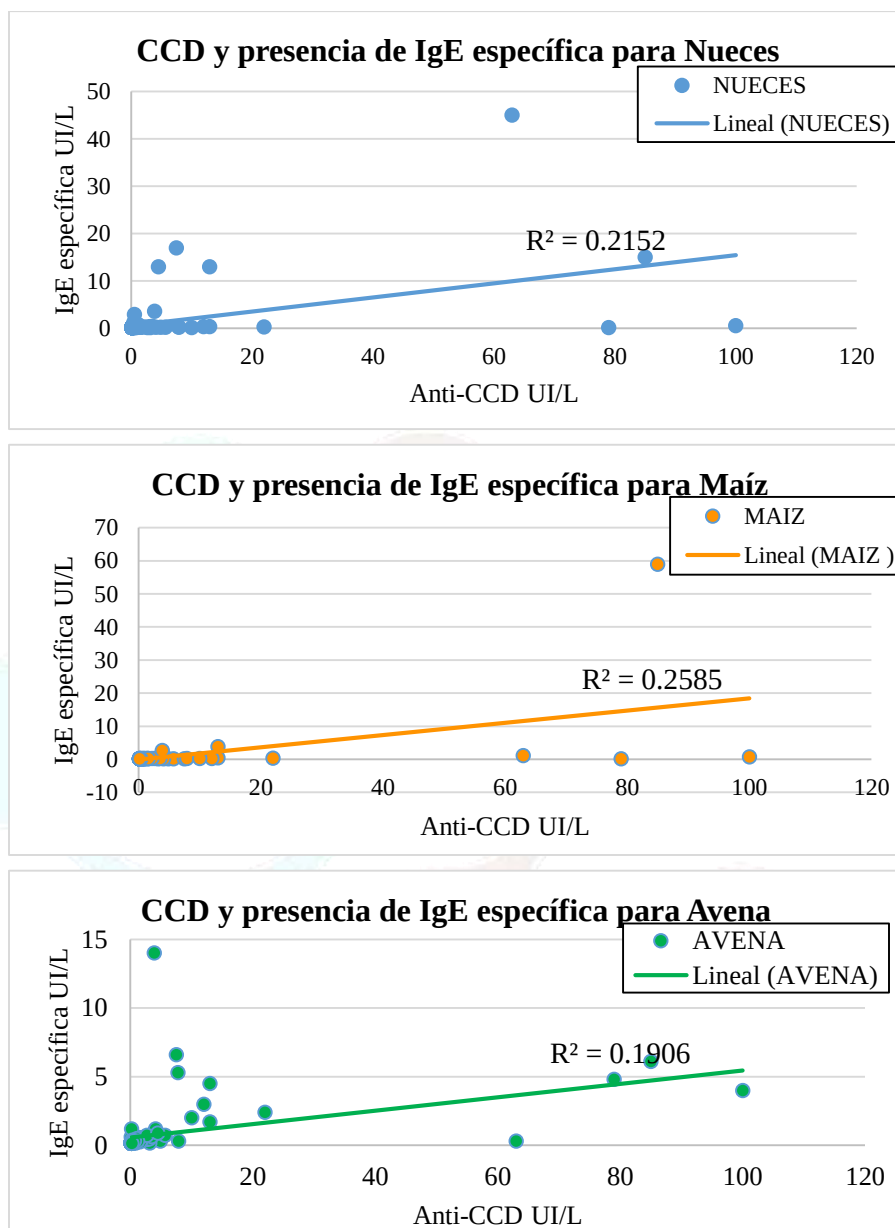


Figura 6. Correlación de positividad de los CCD y presencia de IgE específica para alérgenos alimentarios. En la figura se muestra la distribución de los pacientes según positividad de CCD en relación a la presencia de IgE específica para alérgenos alimentarios, destacándose la positividad a nueces ($F = 26,87$; $p < 0,0001$; $r^2 = 0,2152$), maíz ($F = 34,25$; $p < 0,0001$; $r^2 = 0,259$), avena ($F = 23,07$; $p < 0,0001$; $r^2 = 0,190$) y trigo ($F = 33,41$; $p < 0,0001$; $r^2 = 0,254$) dentro de los asociados a presencia de CCD.

En la figura se muestra la distribución de los pacientes según positividad de CCD en relación a la presencia de IgE específica para alérgenos alimentarios, destacándose la positividad a nueces ($F = 26,87$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,2152$), maíz ($F = 34,25$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,259$), avena ($F = 23,07$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,190$) y trigo ($F = 33,41$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,254$) dentro de los asociados a presencia de CCD. relación a coexistencia de CCD y la sensibilidad hacia algún alérgeno alimentario, se reportó una mayor prevalencia en población pediátrica < 18 años (27: 79,4 %) (Figura 7).

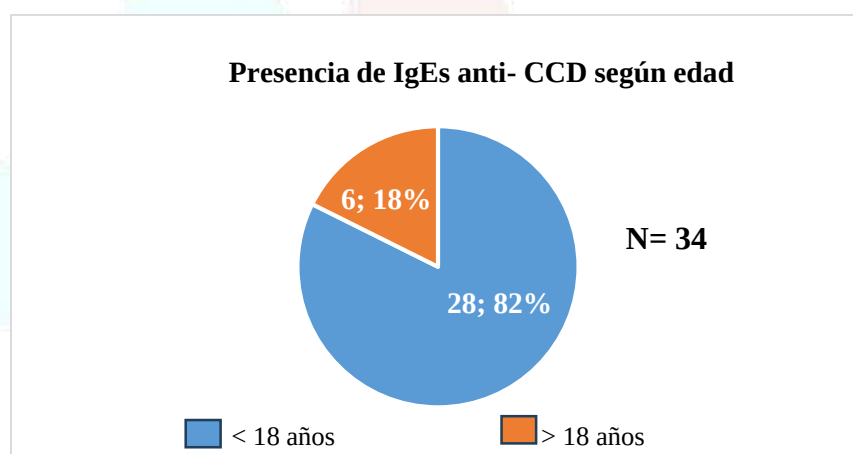
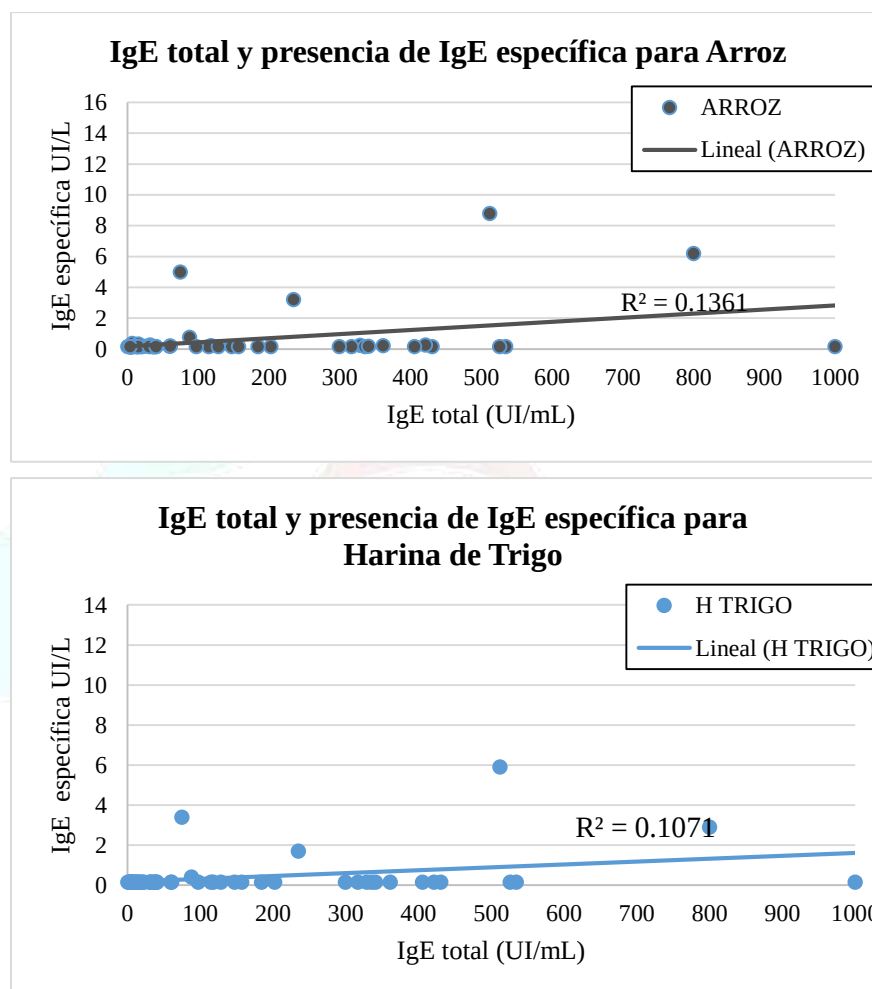
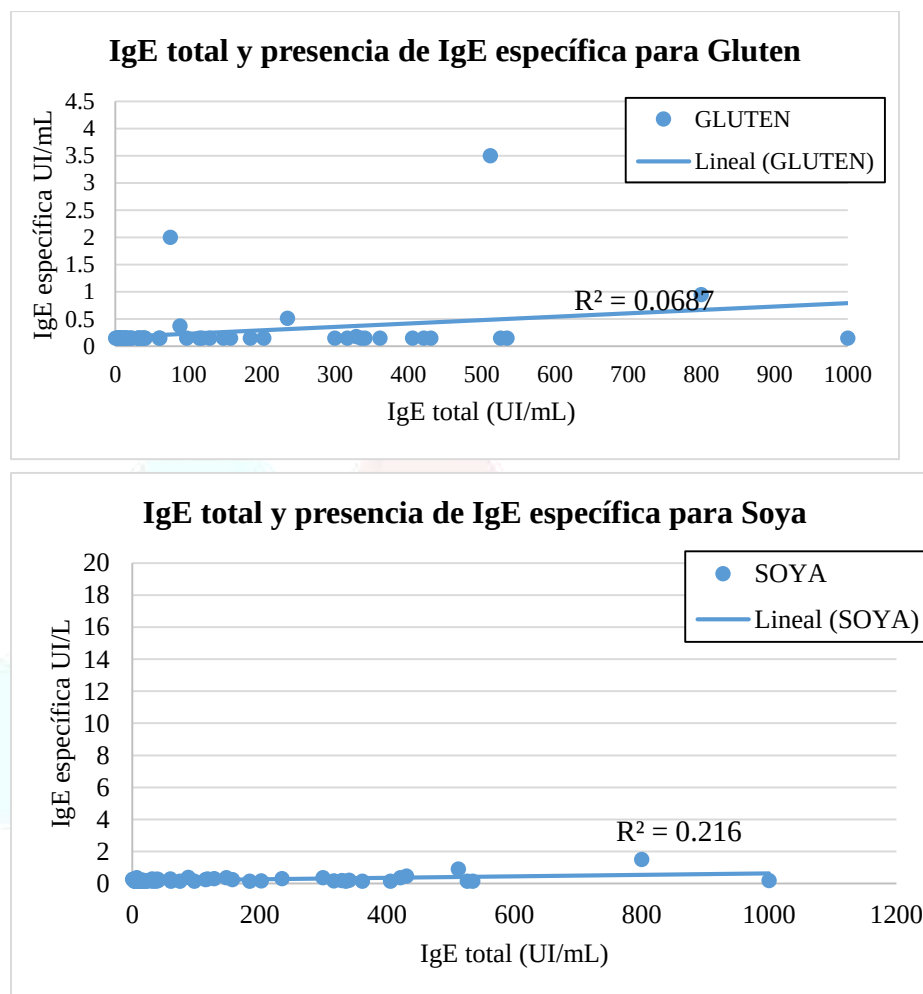


Figura 7. Distribución de los pacientes según edad y positividad a CCD. En la figura se muestra la distribución de los pacientes según positividad de CCD en panel de IgE específica alérgenos alimentarios en relación al grupo etario, observándose una prevalencia de CCD mayor en población pediátrica < 18 años (28: 82 %).

Finalmente se evaluó la correlación entre concentraciones de IgE total y positividad de IgE específica para alérgenos alimentarios, observándose una correlación positiva estadísticamente significativa con cereales: arroz ($F = 8,976$; $p = <0,004$; $r^2 = 0,36$), trigo ($F = 6,838$; $p = <0,004$; $r^2 = 0,36$), maíz ($F = 34,25$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,259$), nueces ($F = 26,87$; $p = <0,0001$; $r^2 = 0,2152$).

= <0,0114; $r^2 = 0,107$, gluten ($F = 4,203$; $p = 0,045$; $r^2 = 0,068$) y soya ($F = 15,7$; $p = 0,0002$; $r^2 = 0,216$) (Figura 8).







4. Discusión

En este estudio realizado en Caracas, Venezuela; el 39 % de los pacientes incluidos presentó positividad para alguno de los alérgenos alimentarios evaluados en el panel, estando sensibilizados en mayor medida al cerdo (25: 64 %), cangrejo (17: 43,6 %), avena (11: 28 %) seguidos del camarón (10: 25,6 %), nueces (10: 23 %), maíz (8: 20,5 %), harina de trigo (7: 17,9 %), arroz (6: 15 %) y cacao (5: 12,8 %); los niveles de IgEs de estos alérgenos se concentraron en las clases 2-3 constituyendo el 87,5 %. Estos resultados difieren con el estudio realizado por Garmendia *et al.* [4] en la institución donde las pruebas cutáneas reportaron positividad a mariscos, pescado y huevo por orden de frecuencia, lo cual refleja las probables modificaciones en la dieta de la población venezolana. Se detectó IgEs contra CCD en el 34 % (34) de todos los pacientes evaluados (100). Respecto a la positividad de IgEs alérgenos y la cosensibilización a CCD, el 69 % (69) de los pacientes que presentaban positividad a algún alérgeno alimentario mostraron también positividad anti-CCD, con sensibilidad en mayor medida a nueces y cereales, tales como maíz, arroz, harina de trigo y avena, en este sentido, se cree que los N-glucanos provocan un amplio espectro de reactividad cruzada que se extiende más allá de los límites de la familia de las proteínas. Un estudio realizado en China por Luo *et al.* [13], mostró resultados similares donde se encontró presencia de CCD en el 46 % de los sujetos evaluados y una coexistencia con positividad de IgEs a polen y semillas en un 69 %, dicha sensibilidad alérgenos alimentarios de polen y semillas se volvieron negativos posteriores a la inhibición de los CCD [14]. Es bien conocido que una IgE positiva a un



alérgeno dado no puede traducirse siempre en alergia clínica. La reactividad cruzada entre epítomos homólogos expresados en diferentes alérgenos es una razón potencial para la detección de IgE específica clínicamente irrelevante. La reactividad cruzada basada en glicanos es diferente de la reactividad cruzada basada en proteínas porque el grado y la estructura fina de la glicosilación es variable entre las glicoproteínas, incluso a nivel de una sola célula. El consumo de cereales como maíz, trigo, arroz y avena forma parte importante de la dieta de la población venezolana, de allí que la positividad a CCD está asociada a la determinación de IgEs a estos alérgenos alimentarios. Se debe prestar atención al uso de inhibidores de CCD en el diagnóstico de alergias *in vitro* debido a su importancia en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades alérgicas. En relación a la edad de los pacientes con positividad a algún alérgeno en su mayoría pertenecían a la población adulta, mayor a 18 años, siendo en esta edad la de más alta la prevalencia de alergias alimentarias según estadísticas mundiales [15]. En cuanto, la coexistencia con IgEs anti-CCD y cereales (maíz, trigo, arroz y avena) fue significativamente mayor en población infantil o menor a 18 años (27: 79,4 %) esto debido al tipo de alimentación rica en cereales en la edad pediátrica, así como la reactividad a los CCD presentes en alérgenos alimentarios de plantas y polen, en lugar de la proteína misma y a la similitud filogenética de especies alérgicas, recordando que son éste grupo de alimentos a los cuales se expone los niños al iniciar la alimentación complementaria poniéndose en juego la tolerancia de la reactividad cruzada a carbohidratos en esta edad por su similitud además con epítomos autólogos [3, 16]. Varios estudios sugieren que la inhibición de CCD es una opción viable para mitigar la influencia de los anticuerpos anti-



CCD y para aumentar la confiabilidad de las pruebas de IgE alérgenos específicos, particularmente en la sensibilización múltiple [17, 18]. Referente a la presencia de CCD y el sexo, de los 34 pacientes que mostraron positividad de IgEs contra CCD un 53 % correspondió a sexo masculino y el 47 % al sexo femenino [19-21], algunos estudios realizados en adultos no muestran diferencias significativas en la sensibilidad alérgenos alimentarios, sin embargo, estudios realizados en pacientes pediátricos si reportan mayor incidencia de sensibilidad alimentaria en el sexo masculino independientemente del alérgeno asociado [22, 24].

Resulta importante señalar que se intentó inhibir la reacción cruzada observada en una parte de las muestras con el uso del agente bloqueante facilitado por el fabricante (Polychex), sin embargo, este no resultó efectivo ya que no se evidenció diferencia significativa entre los resultados obtenidos pre y post uso del mismo en las muestras evaluadas, por lo que es necesario realizar pruebas adicionales con otros compuestos que permitan explicar la razón por la cual el reactivo no genera los resultados esperados cuando es evaluado con el panel diseñado para la población venezolana. Dado a que, debido a la dieta típica de nuestra nación y la región caribeña, nuestra población está más expuesta a antígenos sacáridos que pudieran generar anticuerpos contra CCD que otras poblaciones, se requieren inhibidores más específicos o potentes. De igual forma debemos reconocer que este estudio presentó varias limitaciones, entre las cuales se destaca los costes personales a los pacientes y la disponibilidad de todos los resultados en una sola sesión analítica. Asimismo, no se contó con las características clínicas que presentaban los pacientes incluidos en el estudio ni el reporte de pruebas *in vivo* (pruebas epicutáneas)



realizadas por el personal médico, lo cual dificulta la interpretación de las pruebas serológicas y su relevancia clínica. Mientras en otros países, sobre todo del continente europeo, la detección de los CCD y su participación en la correcta interpretación de los resultados de paneles para la evaluación serológica de IgE específica ha sido estudiada, en Venezuela el uso de estas pruebas ha sido de reciente data por lo que aún se desconoce el comportamiento y rendimiento de la prueba para nuestra población cuya dieta y factores socio culturales son diferentes.

4. Conclusiones

La medición serológica de los anticuerpos IgE específicos de alérgenos proporciona al clínico una medida del perfil de sensibilización alérgica de un paciente. Es decir, un resultado positivo de IgE alérgeno-específica representa un estado de sensibilización alérgica (riesgo de enfermedad alérgica) pero no una prueba de enfermedad alérgica. Una respuesta positiva de anticuerpos IgE sólo es clínicamente relevante en el caso de que haya síntomas alérgicos correspondientes definidos objetivamente que estén asociados temporalmente con una exposición al alérgeno alimentario conocida.

La reactividad cruzada de IgEs contra CCD es importante por varias razones, en primer lugar, desde el punto de vista clínico para conocer patrones de reactividad cruzada y patrones de sensibilidad clínico. En segundo lugar, la reactividad cruzada de IgE por su base



inmunológica en general respuesta T independiente y de anticuerpos con baja avidéz, resulta de interés en relación con la regulación de la sensibilización alérgica y, por último, predecir la reactividad cruzada permite identificar la posible sensibilidad a nuevos alérgenos alimentarios. Estructuras de CCD presentes en glicoproteínas de plantas e himenópteros se ha reconocido que provocan la síntesis de IgEs que carece de actividad biológica y que dificultan la interpretación de la serología para el diagnóstico de enfermedades alérgicas. La explicación más probable a la falta de relevancia clínica es que deben buscarse en términos de valencia del epítipo y baja afinidad. Es por ello que el CCD presente en el polen y los alérgenos alimentarios como frutos secos y cereales puede conducir a la producción de IgE específica anti-CCD y causar una prueba falsa positiva en el resultado de los alérgenos relevantes. Establecer la prevalencia de los CCD en población venezolana, resulta de relevancia en el abordaje diagnóstico no sólo de las alergias alimentarias y la coexistencia de IgEs alérgenos de alimentos de amplio consumo en el país, sino que promueve el estudio de éstos en los aerolérgenos con importancia clínica según nuestra geografía para favorecer la orientación a los clínicos y reducir las indicaciones de dietas de eliminación que no condicionan beneficios nutricionales a los pacientes y que pueden afectar de gran manera el estilo de vida de los mismos. Finalmente, recomendamos la realización de estudios de prevalencia de CCD en pruebas de IgEs para aerolérgenos, la introducción de los inhibidores de los CCD en la rutina de pruebas serológicas para mejorar la precisión diagnóstica de las enfermedades alérgicas y la realización estudios que incluya población de diferentes regiones del país donde se considere la diferencia gastronómica, las particularidades geo-climáticas y su impacto en la



coexistencia de CCD y sensibilidad alérgenos alimentarios. Las expectativas para resolver la interferencia analítica de los CCD en las pruebas de alergia *in vitro* se encuentran centradas en la posibilidad de realizar los análisis con preparaciones de carbohidratos puros, aislados del correspondiente glicoalérgeno o de síntesis, una vez determinadas las estructuras moleculares a las que se atribuye el posible papel alergénico.

5. Referencias

- [1] Álvarez J, Hernández L, Marrugo C. Factores epidemiológicos en la inmunopatogénesis de la alergia a los alimentos. *Salud Uninorte*. 2009, 25 (2): 258-279.
- [2] Sánchez J, Sánchez A. Epidemiology of food allergy in Latin America. *Allergol. Immunopathol. (Madr)*. 2015, 43 (2): 185-95. doi: 10.1016/j.aller.2013.07.001.
- [3] Zubeldia J, editor. El libro de las enfermedades alérgicas. 2° Edic. Bilbao: Fundación BBVA; 2021.
- [4] Garmendia J, Terysol X, Rodríguez G, Seyeddi R, Tassinari P, Bianco N. Sensibilización al maní en pacientes venezolanos con enfermedades atópicas y/o urticaria. *Revista de la Facultad de Medicina*. 2012, 35 (2): 36-39.
- [5] Navarro D, López C, Villalobos D, Flores L, Rodríguez R, González L, Martínez, M. Gastrointestinal symptoms in children with atopic dermatitis and its association with food allergy. *Arch. Venezolanas Puericult. Pediatr*. 2004, 67 (4): 181-186.
- [6] Urisu A, Ebisawa M, Mukoyama T, Morikawa A, Kondo N. Japanese Guideline for Food Allergy. *Allergol. Int*. 2011, 60(2): 221-36. doi: 10.2332/allergolint.11-rai-0329.



- [7] Yokoi H, Yoshitake H, Matsumoto Y, Kawada M, Takato Y, Shinagawa K, Sakurai H, Saito K. Involvement of cross-reactive carbohydrate determinants-specific IgE in pollen allergy testing. *Asia Pac. Allergy*. 2017, 7(1): 29-36. doi: 10.5415/apallergy.2017.7.1.29.
- [8] Piccione M, DeBoer D. Serum IgE against cross-reactive carbohydrate determinants (CCD) in healthy and atopic dogs. *Vet. Dermatol*. 2019, 30(6):507. doi: 10.1111/vde.12799.
- [9] Commins SP, Platts-Mills TA. Allergenicity of carbohydrates and their role in anaphylactic events. *Curr. Allergy Asthma Rep*. 2010; 10: 29-33. doi: 10.1007/s11882-009-0079-1.
- [10] Holzweber F, Svehla E, Fellner W, Dalik T, Stubler S, Hemmer W, Altmann F. Inhibition of IgE binding to cross-reactive carbohydrate determinants enhances diagnostic selectivity. *Allergy*. 2013, 68(10): 1269-77. doi: 10.1111/all.12229.
- [11] Jin C, Hantusch B, Hemmer W, Stadlmann J, Altmann F. Affinity of IgE and IgG against cross-reactive carbohydrate determinants on plant and insect glycoproteins. *J. Allergy Clin. Immunol*. 2008, 121(1): 185-190.e2. doi: 10.1016/j.jaci.2007.07.047.
- [12] Kamath SD, Bublin M, Kitamura K, Matsui T, Ito K, Lopata AL. Cross-reactive epitopes and their role in food allergy. *J. Allergy Clin. Immunol*. 2023, 151(5): 1178-90.
- [13] Luo W, Huang H, Zheng P, Zheng J, Sun B. CCD Inhibition Test Can Improve the Accuracy of the Detection of Pollen and Seed Food Allergen-Specific IgE in Southern China. *J. Asthma Allergy*. 2021, 14:439-47. doi: 10.2147/JAA.S302920.
- [14] Commins S. Carbohydrates as Allergens. *Curr. Allergy Asthma Rep*. 2015, 15(1): 492. doi: 10.1007/s11882-014-0492-y.
- [15] Dramburg S, Hilger C, Santos A, Vecillas L, Aalberse R, Acevedo N, Aglas L, Altmann F, Arruda K, Asero R, Ballmer B, Barber D, Beyer K, Biedermann T, Bilo M, Blank S, Bosshard P, Breiteneder H, Brough H, Bublin M, Campbell D, Caraballo L, Caubet J, Celi G, Chapman M, Chruszcz M, Custovic A, Czolk R, Davies J, Douladiris N, Eberlein B,



Ebisawa M, Ehlers A, Eigenmann P, Gadermaier G, Giovannini M, Gomez F, Grohman R, Guillet C, Hafner C, Hamilton R, Hauser M, Hawranek T, Hoffmann H, Holzhauser T, Lizuka T, Jacquet A, Jakob T, Janssen-Weets B, Jappe U, Jutel M, Kalic T, Kamath S, Kespohl S, Kleine-Tebbe J, Knol E, Knulst A, Konradsen J, Korošec P, Kuehn A, Lack G, Le T, Lopata A, Luengo O, Mäkelä M, Marra A, Mills C, Morisset M, Muraro A, Nowak-Węgrzyn A, Nugraha R, Ollert M, Palosuo K, Pastorello E, Patil S, Platts-Mills T, Pomés A, Poncet P, Potapova E, Poulsen L, Radauer C, Radulovic S, Raulf M, Rougé P, Sastre J, Sato S, Scala E, Schmid J, Schmid P, Schrama D, Sénéchal H, Traidl C, Valverde M, Van Hage M, Van Ree R, Verhoeckx K, Vieths S, Wickman M, Zakzuk J, Matricardi P, Hoffmann K. EAACI Molecular Allergology User's Guide 2.0. *Pediatr. Allergy Immunol.* 2023, 34(Suppl. 28): e13854. doi:10.1111/pai.13854.

[16] Sánchez A, Sánchez J, Cardona R. Resultados y limitaciones de los estudios epidemiológicos sobre alergia alimentaria. Enfoque en ciudades del trópico. *Rev. Alerg. México.* 2019, 66(1): 9-17. doi: 10.29262/ram.v66i1.340.

[17] Altmann F. The Role of Protein Glycosylation in Allergy. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2007, 142(2): 99-115. doi: 10.1159/000096114.

[18] Aalberse R, Akkerdaas J, Van Ree R. Cross-reactivity of IgE antibodies to allergens. *Allergy.* 2001, 56(6): 478-90. doi: 10.1034/j.1398-9995.2001.056006478.

[19] Kaulfürst-Soboll H, Mertens M, Brehler R, Von Schaewen A. Reduction of Cross-Reactive Carbohydrate Determinants in Plant Foodstuff: Elucidation of Clinical Relevance and Implications for Allergy Diagnosis. Chatenoud L, editor. *PLoS ONE.* 2011, 6(3): e17800.

[20] Grzywnowicz M, Majsiak E, Gawęł J, Miśkiewicz K, Doniec Z., Kurzawa R. Inhibition of Cross-Reactive Carbohydrate Determinants in Allergy Diagnostics. In: Pokorski, M. (eds) *Clinical Medicine Research. Advances in Experimental Medicine and Biology.* 2018, 1116: 75-79. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/5584_2018_266.

[21] Chen H, Jiang Q, Yang Y, Zhang W, Yang L, Zhu R. Cross-Reacting Carbohydrate Determinants Inhibitor Can Improve the Diagnostic

Accuracy in Pollen and Food Allergy. *J. Asthma Allergy*. 2022, 15: 713-25. doi: 10.2147/JAA.S363206.

[22] Bedolla M, Torres N, Contreras U, Hernández D, Bedolla T, Robles M, Morales J. Alta prevalencia de sensibilización a alimentos en adultos con enfermedades alérgicas residentes en la zona metropolitana de Guadalajara. *Rev. Alerg. México*. 2017, 64(1): 66-75. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.239>.

[23] Nuñez M, Marugan J. Alergia alimentaria mediada por IgE en la infancia. Estudio descriptivo. 2018. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/3114>.

[24] Petriz N, Antonietti C, Parente C, Mehaudy R, Parrales M, Ursinob F, Jaureguic M, Orsib M, Parisi C. Estudio epidemiológico de alergia alimentaria en una población de niños argentinos. *Arch. Argent. Pediatr*. 2020, 118(6): 418-422.



Artículo divulgación

Genómica al servicio de la salud: Tres años de pandemia viral

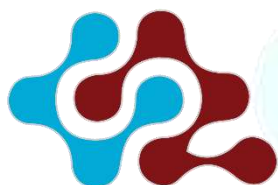
Rossana Jaspe^{1*} , Carmen Loureiro¹ , Yoneira Sulbarán¹ , Zoila Moros¹ , José Luis Zambrano¹ , Héctor Rangel¹ , Flor Pujol¹ , Pierina D' Angelo² , Lieska Rodríguez² .

1. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Miranda, Venezuela. 2 Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, Caracas, Miranda, Venezuela.

Resumen

Las pandemias virales han reforzado la importancia de las herramientas moleculares para el diagnóstico y control de enfermedades emergentes. La mejor forma de identificar, monitorear y determinar el grado de dispersión de las variantes virales es mediante el establecimiento de programas de vigilancia genómica. La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha recomendado la vigilancia genómica de las variantes del SARS-CoV-2, a través de la secuenciación del genoma completo, la cual ha sido realizada de forma desigual entre los distintos países y regiones geográficas del mundo. En Venezuela hemos desarrollado una estrategia para la vigilancia genómica de este virus, basada en la secuenciación parcial del 2% del genoma, el uso de pruebas rápidas usando enzimas de restricción y la secuenciación de tercera generación (NGS) de genoma completo para la confirmación de las variantes e identificación de sub-linajes. La vigilancia genómica que desarrollamos en el IVIC nos ha permitido establecer protocolos de amplificación de genomas completos de otros virus emergentes de interés nacional, como el virus de la viruela símica (MPOX) y la Influenza Aviar, así como otros virus de importancia en salud pública como VIH, virus de hepatitis y arbovirus. La vigilancia genómica establecida en el país, puede además ser implementada a cualquier patógeno humano, animal o vegetal.

Palabras clave: Genómica; secuenciación; diagnóstico; virus emergentes, vigilancia genómica.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 28 de mayo del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335577>

***Autor para correspondencia:**

Rossana Jaspe

e-mail:

rossanajaspeivic@gmail.com



Dissemination article

Genomics at the service of health: Three years of viral pandemic

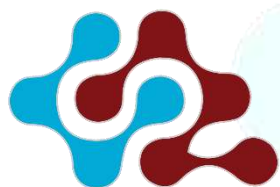
Rossana Jaspe^{1*} , Carmen Loureiro¹ , Yoneira Sulbarán¹ , Zoila Moros¹ , José Luis Zambrano¹ , Héctor Rangel¹ , Flor Pujol¹ , Pierina D' Angelo² , Lieska Rodríguez² .

¹ Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Miranda, Venezuela. ² Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, Caracas, Miranda, Venezuela.

Abstract

Viral pandemics have strengthened the importance of molecular tools for the diagnosis and control of emerging infections. The best way of identifying, monitoring, and determining the degree of dispersal of viral variants is through genomic surveillance programs. The World Health Organization (WHO) has recommended genomic surveillance of the variants of SARS-CoV-2 through sequencing of the viral complete genome. This activity has been performed unevenly in different countries and geographic regions. In Venezuela, we developed a strategy for genomic surveillance of this virus, based on the partial sequencing of 2% of the genome, the use of rapid tests with restriction enzymes, and third-generation sequencing (NGS) of the whole genome to confirm variants and identify sublineages. The genomic surveillance developed at the IVIC has allowed us to establish complete genome amplification protocols for other emerging viruses of national interest, such as simian smallpox virus (MPOX) and avian influenza, as well as other viruses of public health importance such as HIV, hepatitis, and arboviruses. Genomic surveillance established in the country can also be applied to any human, animal, or plant pathogen.

Keywords: Genomics; sequencing; diagnosis; emerging viruses; genomic surveillance.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Received: May 15, 2023

Accepted: May 28, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335577>

***Corresponding author:**

Rossana Jaspe

e-mail:

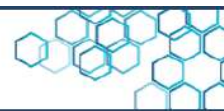
rossanajaspeivic@gmail.com

1. Introducción

Durante la evolución de un virus, la generación de mutaciones o cambio en el genoma, ocurre como un evento natural durante la replicación. Algunas mutaciones específicas definen los grupos genéticos virales o variantes que circulan actualmente en todo el mundo. Aunque la mayoría de las mutaciones no tiene ningún impacto, algunas pueden resultar en que el virus sea más transmisible, o facilitar su escape a la respuesta inmunológica [1, 2, 3].

Las epidemias y pandemias virales han reforzado la importancia de las herramientas moleculares para el diagnóstico y control de enfermedades emergentes. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR), y su versión cuantitativa, la PCR en tiempo real (qPCR), han representado una revolución en el campo biomédico y se han convertido en herramientas de rutina para el diagnóstico molecular de cualquier patógeno o enfermedad. La secuenciación genómica, particularmente la de última generación (Next Generation Sequencing, NGS por sus siglas en inglés), se ha vuelto igualmente el elemento indispensable para el manejo y caracterización de estas epidemias virales.

La mejor forma de identificar, monitorear y determinar el grado de dispersión de las variantes virales es mediante el establecimiento de programas de vigilancia epidemiológica de base genómica, en los cuales se apliquen tecnologías de secuenciación de ácidos nucleicos, que permitan analizar el genoma viral completo, con la finalidad de detectar los perfiles mutacionales que caracterizan a cada variante [4]. La experiencia del Centro de Microbiología y Biología Celular (CMBC)



del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) en el diagnóstico molecular y detección de mutaciones que confieren resistencia al tratamiento, de patógenos virales como el Virus de Inmunodeficiencia humana (VIH), los virus de hepatitis (VHA, VHB, VHC y VHE), y arbovirus, entre otros, nos permitió establecer programas pioneros en vigilancia genómica en Venezuela, no solo para afrontar la pandemia por el virus SARS-CoV-2, sino también evaluar molecularmente los brotes por otros virus emergentes como el poxvirus causante de la viruela símica, MPOX y recientemente el virus de influenza aviar.

Durante la pandemia por el SARS-CoV-2 han surgido linajes o variantes virales, con una habilidad incrementada para transmitirse y para evadir la inmunidad conferida por una infección previa o por las vacunas [5]. La aparición y extinción de variantes del SARS-CoV-2 es un proceso dinámico donde muchos factores virológicos, inmunológicos y sociales influyen en la dispersión y el mantenimiento del virus en una población. Un incremento en la transmisión de algunas variantes sobre otras, así como el escape a la inmunidad humoral reafirma la importancia de continuar con la vigilancia genómica y la caracterización molecular del SARS-CoV-2 [6], haciendo este programa de vigilancia extensivo a otros patógenos.

En este estudio se presentará la experiencia en el IVIC en el diseño y establecimiento de un programa de vigilancia genómica de virus de importancia en salud pública, en apoyo al diagnóstico molecular del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel (INHRR), durante los tres años de pandemia de COVID-19 (2020-2023), en Venezuela.

2. Estrategia de vigilancia genómica del SARS-CoV-2

La enfermedad por coronavirus (COVID-19), es una enfermedad infecciosa provocada por el virus SARS-CoV-2, con más de 690 millones de casos y alrededor de un 1 % de muertes en el mundo [7]. Durante el extraordinario número de replicaciones del SARS-CoV-2, el virus ha ido acumulando mutaciones, las cuales permiten clasificarlo en distintos linajes, describiéndose a la fecha más de 2000 linajes y sublinajes virales. Algunos de estos linajes han sido definidos por la OMS como variantes virales, según los perfiles de constelaciones de mutaciones: variantes bajo vigilancia (VUM, por sus siglas en inglés), variantes de interés (VOI, por sus siglas en inglés), o variantes de preocupación (VOC, por sus siglas en inglés). Las VUMs presentan cambios genéticos que pueden representar un riesgo a futuro, sin evidencias fenotípicas o epidemiológicas de su impacto. Las VOIs contienen mutaciones que pueden conferir mayor transmisibilidad, resistencia a la inmunidad protectora y al tratamiento. La OMS ha descrito 5 VOCs, para las cuales se ha demostrado mayor transmisibilidad o riesgo de reinfección o menor eficacia de las vacunas o asociación con enfermedad más grave, con el subsecuente riesgo para la salud pública: la variante Alfa, linaje B.1.1. la cual emergió en el Reino Unido, la variante Beta en Sudáfrica, linaje B.1.351, la variante P.1 o Gamma, linaje B.1.28.1, que emergió en Brasil, la variante Delta en la India, linaje B.1.617.2, y la variante Omicrón, linaje B.1.1.529, la cual emergió en Sudáfrica [2, 5]. Esta última variante causó preocupación inmediata, debido al aumento explosivo de casos en el país donde emergió, y la gran cantidad de mutaciones exhibidas por este nuevo linaje [8].



Entre los diversos aspectos sin precedentes ocurridos durante la pandemia del SARS-CoV-2, se puede resaltar la intensa vigilancia genómica llevada a cabo alrededor del mundo, con la generación de millones de secuencias de genomas completos puestos a disposición en bases de datos públicas, lo que ha permitido el seguimiento de la dispersión del virus. La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha recomendado la vigilancia genómica de estas variantes, a través de la secuenciación del genoma completo [5, 9]. Esta vigilancia ha sido realizada de forma desigual entre los distintos países y regiones geográficas del mundo. Algunos países han adoptado estrategias rápidas alternativas a la secuenciación masiva, para realizar de forma efectiva la vigilancia genómica en sus países. En el laboratorio de Virología Molecular del IVIC, desarrollamos una estrategia para la vigilancia genómica de este virus, basada en la secuenciación parcial del genoma mediante la amplificación de una región (2 % del genoma total), el gen de la Espiga (S), para identificar sustituciones en el genoma que permiten diferenciar los diferentes linajes virales, complementada por secuenciación de tercera generación (NGS), para confirmación de las variantes e identificación de sub-linajes. A la fecha se han analizado más de 10.000 muestras por secuenciación parcial de una región de la espiga y generado más de 1.400 genomas completos como se indica en la Figura 1. La correlación entre estas dos técnicas fue del 99 % hasta la circulación de la variante Delta [10, 11] y mayor del 97 % luego de la introducción de la variante Ómicron y sus múltiples sublinajes [12]. Todas las secuencias completas del genoma de las variantes de SARS-CoV-2 obtenidas en Venezuela están disponibles para el mundo en la base de datos disponible públicamente, GISAID, que es una iniciativa de ciencia global y la fuente

primaria establecida en 2008 que proporciona acceso abierto a datos genómicos del virus influenza, SARS-CoV-2 y MPOX [13].

En la Figura 1 se observó la introducción del SARS-CoV-2 y las diferentes variantes de preocupación (VOC) o de interés (VOI), así como otros patógenos virales de interés de salud pública como MPOX y el Virus de Influenza Aviar, durante el periodo entre la declaración de la pandemia por SARS-CoV-2 y fin de la emergencia declarado por la OMS. En la línea de tiempo se muestra con cuadrados, el establecimiento de las diferentes estrategias metodológicas desarrolladas en Venezuela durante los tres años de pandemia (2020-2023). Los círculos representan la primera detección de los virus mencionados, en Venezuela. Este ha sido el trabajo de un equipo numeroso de investigación, que comprende en una primera etapa el diagnóstico molecular de las infecciones por SARS-CoV-2 para identificar los casos positivos a ser usados en la vigilancia genómica, intentado analizar muestras de todos los estados de Venezuela, cada mes desde mediados del año 2020.

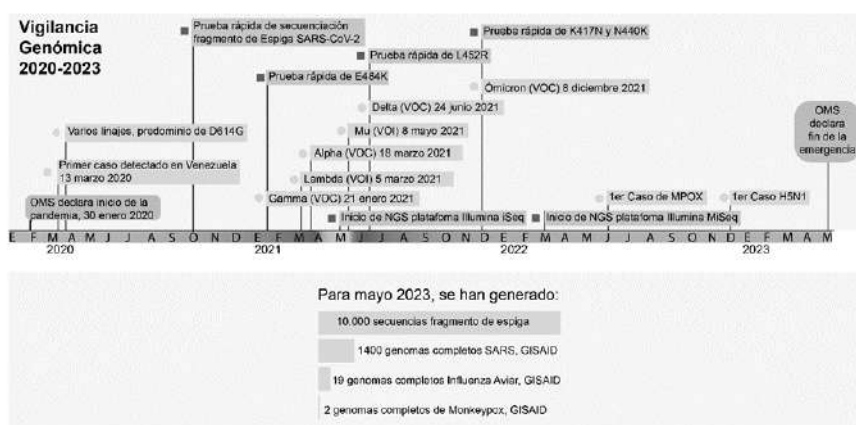


Figura 1. Estrategia venezolana para la vigilancia genómica del SARS-CoV-2 y línea de tiempo de detección de las variantes del SARS-CoV-2 y otros virus emergentes. Fuente: Elaboración propia del autor (2023).



Para el tamizaje inicial, se secuencian un pequeño fragmento del genoma (2 % del genoma total), que contiene mutaciones claves para diferenciar las distintas variantes. Con pruebas rápidas usando enzimas de restricción se detectaron mutaciones de interés que permitieron identificar algunas variantes. Una vez identificada una variante, se confirma su circulación por la secuenciación del genoma completo. Se muestra la sucesión de las VOC y de las VOI que circularon en frecuencia más abundante en Venezuela en los tres años de pandemia [10, 11, 12, 14, 15, 16, 17].

Además, hemos desarrollado técnicas rápidas para la detección de mutaciones puntuales claves, mediante digestión con enzimas de restricción de un fragmento de PCR de la región del dominio de unión al receptor (RBD) de la proteína S del virus (aminoácidos 434-522 o aminoácidos 345-533), para identificar mutaciones claves: la E484K, mutación que podría reducir la actividad neutralizante de los anticuerpos producidos por la vacunación, nos permitió detectar las variantes Gamma o Mu [15], la mutación L452R asociada a una mayor transmisibilidad viral, la variante Delta [16], y la presencia de las mutaciones K417N o N440K permitió notar la introducción de la variante Ómicron al país [17].

Nuestra estrategia logró detectar y monitorear las variantes de preocupación (VOC) o de interés (VOI) que han circulado en Venezuela: VOC Gamma [primera detección 21-01-2021, última detección 29-11-2021], VOI Lambda [primera detección 05-03-2021, última detección 11-18-2021], VOC Alpha [primera detección 18-03-2021, última detección 03-10-2021], VOI Mu [primera detección 08-05-2021, última detección 17-12-2021], VOC Delta [primera detección 24-06-2021, última detección 15-03-2022] y la que está actualmente



circulando en el país, la variante Ómicron [primera detección 09-12-2021], y sus subvariantes [BA.1 a la BA.5]) como se muestra en la Figura 1 [14, 10, 11, 12]. La vigilancia genómica de muestras de viajeros internacionales que ingresaron a Venezuela no solo nos permitió detectar rápidamente la introducción de la variante Ómicron en el país, sino además sugerir que estos podrían estar contribuyendo a la diversidad de las variantes que circulan en los países del mundo [18].

Es probable que el SARS-CoV-2 se transforme en un virus endémico, como ha ocurrido con otros coronavirus dentro de la misma familia. Resulta importante saber qué características genéticas se mantendrán y cuáles se extinguirán en el genoma viral; para ello es indispensable conocer la historia evolutiva del virus y sus patrones de dispersión, por eso la importancia de continuar con la vigilancia genómica de este virus. Aunado a lo anterior y como ya fue mencionado la estrategia de vigilancia genómica que desarrollamos en el IVIC nos ha permitido establecer protocolos de amplificación de genomas completos de otros virus emergentes de interés nacional como MPOX e Influenza Aviar y otros virus de importancia en salud pública como VIH, virus de hepatitis y arbovirus.

3.1 Primer caso de viruela símica en el país

El virus de la viruela del simio en humanos causada por MPOX, es una enfermedad zoonótica desatendida y se identificó por primera vez en 1959. Desde entonces, la incidencia de la enfermedad ha sido esporádica. Las regiones endémicas se identificaron en las áreas



central y occidental de África, sin embargo, la infección comenzó a propagarse en 2017 a regiones no endémicas como América del Norte y del Sur, Europa y Asia. MPOX tiene un reservorio animal, probablemente roedores, e infecta a humanos a través de eventos zoonóticos y luego por contacto humano a humano [19, 20].

En mayo de 2022, se confirmaron brotes del MPOX fuera del continente africano. Los primeros casos detectados fueron en el Reino Unido, relacionados con viajeros que regresaban de Nigeria, un país africano que históricamente ha reportado casos de viruela del simio. Este brote se ha extendido a otros países de Europa, América, Asia, Australia y otros países africanos. El 23 de Julio de 2022, la OMS declara esta epidemia como Emergencia de Salud Pública de Preocupación Internacional. Para mediados de mayo 2023 se han reportado más de 83 mil casos de esta infección [21]. El INHRR de Venezuela implementó un algoritmo para la detección molecular de casos de MPOX y descarte serológico de otras infecciones inductoras de exantema confusas. Dicho algoritmo demostró ser útil para el seguimiento y detección del primer caso causado por este virus en Venezuela en junio de 2022, de una persona que viajó y adquirió la infección en el exterior del país [22].

Las secuencias de MPOX se clasifican en dos clados: el clado I, anteriormente conocido como clado de África Central, es la variante más patógena, con una tasa de mortalidad de alrededor del 10 % y responsable del primer caso humano documentado de MPOX en 1970, y el clado II (anteriormente conocido como el clado de África Occidental), que exhibe una significativa menor patogenicidad [20]. La secuenciación genómica de este virus, que contiene casi 200.000 pares de bases, ha permitido identificar el surgimiento de linajes: La divergencia observada en los aislados de MPOX durante el transcurso



del brote internacional, ha permitido clasificar este linaje en 8 sublinajes: B1.1 a B1.9, resaltan en la región los sub-linajes B1.6 peruano y el B1.9 colombiano [23].

La mayoría de las secuencias del brote internacional de MPOX se agrupan en el clado IIb, linaje B.1, mientras que algunas secuencias de casos en EE. UU. de 2022 pertenecen al linaje A.1 [24]. Los primeros casos venezolanos de MPOX se clasificaron como clado II tanto por qPCR, con los cebadores específicos de clado, como por secuenciación parcial del genoma. De acuerdo con el historial de viaje y la fecha del primer caso en el país, la secuencia debe agruparse dentro del linaje B.1 [22].

En Venezuela, se han identificado una docena de casos. La NGS ha permitido obtener la secuencia de dos genomas virales, permitiéndolos ubicar en el clado II, linaje B [22]. Se está en proceso de generar otras secuencias de genomas completos de MPOX.

3.2 Otros virus de importancia en salud pública en Venezuela

El manejar las capacidades de NGS nos permite enfrentar nuevos retos de virus emergentes. Un ejemplo de ello es la Influenza aviar. La gripe aviar es un término genérico, que describe la enfermedad causada por diversos tipos del virus de influenza que infectan aves y que ocasionalmente puede causar brotes de enfermedad vírica en humanos, de extrema peligrosidad. Los virus de Influenza A pertenecen



a la familia Orthomixoviridae, su genoma está compuesto por 8 segmentos de ARN. Presentan una alta tasa de mutación y se clasifican en subtipos según las características genómicas y antigénicas de las proteínas de Hemaglutinina y Neuraminidasa, que tienen impacto en la virulencia. Cualquier estrategia implementada para el control del virus de influenza, que no tome en cuenta la identificación precisa de los subtipos, podría proporcionar resultados inadecuados, ya que la eficacia de la intervención varía según los subtipos circulantes. Por tanto, el manejar capacidades de secuenciación masiva (NGS) nos permite enfrentar nuevos retos en la caracterización de virus emergentes. A pesar de su alta variabilidad, una característica muy peculiar de estos virus es que todos los subtipos virales presentan extremos genómicos altamente conservados, tanto los 8 segmentos como todos los subtipos [25]. En el Laboratorio de Virología Molecular, disponíamos de los cebadores para la amplificación y secuenciación de genomas de Influenza estacional. Al presentarse la emergencia de Influenza aviar en el mundo y los casos de pelícanos afectados en el país, el disponer de estas herramientas nos permitió realizar NGS en muy corto tiempo y así confirmar la circulación de H5N1 (clado 2.3.4.4b) en pelícanos localizados en costas venezolanas, constituyendo el primer reporte de gripe aviar en nuestro país y siendo Venezuela el primer país de Suramérica en publicar las secuencias del genoma completo a disposición de pares en una base de datos pública como GISAID [26].

Otros virus de gran importancia en Salud Pública que abordamos son, entre otros, los virus de hepatitis, el VIH-1 y los arbovirus, tales como el virus dengue, Chikungunya, Zika y Fiebre Amarilla.



4. Conclusiones

A lo largo de la pandemia del SARS-CoV2 el surgimiento de variantes virales resaltó la importancia de la vigilancia genómica viral, que se basa en la secuenciación del genoma completo de aislados virales. La búsqueda, detección y caracterización molecular de las variantes circulantes en nuestro país, permitió la toma de decisiones en relación al manejo de casos positivos, basados en las recomendaciones e informaciones emanadas por la OMS sobre las características de estas variantes.

En Venezuela adoptamos dos estrategias de secuenciación para la vigilancia genómica: una rápida, con información de solo el 2 % del genoma que permitió realizar un tamizaje de un gran número de muestras, y la segunda, anclada a la primera, para obtener el genoma completo por NGS. Así como también, pruebas más rápidas para toma de decisiones puntuales, mediante el uso de enzimas de restricción, para identificar mutaciones características de una o más variantes. La experiencia en la generación de genomas completos, como parte de la vigilancia genómica, ha permitido abordar con éxito a otros virus emergentes de interés nacional y otros virus de importancia en salud pública. Estos estudios contribuyen a la detección precoz y así a disminuir la diseminación de estas enfermedades. La sucesión de epi/pandemias desde 2020 nos muestra cuán vulnerables estamos ante el surgimiento de enfermedades emergentes y cuán importante es asimilar las lecciones aprendidas, desde el manejo de estas herramientas moleculares hasta la concientización de la importancia del concepto de una sola salud.

5. Agradecimientos

Los autores desean agradecer a todos los equipos de salud involucrados en la vigilancia, control y atención de todos los pacientes afectados por estas emergencias virales, en especial a los grupos de diagnóstico de la COVID-19 en Venezuela, coordinado por el INHRR, con especial mención al grupo del IVIC (grupo CoViMol). Estos trabajos fueron financiados por el Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología (Mincyt). Se agradecen igualmente los aportes de la Oficina Panamericana Sanitaria (OPS) y al proyecto Diálogo sobre la Pandemia, dirigido por el Instituto Charité de Berlín y financiado por el Ministerio de Asuntos Extranjeros de Alemania.

6. Referencias

- [1] Cosar B, Karagulleoglu ZY, Unal S, Ince AT, Uncuoglu DB, Tuncer G, et al. SARS-CoV-2 Mutations and their Viral Variants. *Cytokine Growth Factor Rev.* 2022;63:10–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cytogfr.2021.06.001>
- [2] Jaspe RC, Zambrano JL, Loureiro CL, Sulbarán Y, Moros ZC, Garzaro D, et al. Biología y diversidad genética del SARS-CoV-2, agente causal de la COVID-19. *Salus.* 2022;25(3):15–8. <http://dx.doi.org/10.54139/salus.v25i3.127>
- [3] Pujol FH, Zambrano JL, Jaspe, RC, Loureiro CL, Vizzi E, Liprandi F, Rangel HR. Biología y evolución del coronavirus causante de la COVID-19. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología.* 2020;40(2):63–73. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_vm/article/view/21158



- [4] Rodríguez-Morales AJ, Balbin-Ramón GJ, Rabaan AA, Sah R, Dhama K, Paniz-Mondolfi A, et al. Genomic Epidemiology and its importance in the study of the COVID-19 pandemic. *Infez. Med.* 2020;28(2):139-42.
- [5] Tracking SARS-CoV-2 variants. Who.int. <https://www.who.int/en/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants/>
- [6] Tosta S, Moreno K, Schuab G, Fonseca V, Segovia FMC, Kashima S, et al. Global SARS-CoV-2 genomic surveillance: What we have learned (so far). *Infect. Genet. Evol.* 2023;108(105405):105405. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meegid.2023.105405>
- [7] COVID - Coronavirus statistics - worldometer. Worldometers.info. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
- [8] Zambrano JL, Jaspe R, Hidalgo M, Sulbarán Y, Loureiro C, Moros Z, et al. Sub-lineages of the Omicron variant of SARS-CoV-2: characteristic mutations and their relation to epidemiological behavior. *Invest. Clin.* 2022;63(3):262-74. <http://dx.doi.org/10.54817/ic.v63n3a05>
- [9] Red Regional de Vigilancia Genómica de COVID-19. Organización Panamericana de la Salud [OPS]. <https://www.paho.org/es/temas/influenza-otros-virus-respiratorios/red-regional-vigilancia-genomica-covid-19>
- [10] Jaspe RC, Loureiro CL, Sulbarán Y, Moros ZC, D'Angelo P, Rodríguez L, et al. Introduction and rapid dissemination of SARS-CoV-2 Gamma Variant of Concern in Venezuela. *Infect. Genet. Evol.* 2021;96(105147):105147. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meegid.2021.105147>
- [11] Jaspe RC, Loureiro CL, Sulbarán Y, Moros ZC, D'Angelo P, Hidalgo M, et al. Description of a one-year succession of variants of interest and Concern of SARS-CoV-2 in Venezuela. *Viruses.* 2022;14(7):1378. <http://dx.doi.org/10.3390/v14071378>
- [12] Moros ZC, Zambrano JL, Sulbaran YF, Loureiro CL, Marulanda E, Bracho F, et al. Dissemination of the Omicron Variant and its sub-lineages among residents and travelers in its first year of emergence in



- Venezuela. Preprints. 2023.
<http://dx.doi.org/10.20944/preprints202305.1361.v1>
- [13] GISAID. Iniciativa global para compartir los datos de los virus gripales. Disponible en: <https://gisaid.org/>
- [14] Loureiro CL, Jaspe RC, D'Angelo P, Zambrano JL, Rodriguez L, Alarcon V, et al. SARS-CoV-2 genetic diversity in Venezuela: Predominance of D614G variants and analysis of one outbreak. *PLoS One*. 2021;16(2):e0247196.
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0247196>
- [15] Jaspe RC, Sulbarán Y, Loureiro CL, D'Angelo P, Rodríguez L, Garzaro DJ, et al. Importance of mutations in amino acid 484 of the Spike protein of SARS-CoV-2: rapid detection by restriction enzyme analysis. *Invest. Clin.* 2021;62:18–26. <http://dx.doi.org/10.22209/ic.v62s2a02>
- [16] Jaspe RC, Sulbarán Y, Hidalgo M, Hidalgo M, Loureiro CL, Moros ZC, et al. A simple method for detection of mutations in amino acid 452 of the Spike protein of SARS-CoV-2 using restriction enzyme analysis. *Invest. Clin.* 2021;62(4):371–7. <http://dx.doi.org/10.22209/ic.v62n4a07>
- [17] Jaspe RC, Zambrano JL, Hidalgo M, Sulbarán Y, Loureiro CL, Moros ZC, et al. Detection of the Omicron variant of SARS-CoV-2 by restriction analysis targeting the mutations K417N and N440K of the spike protein. *Invest. Clin.* 2022;63(1):92–9. <http://dx.doi.org/10.54817/ic.v63n1a08>
- [18] Jaspe RC, Sulbarán Y, Loureiro CL, Moros ZC, Marulanda E, Bracho F, et al. Detection of the Omicron variant of SARS-CoV-2 in international travelers returning to Venezuela. *Travel Med. Infect. Dis.* 2022;48(102326):102326.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tmaid.2022.102326>
- [19] Zhu M, Ji J, Shi D, Lu X, Wang B, Wu N, et al. Unusual global outbreak of monkeypox: what should we do? *Front. Med.* 2022;16(4):507–17. <http://dx.doi.org/10.1007/s11684-022-0952-z>
- [20] Moros Z, Loureiro C, Jaspe R, Sulbarán Y, Delgado M, Aristimuño OC, et al. Web-tools for the genomic analysis of the 2022 Monkeypox



virus global outbreak. *Invest. Clin.* 2023;64(1):68-80.
<http://dx.doi.org/10.54817/ic.v64n1a06>

[21] WHO Director-General declares the ongoing monkeypox outbreak a Public Health Emergency of International Concern. *Who.int.*
<https://www.who.int/europe/news/item/23-07-2022-who-director-general-declares-the-ongoing-monkeypox-outbreak-a-public-health-event-of-international-concern>

[22] D'Angelo P, Loureiro CL, Jaspe RC, Sulbaran YF, Rodríguez L, Alarcón V, et al. First case of Monkeypox in Venezuela: Partial complete genome sequence allowed its grouping into the west African clade II. *Trop. Med. Infect. Dis.* 2022;8(1):2.
<http://dx.doi.org/10.3390/tropicalmed8010002>

[23] Chakraborty C, Bhattacharya M, Sharma AR, Dhama K. Evolution, epidemiology, geographical distribution, and mutational landscape of newly emerging monkeypox virus. *GeroScience.* 2022;44(6):2895-911.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11357-022-00659-4>

[24] Luna N, Ramírez AL, Muñoz M, Ballesteros N, Patiño LH, Castañeda SA, et al. Phylogenomic analysis of the monkeypox virus (MPXV) 2022 outbreak: Emergence of a novel viral lineage? *Travel. Med. Infect. Dis.* 2022;49(102402):102402.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tmaid.2022.102402>

[25] Zhou B, Donnelly ME, Scholes DT, St. George K, Hatta M, Kawaoka Y, et al. Single-reaction genomic amplification accelerates sequencing and vaccine production for classical and swine origin human influenza A viruses. *J. Virol.* 2009;83(19):10309-13.
<http://dx.doi.org/10.1128/jvi.01109-09>

[26] Ruiz-Saénz J, Martínez-Gutiérrez M, Pujol FH. Multiple introductions of highly pathogenic avian influenza H5N1 clade 2.3.4.4b into South America. *Travel. Med. Infect. Dis.* 2023;53(102591):102591.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tmaid.2023.102591>



Revisión preliminar

Anticuerpos IgY para la identificación de *Escherichia coli* enteropatógena: avance de resultados

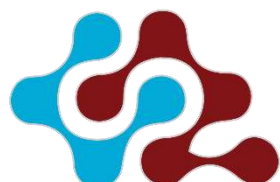
Rosabel González^{1*} , Yordi Boher¹ .

¹ Servicio Autónomo Instituto de Biomedicina MPPS, Caracas, Venezuela.

Resumen

Escherichia coli enteropatógena (ECEP) es uno de los principales agentes causales de diarrea infantil. En Venezuela, los estudios muestran una importante prevalencia de la ECEP, pero, no se cuenta con técnicas de diagnóstico sensibles y rápidas. En este aspecto, la utilización de la inmunoglobulina IgY que se halla en la yema de los huevos de gallina es una alternativa. El Laboratorio de Enfermedades Entéricas de la Infancia del Servicio Autónomo Instituto de Biomedicina Dr. Jacinto Convit desarrolla un proyecto de investigación con el objetivo de producir anticuerpos IgY que permitan diagnosticar ECEP *in vitro*. El presente trabajo muestra un avance de los resultados generados al cumplirse un año de ejecución del proyecto. Con el fin de obtener antígenos que generen una respuesta IgY-específica, se determinó en 12 cepas de ECEP la presencia de los siguientes mecanismos de patogenicidad: estructura antigénica "O" completa, producción de biopelículas y presencia del pilis IV. Además, se estandarizó la metodología de extracción de las proteínas totales (precipitación por Polietilenglicol) a partir de yemas de huevos de gallinas no inmunizadas, obteniéndose concentraciones entre 117,9 a 168,6 mg de proteínas totales por yema, lo que constituye un alto rendimiento. La caracterización de las cepas y la estandarización de la metodología de extracción de las proteínas asegura la obtención de una importante concentración de IgY anti-ECEP específica. De esta manera, se dan los pasos iniciales para dar respuesta a la problemática que genera la dificultad del diagnóstico de enfermedades endémicas como las diarreas bacterianas.

Palabras clave: ECEP; diarrea aguda; inmunoglobulina; biopelícula; pilis.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 8 de junio del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335697>

***Autor para correspondencia:**

Rosabel González

e-mail:

gonzalezrosabel58@gmail.com



Preliminary review

IgY antibodies to identify enteropathogenic *Escherichia coli*: a preview of results

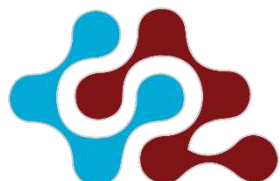
Rosabel González^{1*} , Yordi Boher¹ .

¹ Servicio Autónomo Instituto de Biomedicina MPPS, Caracas, Venezuela.

Abstract

Enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC) is one of the main causative agents of diarrhea in infants. In Venezuela, studies show a significant prevalence of EPEC, but there are no sensitive and rapid diagnostic techniques. In this regard, the use of IgY immunoglobulin found in the yolk of chicken eggs is an alternative. The Laboratory of Enfermedades Entéricas de la Infancia - Servicio Autónomo Instituto de Biomedicina Dr. Jacinto Convit is developing a research project to produce IgY antibodies that allow EPEC diagnosed in vitro. The present work shows an advance of the results generated after one year of execution of the project. To obtain antigens that generate an IgY-specific response, the presence of pathogenicity mechanisms was determined in 12 EPEC strains: complete "O" antigenic structure, biofilm production, and presence of pilis IV. In addition, the total protein extraction methodology (precipitation by Polyethylene glycol) from non-immunized hen egg yolks was standardized, obtaining concentrations between 117.9 and 168.6 mg of total protein per yolk, which constitutes a high performance. The characterization of the strains and the standardization of the protein extraction methodology ensures that a significant concentration of specific anti-EPEC IgY is obtained. In this way, the initial steps are taken to respond to the problems generated by the difficulty of diagnosing endemic diseases such as bacterial diarrhea.

Keywords: EPEC; Acute diarrhea; immunoglobulin; biofilm; pilis.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Received: May 15, 2023

Accepted: June 8, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335697>

***Corresponding author:**

Rosabel González

e-mail:

gonzalezrosabel58@gmail.com



1. Introducción

La diarrea aguda infantil continúa siendo la segunda causa de muerte en la población menor de 5 años en el mundo; anualmente ocurren 1.569.600 muertes por esta infección, de las cuales el 34 % (533.800 eventos) corresponde a la población menor de 5 años [1]. De forma alarmante, el 80 % de las defunciones ocurren en los países más pobres del planeta, en donde los niños menores de tres años sufren en promedio tres episodios de diarrea al año [2].

La diarrea aguda generalmente se presenta acompañada de fiebre, vómitos y dolor abdominal, tiene una duración menor de 15 días y usualmente es causada por uno o varios agentes infecciosos (bacterias, virus o parásitos). Pero, los estudios han demostrado que la frecuencia de cada patógeno varía según el grupo de edad, la región y el grado de desarrollo del país [3]. Estas diferencias obligan a realizar trabajos para conocer en cada país o región los agentes más frecuentes que causan diarrea aguda.

Escherichia coli enteropatógena (ECEP), es una de las principales enterobacterias que causan diarrea aguda infantil, produciendo cuadros diarreicos de moderados a graves y asociándose a tasas importantes hospitalización y muerte [4-5]. ECEP posee una serie de mecanismos de patogenicidad característicos, como son la presencia de antígenos “O” específicos que forman parte de los lipopolisacáridos de la membrana externa bacteriana, la adhesina intimina localizada igualmente en la pared externa y que permite la adhesión final de la ECEP al enterocito y el pilis tipo IV, el cual está implicado en la



formación de microcolonias sobre las células infectadas y de biopelículas [6].

En Venezuela, son pocos los estudios que reportan las frecuencias de los principales microorganismos causales de diarrea infantil [7-9]. Sin embargo, es importante resaltar que, en dos de estos trabajos realizados en diferentes regiones del país, se observan frecuencias distintas para la ECEP; 8 % en Caracas y 18 % en el estado Sucre, lo que demuestra su importancia y la variabilidad en la incidencia del patógeno según las regiones.

A las problemáticas descritas (severidad del cuadro diarreico producido por ECEP y la variabilidad en la frecuencia del patógeno según las regiones) se anexa la dificultad para adquirir las distintas pruebas para el diagnóstico, debido en gran medida a que son productos importados. Estas problemáticas justifican con creces la búsqueda de alternativas que permitan la adecuada y oportuna identificación del enteropatógeno.

En este aspecto, la utilización de la inmunoglobulina IgY, principal anticuerpo sérico de las gallinas y que se haya en la yema de huevo del ave, es una alternativa ética y de bajo costo para la producción de anticuerpos específicos que pueden ser utilizados para identificación de los enteropatógenos *in vitro*. La producción de anticuerpos en pollos es mucho menos invasiva, ya que solo requiere de la recolección de huevos, en lugar de la toma de sangre, y por lo tanto es menos estresante para el animal [4]. Además, garantiza niveles de producción y especificidad importantes; una gallina inmunizada produce en promedio 300 huevos al año de los que se extraen entre 100 a 150 mg de IgY por yema con una especificidad del 5 al 10 % contra el antígeno

inoculado [10]. De esta forma, la aplicación de la tecnología IgY para la producción de anticuerpos que permitan la identificación de los principales enteropatógenos cumple el principio de las tres R; Reducir (el número de animales utilizados), Reemplazar (se sustituye el sangrado por la simple recolección de huevos) y Refinar (minimiza el estrés a los animales).

Por estos motivos, el laboratorio de Enfermedades Entéricas de la Infancia del Servicio Autónomo Instituto de Biomedicina Dr. Jacinto Convit (SAIB) y gracias al apoyo del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) a través del proyecto “Productos biológicos para el diagnóstico de enfermedades endémicas en Venezuela”, aprobado en el mes de marzo del 2022, se planteó el objetivo de producir anticuerpos IgY específicos frente a cepas de ECEP que permitan diagnosticar este enteropatógenos *in vitro*. El presente trabajo muestra los resultados generados al cumplirse el segundo semestre de ejecución del proyecto mencionado. Se describen y analizan los pasos seguidos, los resultados obtenidos al caracterizar las cepas que se inocularan en la gallina (inmunógenos) y la estandarización de la extracción de las proteínas totales a partir de yemas de huevos de gallinas no inmunizadas.

2. Metodología

2.1 Obtención de los antígenos de ECEP

2.1.1 Cepas utilizadas



Para la producción de los antígenos se utilizaron catorce (14) cepas de referencia de ECEP pertenecientes a distintos serogrupos (O111, O114, O119, O125, O126, O127, O128, O142, O145, O158, O26, O55, O86 y O88) las cuales fueron suministradas por el Instituto Adolfo Lutz de Sao Paulo, Brasil y que forman parte del cepario del Laboratorio de Enfermedades Entéricas de la Infancia del SAIB.

Estas cepas se caracterizaron para asegurar que expresaban sus principales mecanismos de patogenicidad. De esta forma, luego de ser identificadas mediante pruebas bioquímicas, se evaluó la expresión del fenotipo liso de las colonias, que no autoaglutinaran frente a solución salina, que fueran capaces de producir biopelículas y que expresaran el pilis tipo IV.

2.1.2 Reactivación de las cepas y prueba del fenotipo liso.

Las 14 cepas fueron inoculadas individualmente en tubos de caldo nutritivo (Nutrient Broth BD BBL) y luego incubadas a 37 °C en agitación por 18 horas. Pasado el tiempo de incubación, se procedió a sembrar una asada del cultivo de cada tubo en placas de Petri con agar nutritivo (Nutrient Agar BD BBL), la siembra se realizó por estrías en superficie y luego fueron incubadas a 37 °C por 18 horas. Cumplido el tiempo de incubación, las colonias bacterianas se observaron bajo lupa estereoscópica (KYOWA OPTICAL Se. L) y se seleccionaron de cada



placa 5 colonias que presentaran una morfología de superficie lisa, convexa, bordes regulares, traslúcidas y brillantes.

Las colonias seleccionadas se inocularon en tubos con Agar Nutritivo (Nutrient Agar BD BBL) y se cultivaron a 37 °C por 18 horas. A partir del crecimiento de estos tubos, se realizaron las pruebas bioquímicas respectivas según técnicas descritas [11] y las pruebas de autoaglutinación con solución salina al 2 %. Las cepas que no autoaglutinaron se guardaron para realizar las pruebas siguientes y las que autoaglutinaron fueron descartadas, ya que son consideradas rugosas [12]. De esta forma, se aseguró que las bacterias expresaran una estructura antigénica somática “O” completa.

2.1.3 Capacidad de producción de biopelículas

La capacidad de producción de biopelículas de las cepas de ECEP fue evidenciada según metodología descrita [13], con algunas modificaciones: las cepas seleccionadas se cultivaron a 37 °C, toda la noche en caldo nutritivo (Nutrient Broth BD BBL) y en condiciones estáticas. A partir de este crecimiento se realizó una dilución 1:10 de cada cepa y se colocaron 2 cc de la misma en placas de 6 pozos (Costar TM) que contenían cubreobjetos de vidrio estériles (la prueba se realizó por duplicado para cada cepa y el control). Estas placas fueron incubadas a 37 °C hasta cumplir dos horas. Transcurrido el tiempo, se extrajeron los discos, se lavaron bien con solución salina (0,85 %), se fijaron con metanol por 15 minutos y se tiñeron con solución de Giemsa por 20 minutos para luego observarlas y fotografiarlas al

microscopio (NIKON). Como control negativo se utilizó la cepa de referencia *Escherichia coli* ATCC 35218 no formadora de biopelículas.

2.1.4 Evidencia del pilis tipo IV

Simultáneo a la prueba de producción de biopelículas se realizó el ensayo para evidenciar la presencia del pilis tipo IV. Las cepas se crecieron a 37 °C toda la noche en caldo nutritivo (Nutrient Broth BD BBL) más manosa al 1 %. A partir de este crecimiento se realizaron diluciones 1:10 en caldo nutritivo más manosa al 1 % y se colocaron 2 cc de esta dilución en las placas de 6 pozos (Costar TM) que ya contenían los cubreobjetos estériles (la prueba se realizó por duplicado para cada cepa y el control). A partir de este punto se siguieron todos los pasos descritos para la producción de biopelículas. Como control negativo se utilizó la cepa *Escherichia coli* ATCC 35218. En este ensayo, la utilización de manosa es básica debido a que el pilis tipo IV, el cual media la adherencia inicial de la ECEP al enterocito, es resistente a este azúcar, contrario al resto de los pilis bacterianos que son bloqueados por la manosa [14], de esta manera, se garantizó que la adherencia observada se debía mayormente a la expresión del pilis tipo IV.

2.1.5 Cepas utilizadas

Después de comprobar que las cepas de ECEP presentaban fenotipo liso, que eran capaces de producir biopelículas y que expresaban el pilis tipo IV, se procedió a sembrar las cepas en caldo nutritivo y se incubaron a 37 °C con agitación por 24 horas. Luego cada tubo con el crecimiento bacteriano fue decantado sobre frascos Roux que contenían aproximadamente 120 mL de agar nutritivo y se incubaron a 37 °C por 24 horas. Las bacterias se recogieron de la superficie del agar con 10 mL de solución salina (0,85 % p/v) formolada (0,5 % v/v) y guardadas a 4 °C por 72 horas para que el formol inactivara las bacterias. Cumplido el tiempo se realizó la prueba de esterilidad con el fin de asegurar la muerte bacteriana por el formol. Para esto, se sembraron 200 µL de la suspensión en caldo nutritivo a 37 °C con agitación por 24 horas. Luego se tomaron tres asadas del caldo cultivado y se sembraron en agar nutritivo, incubándose a 37 °C por 48 horas. Los cultivos negativos fueron lavados 4 veces con solución salina al 0,85 %, centrifugados en una microcentrífuga a 14.000 rpm y los sedimentos (antígenos) guardados en alícuotas a 4°C.



2.2 Estandarización de la metodología de extracción de proteínas totales a partir de la yema de huevo de gallinas ponedoras Isa Brown

En este ensayo se utilizó el volumen de yema obtenido de dos huevos de gallinas ponedoras Isa Brown sanas y sin inocular. El volumen de yema de cada huevo fue de 15 mL, los cuales fueron procesados por separado.

La extracción se realizó mediante precipitación con Polietilenglicol PEG-6000 (Polyethylene glycol 6000, Sigma-Aldrich), según protocolo descrito [15]. Pasos seguidos:

1. Se rompió la cáscara de huevo cuidadosamente y se separó la yema de la clara para eliminar la mayor cantidad de clara de huevo posible.
2. Se transfirió la yema a un papel de filtro para eliminar la clara de huevo restante y para cortar la membrana de la yema con una lanceta estéril. Se colocó la yema en un tubo de centrifuga (tubo Falcon™) de 50 mL y se registró el volumen (V1).
3. Se mezcló la yema con el doble del volumen (2V1) de Buffer Fosfato Salino 1x (PBS) y luego se añadió PEG 6000 3,5 % (en gramos, pulverizado) según el volumen total (2V1).
4. Se homogenizó la mezcla en un vortex (mezclador) y luego se colocó el tubo en un mezclador orbital (Lab-line Orbit Environ-Shaker) por 10 minutos, se centrifugó la mezcla a 4 °C durante 20 min (10.000 rpm según 13.000 x g, rotor de ángulo fijo).



5. Se filtró el sobrenadante (V2) a través de un filtro (Whatman-1) y transfirió a un tubo nuevo de 50 mL.
6. Se añadió 8,5 % de PEG 6000 en gramos, calculado según el nuevo volumen (V2), para repetir el paso 4.
7. Se descartó el sobrenadante y se disolvió cuidadosamente el sedimento en 1 mL de PBS. Se añadió PBS hasta un volumen final de 10 mL.
8. La solución se mezcló con 12 % de PEG 6000 (p/v, 1,2 gramos) y se trató como el paso 4.
9. Se descartó el sobrenadante y se disolvió el sedimento con cuidado en 800 μ L de PBS. El extracto se transfirió a una cápsula de diálisis (MWCO 6-8000). Se enjuagó el tubo con 400 μ L de PBS y este volumen se sumó al que se colocó en el dispositivo de diálisis.
10. Se dializó el extracto durante la noche en solución salina al 0,1 % (1.600 mL) en agitación. Luego se reemplazó la solución salina por PBS y se dializó durante otras tres horas.
11. Se extrajo el dializado, que contiene las proteínas, de la cápsula de diálisis con una pipeta y se transfirió a tubos de 2 mL. Las alícuotas se guardaron a -20°C .

2.2.1 Determinación de la concentración de proteína total en el dializado

Se utilizó el método de Pierce BCA (Thermo Scientific™ BCA), siguiendo el siguiente protocolo estandarizado en el laboratorio de Enfermedades Entéricas del SAIB.



1. Preparación de los estándares de Albúmina de Suero Bovino (BSA) para la curva de calibración: se realizaron 8 diluciones en solución salina estéril (0,9 %) de BSA (2000, 1500, 1000, 750, 500, 250, 125 y 25 $\mu\text{g/mL}$) más el blanco (sin albúmina).
2. Preparación de diluciones del dializado de proteínas: se realizaron 7 diluciones del dializado en solución salina estéril ($1/2$, $1/5$, $1/10$, $1/20$, $1/30$, $1/40$, $1/50$) más el blanco (solo solución salina).
3. Preparación del reactivo de trabajo: este paso se realizó siguiendo las indicaciones del fabricante (Pierce™ BCA Portean Assad Kit, número de catálogo 23225) y teniendo en cuenta que cada dilución, tanto las del patrón como las de los dializados se probaron por duplicado.
4. Se colocaron 25 μL por pozo de cada dilución estándar, de las diluciones de los dializados y del blanco en microplacas de 96 pozos (Thermo Scientific™). Las diluciones estándar, las de los dializados y el blanco se probaron por duplicado. Se añadió a cada pozo 200 μL del reactivo de trabajo. Se incubó la placa por dos horas a 37 °C. Transcurrido el tiempo de incubación se realizaron las medidas a 590 nm en un lector de ELISA (Bio-Rad IMARK™).
5. Se diseñó una curva estándar a partir de los valores de absorbancia de las distintas concentraciones de BSA. Esto permitió, a través del programa Excel, obtener la fórmula de la curva y el correspondiente valor de R^2 . A partir de la fórmula de la curva estándar se calcularon las concentraciones de las distintas diluciones del dializado, las cuales se multiplicaron al final por el respectivo factor de dilución.

3. Resultados

3.1 Caracterización de las cepas de ECEP

3.1.1 Prueba del fenotipo liso

En este trabajo se logró evidenciar la característica lisa en catorce cepas de ECEP pertenecientes a distintos serogrupos “O” (O111, O114, O119, O125, O126, O127, O128, O142, O145, O158, O26, O55, O86 y O88). En la Figura 1, se observa el fenotipo liso de las colonias de la cepa O119 de ECEP crecida en agar nutritivo, las colonias se presentan translúcidas y brillantes. En la Figura 2, se presentan dos fotos obtenidas a través de una lupa (Kyowa Optical SE. L) de las colonias de la cepa ECEP O55, se observan colonias con superficie lisa (bordes regulares) y otras rugosas (bordes irregulares). De igual forma, se evidenció que todas las cepas con estructura antigénica completa (fenotipo liso) no autoaglutinaron en presencia de solución salina al 2 %, lo que comprueba el fenotipo descrito.

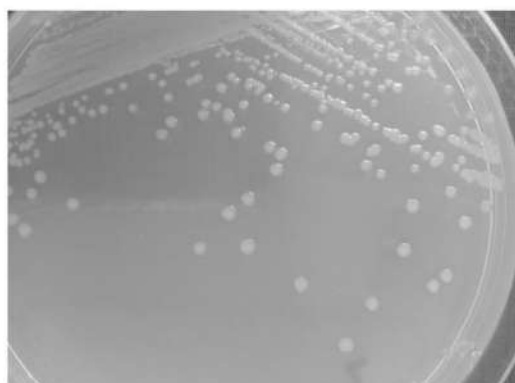


Figura 1. Colonias de *Escherichia coli* enteropatógena mostrando un fenotipo liso. Fuente: Elaboración propia de los autores (2023)

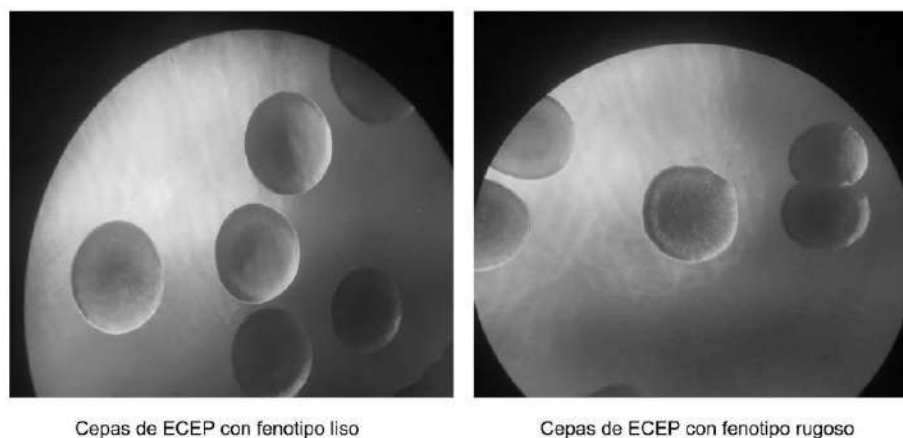


Figura 2. Características de las colonias de *Escherichia coli* enteropatógena con fenotipo liso y rugoso, vistas en la lupa estereoscópica. Fuente: Elaboración propia de los autores (2023)

3.1.2 Capacidad de producción de biopelículas

Doce de las catorce cepas de ECEP con fenotipo liso (O111, O114, O119, O125, O126, O127, O142, O145, O158, O55, O86 y O88) produjeron biopelículas en superficies de vidrio. Las biopelículas se definen como comunidades de microorganismos que crecen embebidos en una matriz de exopolisacáridos y adheridas a superficies, constituyendo un importante mecanismo de patogenicidad. La Figura 3 muestra la foto tomada al microscopio de luz (NIKON) con un aumento 40X, de la biopelícula formada por la cepa de ECEP O55, como control negativo se utilizó la cepa de *Escherichia coli* ATCC35218 no formadora de biopelículas.

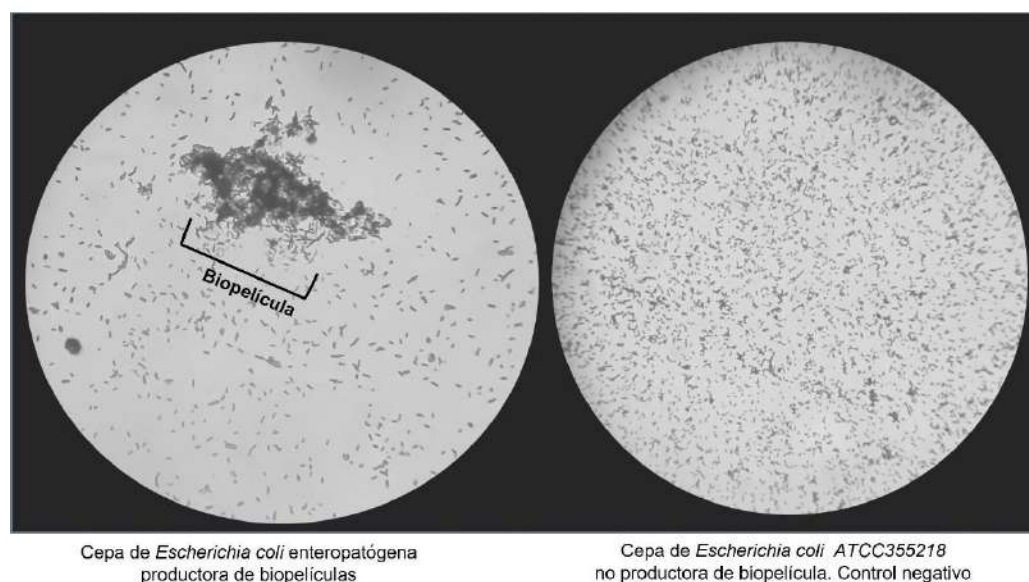


Figura 3. Producción de biopelículas de las cepas de *Escherichia coli* enteropatógena. Fuente: Elaboración propia de los autores (2023)

3.1.3 Evidencia del pilis tipo IV

En las doce cepas de ECEP con fenotipo liso y productoras de biopelículas (O111, O114, O119, O125, O126, O127, O142, O145, O158, O55, O86 y O88) se evidenció la presencia del pilis tipo IV. La Figura 4 muestra la foto tomada al microscopio de luz (NIKON) con un aumento 40X, en donde se observa la formación típica del crecimiento bacteriano debida al pilis tipo IV en presencia de manosa al 1 %. Este pilis permite el entrelazamiento entre las bacterias y la unión a las

superficies, estructurándose las líneas características de agregados bacterianos que se observan en la imagen al microscopio.

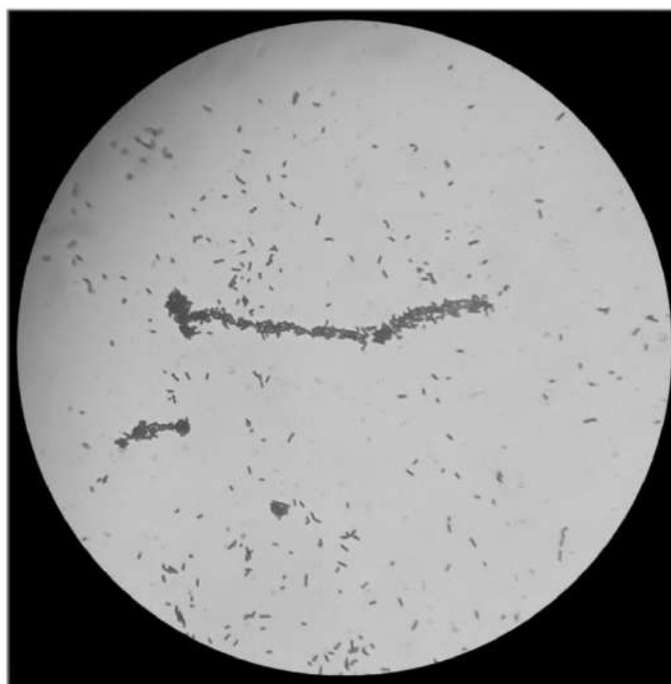


Figura 4. Entrelazamiento bacteriano debido a la pilis tipo IV en una capa de *Escherichia coli* enteropatógena. Fuente: Elaboración propia de los autores (2023)

3.2 Producción de los antígenos de ECEP

Para la producción de los antígenos se utilizaron las doce cepas de ECEP que presentaron el fenotipo liso, la capacidad de producir biopelículas y la expresión del pilis tipo IV (O111, O114, O119, O125, O126, O127, O142, O145, O158, O55, O86 y O88). Una vez inactivadas por formol



y siguiendo la metodología descrita se guardaron en alícuotas de 1 cc a 4 °C.

3.3 Concentración final de proteínas totales a partir de la yema de huevo

A través del método de Pierce BCA en microplacas, se determinó la concentración de proteínas totales de los 2 dializados obtenidos al realizar la precipitación de proteínas con el método del PEG 6000. La Figura 5 muestra la curva estándar generada a partir de las concentraciones conocidas de BCA. De igual forma, se observa la formula estimada para la curva y el valor de $R^2 = 0,9755$. El valor de R^2 obtenido indica una alta correlación entre los valores de absorbancia y las concentraciones de BCA de la curva.

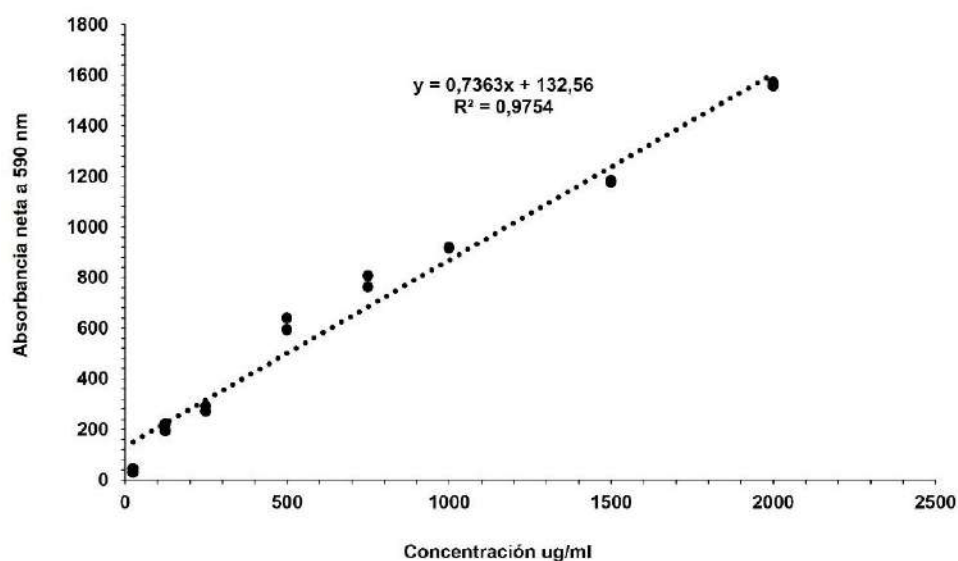


Figura 5. Curva estándar de los valores de absorbancia para concentraciones conocidas de Albúmina de Suero Bovino (BSA), utilizando el protocolo de microplacas de Pierce BCA. Fuente: Elaboración propia de los autores (2023)

Al despejar del valor de (x) de la formula y conociendo los valores de absorbancia a 590 nm obtenidos para cada dilución de los dos dializados (restando en cada caso el valor del blanco), se estimaron las concentraciones de proteínas totales correspondientes (Tabla 1).

Fórmula: $y = 0,7363 x + 132,56$, Dónde: $x = (y - 132,56) / 0,7363$, Siendo x = concentración de proteínas, y = absorbancia registrada en cada caso (menos el valor del blanco).

Se logró establecer que a la dilución 1/20 se obtiene la mejor estimación de la concentración de proteínas de los dializados. Para el dializado correspondiente al huevo número 1, a la dilución 1/20, se registró una concentración de proteínas totales de 11,24 mg/mL (Tabla 1), teniendo en cuenta que el volumen de yema trabajado fue de 15 mL, la concentración total de proteínas fue de 168,6 mg, mientras que, para el huevo número 2, con el mismo volumen de yema (15 mL) y a la misma dilución, la concentración fue de 117,9 mg. Estos resultados muestran el éxito en la estandarización de la metodología para extraer las proteínas a partir de la yema de huevo y utilizando PEG.

Tabla 1. Concentraciones de proteínas totales, según la dilución, para cada dializado

Dilución	Media de la absorbancia. Dializados (1 y 2)		Concentración (ug/ml). Dializados (1 y 2)		Concentraciones totales (mg/ml) * Dializados (1 y 2)	
	A ₁	A ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂
1/2	2920,5	2225,5	3786,42	2842,51	7,57	5,68
1/5	1594,5	1270,5	1985,52	1545,48	9,93	7,73
1/10	942,5	718,5	1100,01	795,79	11	7,96
1/20	546,5	422,5	562,19	393,78	11,24	7,86
1/30	339,5	249,5	281,05	158,82	8,43	4,76
1/40	286,5	197,5	209,07	88,2	8,36	3,53
1/50	248,5	143,5	157,46	14,86	7,87	0,74

*Concentraciones multiplicadas por el factor de dilución. Fuente: Elaboración propia de los autores (2023)

4. DISCUSIÓN

La identificación de la ECEP inicialmente se realizaba en función de la determinación de antígenos “O” mediante la utilización de sueros hiperinmunes obtenidos de mamíferos. Sin embargo, dada la enorme “plasticidad” de este patógeno hoy en día además de la identificación del antígeno “O”, es necesario determinar la presencia de otros marcadores de virulencia como la capacidad de formar biopelículas y la presencia del pilis tipo IV, el cual está implicado en la adherencia inicial de la ECEP a los enterocitos. Pero, realizar estas determinaciones en los laboratorios de rutina es costoso y tedioso.

La alta especificidad de la IgY se evidencia por su capacidad de unirse a moléculas y estructuras particulares del patógeno, como proteínas de membrana, fimbrias, flagelos y pilis, inhibiendo la adherencia de este a la superficie celular y previniendo la propagación intercelular [16]. Además, se ha demostrado que la IgY se puede utilizar como anticuerpo en los inmunoensayos, amplificando las señales antígeno-anticuerpo



[17]. Igualmente se ha reportado la factibilidad de acoplar anticuerpos aviares a partículas de látex, abriéndose una perspectiva al empleo de este tipo de ensayo para el diagnóstico rápido de diversas enfermedades [18].

Las características descritas para la inmunoglobulina aviar y la necesidad de contar en el país con una técnica rápida y sensible que permita la identificación de enterobacterias causales de diarrea como la ECEP, impulsaron al laboratorio de Enfermedades Entéricas de la Infancia del SAIB el desarrollo de un trabajo de investigación con el objetivo de obtener una IgY anti-ECEP que permita identificar al patógeno *in vitro*. En el presente trabajo se muestran los resultados de las primeras etapas cumplidas para lograr el objetivo descrito: se caracterizaron las cepas de ECEP, se produjeron los antígenos que serán inoculados en las gallinas y se logró estandarizar la extracción de proteínas totales de la yema huevo.

Se demostró la capacidad de producción de biopelículas de 12 cepas de ECEP pertenecientes a distintos serotipos “O”. Siendo el primer trabajo realizado en el país, que identifica este fenotipo en las cepas de ECEP. La producción de estas biopelículas es considerada un mecanismo de patogenicidad muy importante para ECEP ya que protege a los agregados bacterianos de la acción de los antibióticos y del sistema inmune del hospedero [19]. Además, se demostró en las 12 cepas productoras de biopelículas la expresión del pilis tipo IV, el cual es determinante para la adherencia inicial de la bacteria al enterocito. Estos resultados garantizan la especificidad de los antígenos que serán inoculados en las gallinas para la obtención de la IgY anti-ECEP.



La estandarización de la metodología para la extracción de las proteínas totales de la yema de huevo utilizando la técnica de PEG 6000, generó resultados muy satisfactorios, ya que se consiguieron entre 117,9 a 168,6 mg de proteínas totales por yema, siendo el rendimiento publicado en la literatura entre 100 y 150 mg. El éxito obtenido en esta estandarización asegura, para las próximas etapas del trabajo de investigación, una vez inoculadas las gallinas con los antígenos caracterizados, la obtención de una importante concentración de IgY anti-ECEP específica.

De esta forma se dan los pasos iniciales para generar propuestas que den respuesta a la limitación que genera la dificultad del diagnóstico de enfermedades endémicas en nuestro país, tales como las diarreas bacterianas, y de esta manera contribuir al diagnóstico precoz, direccionar el tratamiento oportuno y el adecuado seguimiento del paciente infectado, contribuyendo así al estado de salud de los venezolanos.

5. Referencias

- [1] Roth GA, Abate D, Abate KH, Abay SM, Abbafati C, Abbasi N, et al. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018;392(10159):1736–88. [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)32203-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(18)32203-7)
- [2] Troeger C, Forouzanfar M, Rao PC, Khalil I, Brown A, Reiner RC Jr, et al. Estimates of global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of diarrhoeal diseases: a systematic analysis for the



Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet Infect. Dis.* 2017;17(9):909–48. [http://dx.doi.org/10.1016/s1473-3099\(17\)30276-1](http://dx.doi.org/10.1016/s1473-3099(17)30276-1)

[3] Lanata CF, Fischer-Walker CL, Olascoaga AC, Torres CX, Aryee MJ, Black RE, et al. Global causes of diarrheal disease mortality in children <5 years of age: A systematic review. *PLoS One.* 2013;8(9):e72788. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0072788>

[4] Kovacs-Nolan J, Mine Y. Using egg IgY antibodies for health, diagnostic and other industrial applications. En: *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products*. Elsevier; 2011. p. 346–73.

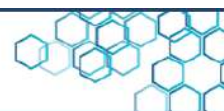
[5] Berdal J-E, Follin-Arbelet B, Bjørnholt JV. Experiences from multiplex PCR diagnostics of faeces in hospitalised patients: clinical significance of Enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC) and culture negative campylobacter. *BMC Infect. Dis.* 2019;19(1). <http://dx.doi.org/10.1186/s12879-019-4271-1>

[6] Pearson JS, Giogha C, Wong Fok Lung T, Hartland EL. The Genetics of Enteropathogenic *Escherichia coli* Virulence. *Annu. Rev. Genet.* 2016;50(1):493–513. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-genet-120215-035138>

[7] Urrestarazu, M, Liprandi, I, Pérez, E, González, R, Pérez, I. Características etiológicas, clínicas y sociodemográficas de la diarrea aguda en Venezuela. *Panamericana de Salud Pública.* 1999; http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49891999000800001&lng=pt&nrm=iso

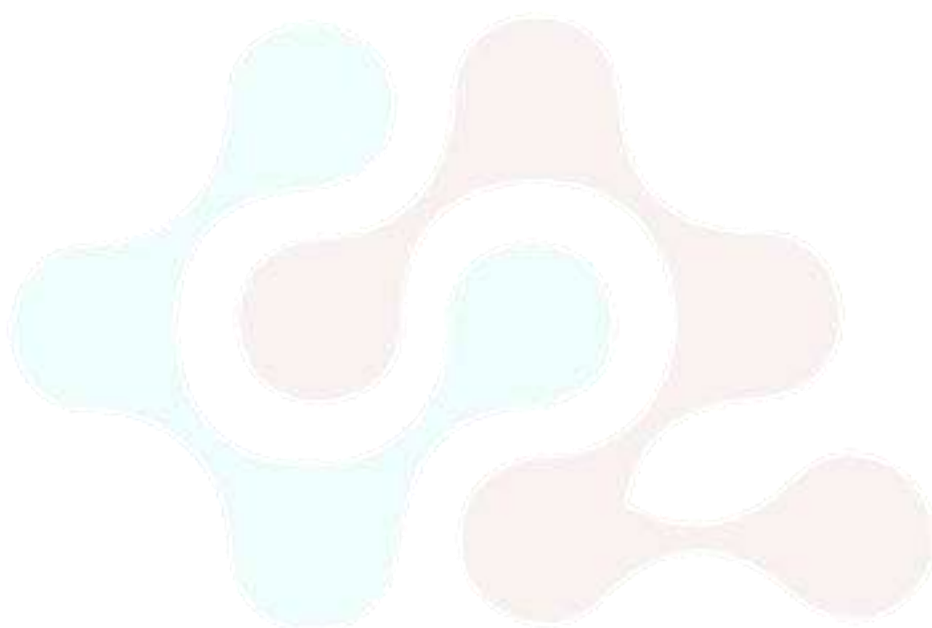
[8] González R, Díaz C, Mariño M, Cloralt R, Pequeneze M, Pérez-Schael I. Age-specific prevalence of *Escherichia coli* with localized and aggregative adherence in Venezuelan infants with acute diarrhea. *J. Clin. Microbiol.* 1997;35(5):1103–7. <http://dx.doi.org/10.1128/jcm.35.5.1103-1107.1997>

[9] Hannaoui, E, Villalobos, L, Martínez, R, Maldonado, A, Hagel, I, Bastardo, J. *Escherichia coli* diarreogénica asociada a casos de diarrea aguda en niños de Cumaná, Venezuela. *Investigación Clínica.* 2010;489–500.



- [10] Amro WA, Al-Qaisi W, Al-Razem F. Production and purification of IgY antibodies from chicken egg yolk. *J. Genet. Eng. Biotechnol.* 2018;16(1):99–103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.10.003>
- [11] Procop G, Church D, Hall G, Janda W, Koneman E., Schreckenberger P, Woods G. Koneman. Diagnóstico microbiológico. Wolters Kluwer; 2017.
- [12] Orskov I, Orskov F, Jann B, Jann K. Serology, chemistry, and genetics of O and K antigens of *Escherichia coli*. *Bacteriol. Rev.* 1977;41(3):667–710. <http://dx.doi.org/10.1128/br.41.3.667-710.1977>
- [13] Moreira CG, Palmer K, Whiteley M, Sircili MP, Trabulsi LR, Castro AFP, et al. Bundle-forming Pili and EspA are involved in biofilm formation by enteropathogenic *Escherichia coli*. *J. Bacteriol.* 2006;188(11):3952–61. <http://dx.doi.org/10.1128/jb.00177-06>
- [14] Ala-Jaakkola R, Laitila A, Ouwehand AC, Lehtoranta L. Role of D-mannose in urinary tract infections – a narrative review. *Nutr. J.* 2022;21(1). <http://dx.doi.org/10.1186/s12937-022-00769-x>
- [15] Pauly D, Chacana PA, Calzado EG, Brembs B, Schade R. IgY technology: Extraction of chicken antibodies from egg yolk by polyethylene glycol (PEG) precipitation. *J. Vis. Exp.* 2011;(51). <http://dx.doi.org/10.3791/3084>
- [16] Abbas AT, El-Kafrawy SA, Sohrab SS, Azhar EIA. IgY antibodies for the immunoprophylaxis and therapy of respiratory infections. *Hum. Vaccin. Immunother.* 2019;15(1):264–75. <http://dx.doi.org/10.1080/21645515.2018.1514224>
- [17] Zhang Q, He D, Xu L, Ge S, Wang J, Zhang X. Generation and evaluation of anti-mouse IgG IgY as secondary antibody. *Prep. Biochem. Biotechnol.* 2020;50(8):788–93. <http://dx.doi.org/10.1080/10826068.2020.1737940>
- [18] Dopico, J, Álvarez, M, Juvier, A, Trujillo, J, Reyes, G, Pico, M, Casa, I, Giralдино, I. Anticuerpos IgY en ensayos de látex-aglutinación. *Vaccimonitor.* 2012;10–5.

[19] Rodrigues RS, Lima NC da S, Taborda RLM, Esquerdo RP, Gama AR, Nogueira PA, et al. Antibiotic resistance and biofilm formation in children with Enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC) in Brazilian Amazon. *J. Infect. Dev. Ctries.* 2019;13(08):698–705. <http://dx.doi.org/10.3855/jidc.10674>





Artículo de divulgación

Ecosistemas agroalimentarios y crisis global ¿Resiliencia a qué y de qué?

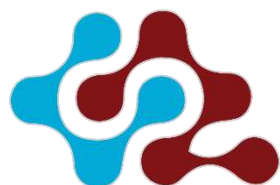
Yurani Godoy Rangel¹ 

¹ Centro de Agricultura y Soberanía Alimentaria, Instituto de Estudios Avanzados (IDEA), Caracas, Venezuela.

Resumen

La situación ecológica y climática a nivel mundial ha alcanzado su punto máximo en el debate y la conciencia pública. Las consecuencias del cambio climático se sienten en todo el mundo, y algunos territorios rurales y sectores agroalimentarios han sido especialmente afectados. El sector agrícola ha sido particularmente vocal en la advertencia sobre el impacto del cambio climático en los ecosistemas y la producción alimentaria. En este contexto, el artículo se centra en el agroecosistema como un sistema socioecológico y su capacidad para resistir a la crisis ambiental global. La resiliencia socioecológica del agroecosistema se debe entender en términos ecológicos y sociales. Por un lado, la capacidad del ecosistema para absorber, resistir y recuperarse de perturbaciones y factores estresantes externos. Por otro lado, la habilidad de grupos o comunidades que los habitan y transforman para autoorganizarse, aprender, adaptarse y resistir estresores externos. La resiliencia socioecológica del agroecosistema reconoce la interdependencia entre los sistemas sociales y ecológicos, y busca promover la gestión integrada de los recursos naturales, la participación efectiva de los actores locales en la toma de decisiones y el compromiso del Estado en la generación de políticas públicas. El artículo plantea también los elementos claves a considerar para una gestión integrada de nuestros agroecosistemas.

Palabras clave: Cambio climático, producción de alimentos, sistema socioecológico, resiliencia socioecológica, gestión ambiental integrada, políticas públicas.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 7 de junio del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335688>

***Autor para correspondencia:**

Yurani Godoy Rangel

e-mail:

yuranigodoyrangel@gmail.com



Dissemination article

Agri-food ecosystems and global crisis ¿resilience to what and from what?

Yurani Godoy Rangel¹ 

¹ Centro de Agricultura y Soberanía Alimentaria, Instituto de Estudios Avanzados (IDEA), Caracas, Venezuela.

Abstract

The global ecological and climate situation has reached its peak in debate and public awareness. The consequences of climate change are felt all over the world, and some rural territories and agri-food sectors have been especially affected. The agricultural sector has been particularly vocal in warning about the impact of climate change on ecosystems and food production. In this context, the article focuses on the agroecosystem as a socioecological system and its ability to resist the global environmental crisis. The socio-ecological resilience of the agroecosystem must be understood in ecological and social terms. On the one hand, the capacity of the ecosystem to absorb, resist and recover from disturbances and external stressors. On the other hand, the ability of groups or communities that inhabit and transform them to self-organize, learn, adapt and resist external stressors. The socio-ecological resilience of the agroecosystem recognizes the interdependence between social and ecological systems, and seeks to promote the integrated management of natural resources, the effective participation of local actors in decision-making and the commitment of the State in the generation of public policies. The article also raises the key elements to consider for an integrated management of our agroecosystems.

Keywords: climate change, food production, socioecological system, socioecological resilience, integrated environmental management, public policies.



Received: May 15, 2023

Accepted: June 7, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335688>

***Corresponding author:** Yurani Godoy Rangel

e-mail:

yuranigodoyrangel@gmail.com

1. Introducción

La situación ecológica, ambiental y climática a nivel planetario ha alcanzado su cúspide en el debate, en argumentos, visiones, posiciones e intereses cada vez con mayor visibilidad en diferentes espacios y medios de comunicación.

En los territorios rurales y sectores agroalimentarios desde la voz de sus habitantes es común escuchar como desde hace unas pocas décadas las lluvias son extemporáneas, las sequías prolongadas, no hay brisa fresca desde las montañas severamente deforestadas, pequeños ríos y quebradas ya no tienen agua todo el año, hierbas medicinales desaparecieron por el excesivo laboreo de los suelos y en consecuencia algunos pájaros locales, insectos y polinizadores han desaparecido por el uso continuo de agroquímicos persistentes. Estos asuntos novedosos, lo relacionan con el llamado cambio climático. En la sociedad, sobre todo en grandes ciudades, ante el desconocimiento o el excesivo contenido que se difunde relacionado, ha generado incluso lo que llaman “ecoansiedad” o ansiedad climática, por el temor crónico a sufrir un cataclismo ambiental y sus posibles consecuencias actuales y en el futuro.

Las primeras alarmas ante la opinión pública sobre el impacto de las actividades humanas en los diferentes sistemas socioecológicos se remonta al primer informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el año 1990 [1], y posteriormente la famosa cumbre de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo



(CNUMAD) [2], también conocida como la Cumbre para la Tierra, celebrada en Brasil en 1992. En estos espacios se demostró como los diferentes sectores de la sociedad contribuían en mayor o menor medida al deterioro ambiental y el efecto invernadero. Quedando muy claro que las naciones más industrializadas tenían una mayor responsabilidad e impacto y por lo tanto más intereses económicos que proteger. Posteriormente muchos han sido los documentos y estudios, que décadas atrás han descrito desde la geología, biología, ecología, climatología, agronomía, oceanografía y otras áreas del saber, la transgresión de algunos límites planetarios.

Desde el sector agrícola se ha venido advirtiendo a través de estudios, informes, cumbres, encuentros, foros, el daño irreversible de los ecosistemas y las consecuencias para la producción de alimentos y la seguridad alimentaria global por el agotamiento y contaminación de los recursos suelo y agua principalmente, y su impacto en la reducción de la calidad y cantidad de los cultivos, aumentar los costos de producción, mayor presión sobre los recursos naturales, especialmente en regiones donde la agricultura es altamente dependiente del agua y donde los suelos son vulnerables a la erosión y la desertificación.

Es objeto de estudio de este artículo el agroecosistema, visto como un sistema socioecológico y su capacidad para resistir en mayor o menor medida a los embates de la crisis ambiental global, a partir de definiciones claves, reflexiones y orientaciones para una gestión ambiental integrada. Se abordarán las características, componentes y rasgos de los territorios agroalimentarios, es decir, de que componente es o debe ser resiliente el agroecosistema, así como los factores externos que presionan al sistema, y por tanto a que debe ser resiliente,



no solo en aspectos climáticos ambientales sino factores político-económicos que debilitan o fortalecen la resiliencia socioecológica.

En primer lugar, el agroecosistema se define como un lugar físico y un sistema naturaleza-sociedad, en el que las personas dependen y modifican el entorno natural con el fin de producir alimentos, madera, flores y subproductos para la pervivencia, salud humana y actividad comercial. Por tanto, es un sistema socioecológico complejo que depende de límites ecológicos y biofísicos naturales en reciprocidad con intereses sociales, culturales, políticos y económicos [3].

Al definir la resiliencia socioecológica, es necesario insistir en la comprensión de la dimensión social y la dimensión ecológica que abarca el concepto. Por un lado, resalta y rescata la importancia del análisis de lo ecológico, los componentes biológicos, ambientales y climáticos, en ese sentido el concepto está referido a la capacidad del ecosistema de absorber, resistir y recuperarse de perturbaciones y factores estresantes externos de modo que el sistema permanezca dentro del mismo régimen, manteniendo esencialmente su estructura, funciones, capacidad de proporcionar alimentos y otros servicios ecosistémicos. La dimensión social de los agroecosistemas se refiere a la habilidad de grupos o comunidades que los habitan y transforman para autoorganizarse, aprender, adaptarse y resistir estresores externos, como consecuencia de cambios ambientales, socioeconómicos o políticos. Esta capacidad se manifiesta, además, en acciones colectivas para aplicar diseños agroecológicos y prácticas agrícolas sostenibles, gestionar eficientemente los recursos naturales disponibles (en especial el suelo y el agua), proteger la diversidad biológica y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Todo esto implica la integración de conocimientos y prácticas



tradicionales locales con los científicos y tecnológicos responsables con el medio ambiente. Cada sistema socioecológico es único, por lo que no existen dos iguales en el mundo [3-8].

Este enfoque de resiliencia socioecológica reconoce la interdependencia entre los sistemas sociales y ecológicos, y busca promover la sostenibilidad a través de la gestión integrada de los recursos naturales, la participación efectiva de los actores locales en la toma de decisiones, y el compromiso del Estado en la generación de políticas públicas, planes, programas y proyectos que contribuyan a la adopción de modelos de producción agroalimentarios resilientes ante la crisis ambiental global.

Algunas experiencias explican cómo comunidades rurales y sus sistemas productivos a nivel local resisten y se recuperan de eventos extremos, aunque el daño y las consecuencias son globales como: la tasa de pérdida de biodiversidad y cambios en el ciclo biogeoquímico global del nitrógeno y el fósforo, incremento de la temperatura, cambio en las precipitaciones y nivel del mar, pérdida de bosques y acidificación de los océanos y desertificación de los suelos que desencadenan cambios no lineales, desafiando de este modo la resiliencia ecológica a escalas regionales, de allí la importancia de la labor local en detener el impacto de la agricultura y diseñar estrategias para la salud integral de los sistemas socioecológicos agroalimentarios.

De igual forma se consideran de importancia los estudios de resiliencia los dirigidos a resaltar los aspectos sociales, políticos, económicos culturales y de identidad, que determinan la capacidad de las personas, que habitan y transforman los agroecosistemas a resistir eventos extremos. Ya que, los agroecosistemas son más vulnerables en sus

límites geográficos y cuando los grupos humanos carecen de armonía social y su identidad cultural se ha erosionado.

2. Reflexiones sobre el impacto de la crisis ambiental en la agricultura

El deterioro de los agroecosistemas y sus formas de vida se debe en gran medida a la industrialización de los modelos de producción, la intensificación de la producción de alimentos y agotamiento de recursos naturales generando insustentabilidad de los sistemas agrícolas, que deben adaptarse y superar condiciones adversas, ecológicas y sociales que esto conlleva. Se resalta además la importancia de reconocer la gran diversidad ecológica y cultural de los agroecosistemas, con una complejidad territorial local que debe ser abordada según cada caso [3].

Sin embargo, aunque se presenten unas condiciones y características locales, algunos problemas son de naturaleza global, bien por su origen natural: las corrientes marinas interconectadas entre todos los océanos, la generación de lluvias intercontinentales, fenómenos naturales de huracanes y ciclones que en algunos casos involucra regiones enteras; bien por su origen antrópico: gases de efecto invernadero (Tabla 1), derretimiento de los glaciares e incremento del nivel del mar, destrucción de hábitats y acelerada pérdida de diversidad biológica, desertificación de los suelos, pérdida global de bosques, contaminación del agua dulce, entre otros. Esto a su vez, impacta en la cantidad y calidad de los alimentos producidos, genera pobreza y desigualdad, migraciones y desnutrición, es decir, la salud de los

agroecosistemas será finalmente salud para todos los seres vivos incluyendo la humanidad.

Tabla 1. Contribución de la agricultura intensiva de alto uso de insumos químicos al incremento de gases de efecto invernadero en las últimas décadas. Elaboración propia, 2023.

COMPUESTO	FÓRMULA	ORIGEN	IMPACTO
Óxido nitroso	N2O	Está vinculado directamente a la actividad agrícola.	Gas de efecto invernadero con una permanencia media de 100 años en la atmósfera. Actualmente se le atribuye el 5 % del efecto invernadero, además de atacar la capa de ozono, reduciéndolo a oxígeno molecular y liberando dos moléculas de monóxido de nitrógeno.
		Se genera a partir de fertilizantes de nitrato de amonio, deforestación y quema de biomasa en los procesos de agricultura de alta dependencia de insumos químicos.	
Metano	CH4	En la agricultura se genera en la ganadería intensiva, durante el proceso digestivo del ganado rumiante, conocido como fermentación entérica bajo dietas especiales en alimentos concentrados. En tal sentido, la ganadería intensiva es responsable del 14,5 % de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero.	Si bien el metano está ubicado en segundo orden de importancia posee un potencial de calentamiento global 28 veces mayor que el dióxido de carbono (IPCC, 2022) por tener un impacto más nocivo que el dióxido de carbono.
		El cultivo de arroz inundado genera las condiciones para las bacterias anaeróbicas y la generación de gas metano en un 10 % global de emisiones.	

Tabla 1. Contribución de la agricultura intensiva de alto uso de insumos químicos al incremento de gases de efecto invernadero en las últimas décadas. Elaboración propia, 2023.

COMPUESTO	FÓRMULA	ORIGEN	IMPACTO
Dióxido de carbono	CO ₂	En la agricultura las emisiones de CO ₂ representan de 3 a 4 %, relacionado a la labranza intensiva mecanizada, el cultivo de suelos orgánicos, la remoción de biomasa para biocombustible, combustión de madera (leña), pérdidas del suelo por erosión, mineralización y lixiviación. La mayoría ocurren durante los primeros años de la transformación de los ecosistemas naturales en ecosistemas manejados.	El dióxido de carbono es un importante gas de efecto invernadero. La quema de combustibles de carbono desde la Revolución Industrial ha aumentado rápidamente su concentración en la atmósfera, lo que ha llevado a un calentamiento global. Es además la principal causa de la acidificación del océano, ya que se disuelve en el agua formando ácido carbónico.

El lado “injusto” del cambio global, es que no todos los territorios rurales son la causa del deterioro ambiental, algunos han conservado prácticas y estilos de vida en armonía con la naturaleza y convivencia con la diversidad biológica e igual sufren las consecuencias del caos ambiental global, pero la generalidad nos lleva a un modelo global que tiende a la industrialización, al uso intensivo de los suelos, el agua y otros recursos naturales.

En contexto, el origen del problema, en lo que respecta al sector agrícola, es bastante reciente. No alcanza los 100 años para lo que ha significado en daños al planeta. Algunas primicias de la ciencia



agronómica en la década de los 50 y 60 del siglo XX, ofrecían paquetes tecnológicos tendientes a incrementar la producción de alimentos en el mundo, y en ese sentido se obtuvo avances significativos en los rendimientos obtenidos, no obstante si bien se lograron establecer algunos perfiles muy acertados en algunos cultivos, los planes de implementación no consideraron límites biofísicos naturales, y aspectos culturales, que además fueron mediados por intereses económicos de grandes trasnacionales vinculadas a la industria química y farmacéutica, que no permitió la equilibrada distribución de los alimentos producidos, la apropiación del conocimiento por parte de los territorios agrícolas y los ingresos, generando en muchos casos pobreza y hambre en los sectores rurales.

Algunas cifras relacionadas a la disponibilidad de alimentos en el mundo [9], reflejan resultados y consideraciones muy alejados a los objetivos de la revolución verde en el siglo XX. Esto posiblemente a que no se consideraron aspectos de la dimensión social del agroecosistema como intereses económicos, políticos, características culturales, o identidad y costumbres culinarias, por lo que el siglo XXI inicia con una realidad que contrasta:

- 800 millones de personas en el mundo sufren de desnutrición crónica.
- 70 por ciento de los más pobres viven en zonas rurales, la mayoría de ellos en función de la agricultura para su sustento.
- 500 millones de pequeños agricultores en el mundo producen para casi 2 billones de personas a partir de variedades locales.
- En Asia y África subsahariana pequeñas granjas producen alrededor del 80 por ciento de los alimentos consumidos.

Por otro lado, cuatro de los ocho riesgos del cambio climático en los diferentes sectores indicados por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático en su quinto informe (IPCC, 2014) [10], tienen consecuencias directas para la seguridad alimentaria:

- Pérdida de medios de vida rurales y de sus ingresos
- Pérdida de ecosistemas marinos, costeros y sus medios de vida
- Pérdida de ecosistemas terrestres y sus medios de vida
- Inseguridad alimentaria y descomposición de los sistemas alimentarios.

Y con respecto al estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en el mundo la Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura de la FAO, ha presentado un informe alarmante sobre la situación de los ecosistemas a nivel global [11].

- La diversidad de cultivos en los campos de los agricultores ha disminuido y las amenazas están aumentando.
- Se ha señalado que 694 especies se utilizan en la acuicultura. Las capturas de las pesquerías marinas a escala mundial se ejercen sobre más de 1 800 especies de animales y plantas.
- La biodiversidad del suelo está en peligro en todas las regiones del mundo.
- En los últimos años, se han producido pérdidas enormes de arrecifes de corales en todo el mundo.
- De las 6.000 especies de plantas cultivadas destinadas a la alimentación, 9 representan el 66 % de la producción de cultivos total.

- Se estima que el 33 % de las poblaciones de peces están sobreexplotadas, el 60 % están explotadas a un nivel de sostenibilidad máximo y el 7 % están infraexplotadas.
- La lista roja de especies amenazadas de la UICN contiene más de 9 600 especies silvestres comestibles, el 20 % de las cuales se considera que está amenazado.
- Se estima que en los últimos 100 años la superficie mundial cubierta por praderas submarinas ha disminuido un 29 %.
- De las 7745 razas locales de ganado existentes en el mundo, se considera que el 26 % está en riesgo de extinción.
- La pérdida de colonias de abejas está aumentando; el 17 % de las especies de polinizadores vertebrados están en peligro de extinción a nivel mundial.

De esta forma, se hace visible como los ecosistemas agroalimentarios son causa y consecuencia en algunos casos, del cambio climático o la crisis ambiental global, ya que el modelo intensivo industrial, el uso excesivo de agroquímicos, el laboreo excesivo de los suelos y uso ineficiente del agua, ha contribuido en un 30 % al caos global, pero a su vez, el sector agrícola sufre las consecuencias de los eventos climáticos extremos como sequías, inundaciones, plagas y enfermedades emergentes en los cultivos.

En lo que respecta al sector agrícola y su contribución al daño de los ecosistemas globales y la superación de límites planetarios [7, 12], están referidos específicamente a: la tasa creciente de deforestación y posterior uso intensivo de los suelos, pérdida de materia orgánica y desertificación; uso excesivo de fertilizantes a base de nitrógeno y fósforo; uso de combustibles fósiles; agroquímicos de alta toxicidad;

agotamiento y contaminación de cuerpos de agua dulce; daño a los hábitat y pérdida de la diversidad biológica; pobreza y dependencia.

No obstante, debido a que cada país ha generado un modelo diferente de consumo energético y desarrollo agrícola no se puede generalizar el sector a nivel global, sino colocar la lupa en el modelo de aquellos países que con una menor población presentan una mayor contribución al daño global, como lo son, por ejemplo, Estados Unidos y los países de Europa que se caracterizan por un modelo agrícola y de sociedad muy industrializado, de alto consumo de energía, recursos naturales e insumos externos.

Ante esta problemática global del estado de los ecosistemas y territorios agroalimentarios, es necesario analizar el abordaje en términos generales, de un agroecosistema y su capacidad para resistir eventos extremos según sus componentes o según esos eventos extremos.

3. ¿Resiliencia de qué?: Conociendo los componentes del agroecosistema

Los territorios agrícolas son sistemas socioecológicos, y las diversas formas de agricultura existentes en el mundo son la resultante de las variaciones locales de la biósfera, del clima, del suelo, del tipo de cultivos, de factores demográficos, de las organizaciones sociales y también de otros factores económicos directos: precio, mercado, disponibilidad de capital y acceso a créditos o subsidios (Figura 1). Para entender la resiliencia en los agroecosistemas, es importante

analizar sus componentes esenciales. A esto llamamos la resiliencia de qué, es decir, la resiliencia a partir de los componentes y características únicas y particulares de ese sistema socioecológico.

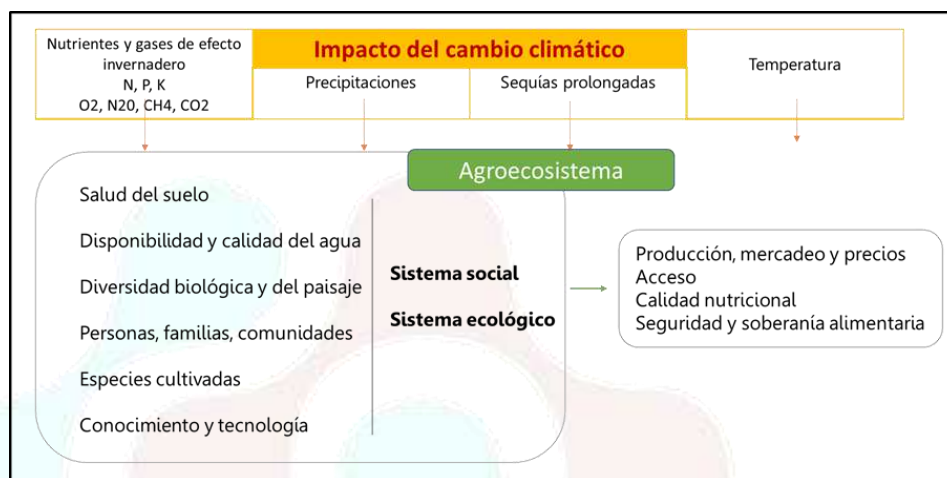


Figura 1. Componentes de un agroecosistema que interfieren en la resiliencia socioecológica ante el cambio climático y su impacto en el sistema alimentario. Elaboración propia, 2023.

Uno de los principales componentes de la resiliencia es la diversidad. La diversidad de cultivos, animales, microorganismos y paisajes es fundamental para aumentar la resiliencia de un agroecosistema. Esto se debe a que la diversidad permite que el sistema sea más resistente a enfermedades, plagas, sequías y otros factores de estrés. Por otro lado, la diversidad proporciona servicios ecosistémicos claves, como la polinización, la fijación de nitrógeno y la regulación del clima.



Un sistema socioecológico puede ser de cualquier tamaño, complejidad, origen o propósito, cada uno con sus propios vínculos únicos y muy variados. Los sistemas socioecológicos son sistemas complejos, adaptativos, dinámicos e integrados, conformado por condiciones naturales e interacciones entre seres humanos que se encuentran en constante proceso de adaptación, aprendizaje y autoorganización,

En los componentes de la dimensión social del agroecosistema, como lo son las personas, familias y comunidades que hacen vida en los territorios agroalimentarios y zonas rurales, la ciencia y la tecnología, el mercado y los intereses político- económicos sobre los alimentos y los recursos naturales, han estado mediados a aspectos relacionados a la agricultura moderna que según algunos autores [13, 14], debilitan la dimensión social del ecosistema, debido a que se incrementa el distanciamiento entre los productores, consumidores e investigadores, ya que, bajo la presión selectiva de este modelo agrícola, las estrategias agrícolas que eran únicas a ciertas culturas y ecosistemas, se homogeneizaron en el proceso de globalización.

Esta pretensión de uniformidad de los paquetes tecnológicos agrícolas aplicados por igual a nivel global, afecta uno de los condicionantes más claves como lo es la diversidad, referida no solamente a la biológica sino incluso a la sociocultural. Algunos autores proponen la agroecología para abordar, comprender y respetar las interacciones entre las personas, sus conocimientos, organización y cultura, y de esta manera fortalecer la armonía social y ecológica, las interacciones entre las plantas de cultivo y las silvestres, entre las plantas y los insectos, entre el ganado y el suelo, entre las raíces y los microorganismos, entre

factores bióticos y abióticos, desde un mirada sistémica, compleja e integral [15].

Otra ruta para comprender la importancia de los componentes de la dimensión social para construir resiliencia en agroecosistemas, tiene que ver con el concepto de “metabolismo social” que plantea [16], para analizar las relaciones de las comunidades humanas en su relación con los recursos naturales locales. Este autor considera que existe dos dimensiones entre la naturaleza y la sociedad, una tangible (energías y materiales apropiados que circulan, se transforman, se consumen, en flujos de entradas y salidas) y otra intangible (creencias, interpretaciones, significados, deseos). Desde las sociedades tecnológicamente más simples el proceso metabólico material siempre ha ocurrido, ha estado embebido, dentro de determinadas relaciones sociales, es decir, siempre ha estado condicionado por diversos tipos de instituciones, formas de conocimiento, cosmovisiones, reglas, normas y acuerdos, saberes tecnológicos, modos de comunicación, de gobierno y formas de propiedad.

Los agroecosistemas como sistemas socioecológicos, tienen las siguientes características en sus componentes, que les confiere resiliencia y capacidad de autoorganización:

- Son sistemas adaptativos complejos: Están compuestos por múltiples componentes interconectados que se adaptan continuamente entre sí.
- Son sistemas abiertos: Intercambian materia, energía e información con su entorno. Esto les permite estar en constante cambio y adaptación.

- Tienen múltiples escalas espaciales y temporales: Las interacciones ocurren a escalas que van desde lo local hasta lo global, y desde el corto hasta el largo plazo.
- En los sistemas socioecológicos se resaltan las interdependencias sistémicas y la no linealidad: Las interacciones entre sus componentes pueden generar retroalimentaciones, umbrales, dando lugar a comportamientos impredecibles y sorprendidos.
- Tienen múltiples equilibrios o estados estables: Pueden existir múltiples configuraciones estables de los componentes que satisfacen las necesidades del sistema, confiriéndole resiliencia.
- En los sistemas socioecológicos los componentes subjetivos y objetivos son relevantes: La dimensión social y la ecológica están interconectadas, por lo que no pueden entenderse por separado. El sistema en su conjunto emerge de estas interconexiones.
- Producción y servicios ecosistémicos: Los sistemas socioecológicos producen bienes y servicios que benefician a la sociedad, como alimentos, agua limpia, biodiversidad, etc. Estos flujos de servicios son esenciales para el bienestar humano.

En resumen, los sistemas socioecológicos tienen propiedades de sistemas complejos adaptativos que surgen de las interacciones entre componentes sociales y ecológicos a múltiples escalas. Su capacidad de proveer servicios esenciales depende de su resiliencia y sostenibilidad en el largo plazo.

4. ¿Resiliencia a qué?: perturbaciones e impactos que recibe el sistema

Al analizar las perturbaciones o impactos que puede recibir un agroecosistema, nuevamente se refiere a la dimensión ecológica y social y los principales elementos que influyen. Tal como se mostró en la Figura 1, el clima y por lo tanto los cambios antropogénicos o la variabilidad natural es determinante para la supervivencia y adaptación de las especies. Y, por otro lado, intereses o expectativas económicas, políticas, culturales marcan la pauta en la toma de decisiones.

Se considera que el clima determina en gran medida la productividad potencial de los agroecosistemas. Las variables climáticas como la radiación solar, temperatura, precipitación, humedad, vientos, fotoperíodo, etc. impactan fuertemente en los cultivos y la biodiversidad. La variabilidad natural del clima origina riesgos para las actividades socioeconómicas, sobre todo en la agricultura y el cambio climático global puede ser entendido como un incremento de la variabilidad natural, por distintas causas, así que los riesgos podrían ser cada vez mayores.

Según el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014) [10], la seguridad climática se refiere a evaluación de los riesgos que el cambio climático supone para las personas y las comunidades, incluidas las amenazas a los medios de subsistencia, la cultura y la estabilidad política. Cuando se asocia con la seguridad humana, la seguridad climática proporciona una base sólida para desarrollar una visión integrada de la relación entre las condiciones y los efectos climáticos materiales, las estructuras globales de desigualdad y la



comprensión comunitaria de los valores fundamentales y su capacidad de adaptación.

En Venezuela, se tiene que el sistema climático está influenciado por las temperaturas del Océano Atlántico Tropical y las oscilaciones regionales, así como la Zona de Convergencia Intertropical. Esto origina anualmente temporadas lluviosas (invierno) y una sola temporada seca (verano o sequía). Estas temporadas pueden verse afectadas por eventos extremos causadas por un fenómeno natural llamado El Niño, que modula el clima en la región suramericana, y que genera una alta variabilidad climática, del tipo de extraordinarias sequías y del tipo de abundantes precipitaciones. La importancia de estos aspectos del clima radica en que, del total nacional de superficie cultivada en Venezuela, 94,3 % es agricultura de secano, es decir depende del agua de lluvia y 5,7 % bajo riego, y estas características son más o menos las mismas en toda la región e incluso en el mundo [17].

En el Quinto Informe del IPCC (2014) [10], los expertos nuevamente resaltan que, deben tomarse en cuenta algunos aspectos relacionados a la adaptación al cambio climático y la actividad agrícola:

- Los aspectos sociales y ambientales a las escalas local, regional y global están inextricablemente ligados, y afectan al desarrollo sostenible: pobreza, cambio climático, desastres naturales, pérdida de biodiversidad, desertificación, disponibilidad de agua fresca y calidad del agua están todos interconectados.
- El cambio climático afectará fundamentalmente a los países más pobres y a los sectores más pobres en cualquier país, por su alta vulnerabilidad y su escasa capacidad para tomar medidas de adaptación y/o mitigación.

- Es más fácil adaptarse a condiciones climáticas medias a largo plazo que a fenómenos extremos y a variaciones interanuales en las condiciones climáticas. El tiempo necesario para la adaptación socioeconómica varía entre años y decenios, y en función del sector y de los recursos disponibles.

Seguido del clima como determinante externo a los agroecosistemas, se tiene el Mercado. Intereses y expectativas locales, regionales y globales determinan la demanda y precios de los productos agrícolas, influyendo en las decisiones de los agricultores sobre qué y cuánto producir. Los mercados globales pueden generar presiones para la intensificación o especialización de la producción. En algunos casos, la producción primaria de alimentos, no llega al consumidor final aun siendo suficiente, por las complejas relaciones de mercadeo, transporte, distribución, almacenamiento, manejo postcosecha, combustible, etc. Se ha determinado incluso, que el problema del hambre en el mundo no es debido a una baja producción de alimentos, si no de distribución y mercadeo. Se estima que alrededor de un tercio de los alimentos producidos en el mundo para consumo humano se pierden o desperdician cada año, y una gran parte de esta pérdida ocurre durante el proceso postcosecha. Según un informe de FAO [11], se pierden o desperdician alrededor de 1.300 millones de toneladas de alimentos al año en todo el mundo, lo que equivale a alrededor de un tercio de la producción mundial de alimentos para consumo humano.

Como tercer elemento externo que debilitan la resiliencia socioecológica de los agroecosistemas están las Políticas y regulaciones: Las políticas agrícolas, ambientales, económicas, pueden promover o limitar ciertas prácticas y pueden impactar la

sostenibilidad de los agroecosistemas. Las regulaciones ambientales y de uso de recursos son claves para una gestión sostenible.

La Cultura, identidad, arraigo campesino y valores sociales determinan las expectativas y preferencias de la sociedad en relación a la producción agrícola, alimentación, ambiente, bienestar animal, migraciones, acceso al conocimiento y tecnologías, relaciones armoniosas o no con el entorno natural, capacidad de organización de la producción y mercadeo justo de la cosecha. Estos valores influyen en las decisiones individuales, locales, territoriales y políticas públicas referentes a la gestión sostenible del agroecosistema.

Por último, la Ciencia y la Tecnología: Las tecnologías disponibles determinan las capacidades de la sociedad para manejar y hacer uso de los agroecosistemas. Las tecnologías pueden mejorar la productividad agrícola pero también degradar el ambiente, generar dependencia y pobreza si no se utilizan de forma adecuada. Para ello es necesario e importante incorporar tecnologías apropiadas y apropiables a cada contexto, preferiblemente que surjan del saber local.

Todos estos factores mencionados, determinan a que se enfrenta un agroecosistema no sólo en términos climáticos y ecológicos, si no ámbitos sociales, políticos, económicos y tecnológicos de un territorio que pueden socavar o fortalecer un modelo de producción en armonía con el ambiente y la humanidad presente y futura.

4. Tendencias y evolución en el abordaje de los ecosistemas agroalimentarios.

Se desarrolló un estudio bibliométrico y de contenido, con una muestra conformada por 2500 publicaciones correspondientes al período 2021-2023. La revisión sistemática se realizó en la base de datos Dimensions, a partir de la búsqueda de información basada en “resilience in agroecosystem and climate change”. Se consideró para los resultados artículos, libros, capítulos y monografías. Las categorías de investigación asociadas a la búsqueda generaron resultados basados principalmente en las áreas de: *Agricultural, Veterinary and Food Sciences, Environmental Sciences, Biological Sciences, Crop and Pasture Production y Ecology*. Luego se realizó la visualización de mapas de redes (normalización, distribución y clusterización) a través de los parámetros estándar de visualización del software VOSviewer, como herramienta para construir y visualizar redes bibliométricas (Figura 2).

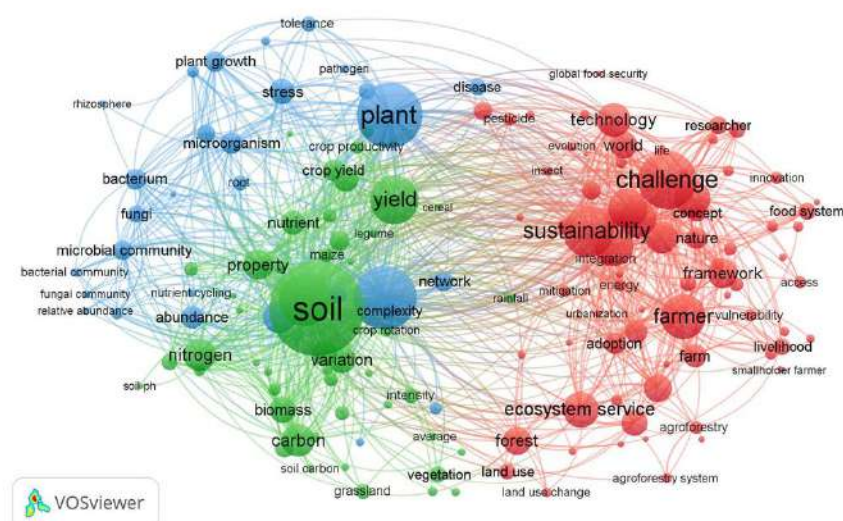


Figura 2. Red de coocurrencia de términos en publicaciones científicas (años 2021-2023). Elaboración propia, 2023.

Para la visualización se tomaron los términos que tienen al menos 35 ocurrencias. El tamaño de los círculos representa el número de veces en que la palabra/frase aparece, siendo “soil” (suelo) la de mayor ocurrencia. Y “diversidad, planta, desafío, producir, propiedad, nitrógeno, carbono, agricultor, ecosistema, sostenibilidad, bosque y conocimiento” (*diversity, plant, challenge, yield, property, nitrogen, carbon, farmer, ecosystem, sustainability, forest, knowledge*, respectivamente) los términos que encabezan la lista, proponiéndose como nuevos focos de investigación, tendencias de interés y palabras claves asociadas a este tema de investigación. De la red de conocimiento se puede observar el término “soil” como eje central y se visualiza la separación de términos acorde a la finalidad de los estudios y las metodologías usadas para ese fin. En el caso del clúster rojo se concibe los principios, el enfoque, el marco de investigación o la orientación de los estudios, mientras que en el sector verde los principales objetivos a los que se orientan estos estudios, siendo el suelo la principal preocupación, seguido del clúster azul relacionado a las plantas, cultivos, salud de los cultivos y su relación con microorganismos y el suelo.

5. La gestión resiliente de ecosistemas agroalimentarios

La gestión resiliente de nuestros agroecosistemas, pasa por aceptar y comprender la complejidad de las interacciones entre la dimensión social y la dimensión ecológica de este tipo de sistema socioecológico, para la toma de decisiones acertadas en donde la participación de los

habitantes del territorio es fundamental. Son ellos quienes poseen la memoria socioecológica de los hechos históricos ocurridos en largos períodos de tiempo, hechos que pueden haber sido favorables o desfavorables y que conllevaron a la toma de decisiones un su momento. Estos hechos marcan hitos y puntos de inflexión en el sistema de origen ecológico: vaguadas, huracanes, inundaciones, sequías prolongadas, plagas, enfermedades, etc., o de origen social: cambios políticos, guerras, recesiones económicas, inflación, imposición de paquetes tecnológicos foráneos y costosos, proyectos que implican deforestaciones intensivas, desplazamientos, migraciones. Una gestión acertada en la actualidad, debe considerar la historia local vivida y transmitida por la memoria socioecológica de sus habitantes, sus expectativas actuales, conocimiento y desarrollo de tecnología apropiada.

La gestión resiliente de ecosistemas agroalimentarios es un enfoque fundamental para asegurar la seguridad y soberanía alimentaria e implica también, la implementación de prácticas y políticas que fortalezcan la capacidad de estos sistemas para resistir y recuperarse de perturbaciones, al tiempo que se mantienen o mejoran su producción en el tiempo. Algunas de las estrategias clave para la gestión resiliente de ecosistemas agroalimentarios incluyen:

Garantizar y proteger la sostenibilidad económica y buen vivir de los habitantes del territorio: Se refiere a aquellos aspectos relacionados con las condiciones de vida de los habitantes, acceso al estudio, sistema de salud, viviendas, estabilidad económica y garantía de derechos. Requiere de un Estado que valore y proteja los territorios agroalimentarios, en el marco de los principios del buen vivir, basados



en la complementariedad social, la armonía y el equilibrio. Esto implica trabajar de la mano comunidades, Estado y el sector privado local para promover políticas alimentarias justas y sostenibles, así como sistemas alimentarios que sean equitativos y eficientes. El territorio agroalimentario debe contar con una infraestructura y tecnología adecuada para el manejo de postcosecha y reducir la pérdida de alimentos, mejorar la calidad, la seguridad y soberanía alimentaria, y aumentar la eficiencia y uso adecuado de los recursos disponibles para ese sistema agroalimentario.

Promover y fortalecer la organización social de la producción y soberanía, a escala local y regional: Se considera clave la relación de la resiliencia social con la capacidad del agricultor de participar en organizaciones de la producción y/o comercialización agrícola, la posibilidad de comercializar de manera directa con los consumidores, tener una comercialización segura de la cosecha a un precio justo, su capacidad de tomar decisiones y reducir el uso y dependencia de insumos externos de la producción, entre otras cualidades. El fortalecimiento de las capacidades locales es fundamental para la gestión resiliente de los ecosistemas agroalimentarios. Esto implica trabajar con las comunidades locales para desarrollar habilidades y conocimientos en prácticas agroecológicas, gestión de recursos naturales y diseño de estrategias ante el cambio climático.

Respetar, conocer y valorar el arraigo e identidad campesina: Se ha considerado en este estudio, que la resiliencia socioecológica de los ecosistemas agroalimentarios, está relacionada a la cultura, tradiciones, conocimiento, memoria socioecológica, origen y el tiempo en la vida rural, amor por la tierra y su entorno, así como el sentir por



su comunidad y rechazo por la vida en la ciudad. En un sistema socioecológico, el arraigo e identidad de sus habitantes son importantes porque son ellos los guardianes y administradores del entorno natural y los recursos de sus comunidades. Su conocimiento y experiencia práctica de la tierra y los ecosistemas locales son valiosos para la gestión ambiental apropiada y mantener la biodiversidad. Además, su arraigo e identidad campesina les otorga una perspectiva única sobre la relación entre la naturaleza y la cultura, lo que puede ser muy valioso para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales. Cuando no existe arraigo e identidad por el entorno natural, bien porque no es el origen de esos habitantes o han estado fuera por mucho tiempo, les es indiferente el impacto ambiental que pueda generar las actividades que se desarrollen, sobre todo por expectativas económicas individuales.

Cuidar y promover la salud del suelo: La salud del suelo, está referida a la aptitud para apoyar el crecimiento de los cultivos sin degradación. Desde la perspectiva agroecológica la meta es mantener y promover procesos de formación y de protección de la materia orgánica y la biota, y comprender la fertilidad en un contexto complejo e integral. Hoy en día el suelo es un recurso natural crítico, y es la fuente principal de nutrientes y agua para las plantas, que a su vez alimentan a los animales y a los seres humanos. El suelo, además, actúa como un almacén de carbono y es un elemento importante en la regulación del clima.

Algunas prácticas agroecológicas que fortalecen la resiliencia y salud de los suelos están dirigidas a minimizar la erosión del suelo, aumentar la retención de agua y nutrientes, promover la biodiversidad y la fertilidad del suelo, a través de: rotación de cultivos, labranza mínima, uso de abonos orgánicos, reducción de abonos químicos,

agroforestería, cultivos de cobertura. Y sobre todo adaptarse a la fertilidad natural del suelo y sus características físico químicas y biológicas, es decir las especies a cultivar debe estar adaptadas a esas condiciones locales.

Garantizar la calidad, disponibilidad, captación, cosecha, conservación y uso eficiente del agua: un condicionante de la actividad agrícola es la disponibilidad del agua. Algunos rasgos de agroecosistemas resilientes en zonas afectadas por sequía implican presencia de bosques alrededor de los campos, presencia de acuíferos o cuerpos de agua cercanos, prácticas de cosecha de agua y prácticas de conservación de agua. En general, el agricultor requiere de una infraestructura mínima, equipos e insumos para hacer disponible el agua en su predio, y se consideran como variables la distancia al río de agua limpia permanente o naciente (0-1000 m), estructuras de almacenamiento de agua (lagunas, pozos, tanques), sistemas de riego de uso eficiente [9]. Por otro, las estrategias para fortalecer la resiliencia ante el recurso agua está relacionado a la labor de cada habitante de forma consciente y voluntaria de gestionar el agua de manera sostenible, utilizando técnicas que maximicen la eficiencia del uso del agua, reduzcan la erosión del suelo y la contaminación del agua, participar a nivel comunitario de actividades de reforestación y restauración con especies locales y regionales, proteger los bosques y nacientes de agua dulce, participar y promover actividades comunitarias conservacionistas, conocer leyes y programas de protección de bosques y aguas, así como captar y almacenar agua de lluvia, cosecha de agua de la humedad ambiental natural y hacer productivos los espacios acuáticos con especies locales de consumo.

Reconocer la importancia de la diversidad del paisaje y dentro de los

espacios de producción: La diversificación de cultivos y sistemas de producción aumenta la resiliencia de los ecosistemas agroalimentarios al reducir la dependencia de un solo cultivo o sistema y aumentar la capacidad de los sistemas para adaptarse a condiciones cambiantes. La diversificación también puede mejorar la salud del suelo, reducir la erosión y aumentar la biodiversidad, aumentar la resistencia de los sistemas a las enfermedades y las plagas, mientras que la conservación de los recursos naturales, como el agua y el suelo, puede mejorar la capacidad de los sistemas para resistir sequías y otros eventos climáticos extremos.

La gestión resiliente de ecosistemas agroalimentarios es esencial para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria local, regional y global. Ecosistemas agroalimentarios son sistemas complejos y dinámicos que enfrentan múltiples amenazas y presiones, pero la implementación de prácticas y políticas que fortalezcan su resiliencia puede ayudar a garantizar su capacidad para resistir, adaptarse y recuperarse de perturbaciones. La diversificación de cultivos y sistemas de producción, la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales, el fortalecimiento de las capacidades locales, la mejora de la infraestructura y tecnología de manejo de poscosecha, y la promoción de políticas y sistemas alimentarios justos son algunas de las estrategias clave para la gestión resiliente de ecosistemas agroalimentarios.

En última instancia, la gestión resiliente de ecosistemas agroalimentarios es esencial para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria, la nutrición y el bienestar humano, así como para proteger

y conservar los recursos naturales y la biodiversidad. Al fortalecer la resiliencia de estos sistemas, podemos asegurar la sostenibilidad y la capacidad de los ecosistemas agroalimentarios para seguir proporcionando alimentos nutritivos, sanos, seguros y soberanos para las generaciones presentes y futuras.

4. Conclusiones

Los sistemas socioecológicos como lo son los agroecosistemas, tienen propiedades de sistemas complejos adaptativos que surgen de las interacciones entre componentes sociales y ecológicos a múltiples escalas, su capacidad de proveer servicios esenciales depende de componentes esenciales, como la diversidad, salud del suelo, disponibilidad y calidad de agua, expectativas, organización y participación de las personas, especies cultivadas, conocimiento y tecnología. Cada uno de estos componentes es fundamental para aumentar la capacidad de un agroecosistema y mantener su producción y funciones esenciales en el tiempo, aún en situaciones de estrés y cambio.

5. Referencias

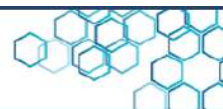
[1] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambio Climático, Informe de síntesis. 1990. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ipcc_90_92_assessments_far_overview_sp.pdf.



- [2] Cumbre Para la Tierra. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. 1992. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.
- [3] Godoy Rangel, Y. Resiliencia socioecológica en ecosistemas agroalimentarios. Ediciones Oncti. Caracas, Venezuela, 2021. ISBN:978980-7508-490. <https://mincyt.gob.ve/wp-content/uploads/2023/07/ECOSISTEMAS-AGROALIMENTARIOS-Y-CRISIS-GLOBAL.pdf>
- [4] Holling, C. S. Resilience and stability of ecological systems. *Annu Rev Ecol Syst* 4:1-23. Institute of Resource Ecology, University of British Columbia, Vancouver, Canada; 1973. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- [5] Gunderson, L., y S. Holling, Panarchy: Understanding Transformations in Systems of Humans and Nature. Island Press, Washington DC. eds. 2002. <https://faculty.washington.edu/stevehar/Panarchy.pdf>
- [6] Walker B, Holling CS, Carpenter SR, Kinzig AP. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecol. Soc.* 2004;9(2). <http://dx.doi.org/10.5751/es-00650-090205>
- [7] Folke C, Jansson A, Rockström J, Olsson P, Carpenter SR, Chapin FS 3rd, et al. Reconnecting to the biosphere. *Ambio.* 2011;40(7):719-38. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-011-0184-y>
- [8] Altieri MA. La agricultura tradicional como legado agroecológico para la humanidad. *Revista PH.* 2022; 180. <http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/4960>
- [9] FAO (2017). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Aprovechar los sistemas alimentarios para lograr una transformación rural inclusiva. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. ISBN 978-92-5-309873-6. 2019. <https://www.fao.org/3/I7658ES/i7658es.pdf>



- [10] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambio Climático, Informe de síntesis. 2014. <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- [11] FAO (2019). El estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en el mundo. resumen. Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. 2019. <https://www.fao.org/3/ca3229es/CA3229ES.pdf>
- [12] Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin FS III, Lambin EF, et al. A safe operating space for humanity. *Nature*. 2009;461(7263):472-5. <http://dx.doi.org/10.1038/461472a>
- [13] Giraldo OF, Rosset PM. Principios sociales de las agroecologías emancipadoras. *Desenvolv. Meio Ambiente*. 2021;58. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v58i0.77785>
- [14] Giraldo OF. Multitudes Agroecológicas. *Universidad Nacional Autónoma de México*. 2022. https://www.researchgate.net/publication/364319184_Multitudes_Agroecologicas?enrichId=rgreq-7d39730623eddc619949e65b695ffebe-
- [15] Altieri MA y Nicholls MA. La Agroecología en tiempos del COVID-19. *Agroeco.org*. Berkeley: Universidad de California. <http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2020/05/ultima-CELIA-Agroecologia-COVID19-19Mar20-1.pdf>
- [16] Toledo VM. Agroecology and spirituality: reflections about an unrecognized link. *Agroecol. Sustain. Food Syst*. 2022;46(4):626-41. <http://dx.doi.org/10.1080/21683565.2022.2027842>
- [17] FAO (2020). Detengamos la erosión del suelo para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro. 2020. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1193735/>



Artículo de divulgación

Cosecha de humedad atmosférica: Nuevos materiales y tecnologías bioinspirados para mitigar la escasez de agua

Reinaldo Atencio^{1,2} , Alexander Briceño^{1*} .

1 Laboratorio de Síntesis y Caracterización de Nuevos Materiales, Centro de Química, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas 1020-A, Venezuela. **2** Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Km. 30.5 vía Perimetral, Guayaquil, 04-3708000, Ecuador.

Resumen

La cosecha de agua es un proceso importante para enfrentar la escasez de agua potable en diversas partes del mundo. Problemática que comienza a ser un tema preocupante para la humanidad, debido a la continua contaminación de las fuentes de agua dulce disponibles, así como las causas impredecibles que pueden conllevar los cambios climáticos globales. Esta alternativa implica recolectar y almacenar agua de diferentes fuentes para su uso posterior, lo que puede ser especialmente útil en áreas con acceso limitado al recurso como países con climas áridos y bajos niveles pluviométricos. En años recientes, tecnologías emergentes inspiradas por la naturaleza, se centran en la captación de agua desde la atmósfera, donde la humedad relativa es baja (10-30) %. Para ello se ha generado un profundo estudio de los factores fisicoquímicos y microestructurales que facilitan la captación por parte de algunos sistemas. Esto ha impulsado la innovación de nuevos sistemas sintéticos y su aplicación tecnológica, en particular en arreglos estructurales que han sido perfeccionados evolutivamente por plantas y animales para sobrevivir bajo condiciones climáticas adversas. Es así como, la naturaleza hidrofóbica e hidrofílica que exhiben los sistemas naturales son claves en el diseño de nuevos materiales que permiten mejorar la eficacia de captación de agua. Este aprendizaje puede ser aprovechado por los países del trópico que



Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 29 de mayo del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335641>

***Autor para correspondencia:** Alexander Briceño
e-mail:
aobriceno@gmail.com



cuentan con climas cálidos y atmósferas con valores de humedad relativa altas (50-90) %. Tecnologías que pueden ser empleadas para dar acceso a agua potable en zonas remotas y generar autonomía para la irrigación de cultivos.

Palabras clave: cosecha de agua, materiales porosos, adsorbentes, agua potable.

Dissemination article

Atmospheric moisture harvesting: New bioinspired materials and technologies to mitigate water scarcity.

Reinaldo Atencio^{1,2} , Alexander Briceño^{1*} .

1 Laboratorio de Síntesis y Caracterización de Nuevos Materiales, Centro de Química, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas, Venezuela. **2** Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador.



Received: May 15, 2023

Accepted: May 29, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335641>

***Corresponding author:**

Alexander Briceño

e-mail:

aobriceno@gmail.com

Abstract

Water harvesting is an important process to address the scarcity of potable water in various parts of the world. This issue has become a concerning topic for humanity due to the continuous contamination of available fresh water sources, as well as the unpredictable causes that can result from global climate changes. This alternative involves collecting and storing water from different sources for later use, which can be especially useful in areas with limited access to the resource, such as countries with arid climates and low rainfall levels. In recent years, emerging technologies inspired by nature have focused on capturing water from the atmosphere, where the relative humidity is low (10-30) %. To do this, a deep study of the physicochemical and microstructural factors that facilitate capture by some systems has been generated. This has driven the innovation of new synthetic systems and their technological application, particularly in structural

arrangements that have been evolutionarily perfected by plants and animals to survive under adverse climatic conditions. This is how the hydrophobic and hydrophilic nature exhibited by natural systems is key to designing new materials that improve water capture efficiency. This learning can be leveraged by tropical countries that have warm climates and atmospheres with high relative humidity values (50-90) %. Technologies that can be used to provide access to potable water in remote areas and generate autonomy for crop irrigation.

Keywords: water harvesting, porous materials, adsorbents, drinking water.

1. Introducción

El agua representa un recurso estratégico esencial para la vida. A pesar de que la superficie de la tierra está constituida por aproximadamente un 71 % por agua, irónicamente la mayor parte no es apta para el consumo humano. Solo alrededor del 2-3 % del total son cuerpos de agua dulce y a su vez el 1 % es disponible para el consumo humano en forma de ríos, lagos y acuíferos. Estadísticas según la Organización de Naciones Unidas (ONU), aproximadamente cerca de 2000 millones de habitantes tienen acceso limitado o no cuentan con un proceso de saneamiento apropiado para garantizar la calidad del agua potable [1]. Tales condiciones conllevan a graves consecuencias para la salud y afecta significativamente la calidad de vida de las personas.

Por otra parte, las alteraciones globales aceleradas que afectan el cambio climático generan grandes perturbaciones en los ciclos que regulan el agua pasando por sequías extremas a inundaciones severas,



en combinación de la creciente demanda excesiva por parte del sector primario, la industria y el consumo humano. Adicionalmente, un punto de inflexión que viene a ratificar el carácter geoestratégico del agua como recurso vital hacia el futuro, es la reciente declaración de éste, como un “*commodity*” monetizable en el mercado de valores futuros de materias primas en Wall Street. Donde el precio fluctuaría como el resto de los “*commodities*” de alta demanda en función de la oferta y la demanda como el petróleo, metales preciosos y materias primas agrícolas. Por último, la contaminación desmedida de los cuerpos de aguas dulces con metales pesados, colorantes, pesticidas, en general compuestos químicos recalcitrantes y persistentes, donde viene a sumarse una lista de medicamentos que están afectando la salud de especies animales y sus hábitats.

La suma de todos estos factores está ejerciendo una presión cada vez mayor sobre los recursos hídricos del mundo, se estima que cerca de dos tercios de la población mundial experimente escasez de agua para el 2050. Por consiguiente, es urgente tomar medidas para proteger y preservar el agua dulce disponible. Así como para encontrar formas más eficientes y sostenibles de utilizar y gestionar el agua, en particular reducir de manera significativa el porcentaje de agua que requiere las formas de agricultura convencional, la cual demanda cerca del 60-70 % del agua disponible.

La cosecha de agua es un tema importante en la actualidad debido al creciente problema de escasez de agua en muchas partes del mundo [2, 3]. Consiste en recolectar y almacenar agua de lluvia y otras fuentes para su uso posterior, y se puede realizar de diversas maneras, desde recolectar agua de lluvia en techos y canaletas hasta construir presas y embalses para almacenar agua de ríos y arroyos. La cosecha de agua es

especialmente útil en áreas con acceso limitado al agua o con suministros intermitentes, y también puede ayudar a conservar el agua y reducir la dependencia de los suministros de agua de la red pública.

Una alternativa novedosa para capturar agua es la cosecha a partir de la humedad del aire, que se está volviendo cada vez más popular en áreas con baja a moderada humedad relativa (HR) (10-40) % y en regiones con escasa o nula precipitación. Esta técnica utiliza dispositivos llamados "recolectores de agua" para atraer y condensar la humedad presente en el aire y canalizarla hacia un recipiente de almacenamiento. Los recolectores de agua pueden utilizarse en áreas cercanas a cuerpos de agua o zonas costeras con altas tasas de HR, así como, en regiones áridas donde la humedad es baja pero aún presente en el aire.

La tecnología de cosecha de agua a partir de la humedad del aire ha avanzado significativamente en los últimos años gracias al uso de nuevos materiales con propiedades ideales para este propósito [4, 5]. Se están desarrollando nuevos adsorbentes y dispositivos más eficientes y económicos capaces de recolectar grandes cantidades de agua desde la humedad del aire, inspirados en la naturaleza, donde existen seres vivos que habitan en lugares inhóspitos y han desarrollado microestructuras especializadas para capturar la baja humedad disponible en estos ecosistemas [6, 7]. En esta contribución, se describen las características fisicoquímicas y estructurales que exhiben algunos seres vivos y son responsables de mantener mecanismos eficientes de captación, condensación y almacenaje. El aprendizaje adquirido en estos sistemas o mimetización de la naturaleza es extendido al diseño de sistemas artificiales. Para ello se toma como base referencial el uso de la Química Supramolecular como

una importante aproximación de diseño, el cual se centra en el estudio de las interacciones intermoleculares no covalentes. Esta aproximación, facilita el entendimiento de los conceptos fundamentales tales como: naturaleza hidrofóbica, hidrofílica y sus variantes incluyendo el carácter anfifílico de algunos de estos sistemas. Así como la forma de preparar y ensamblar diferentes materiales. También se analizarán el estado del arte en relación con la tendencia en el desarrollo de nuevos materiales utilizados en la captación de agua desde la atmósfera, así como potenciales aportes de nuestro laboratorio para el desarrollo de nuevos materiales para tal fin. De igual forma, se plantea la visualización de potenciales aplicaciones en Venezuela en diferentes regiones del país.

2. Ejemplos de la naturaleza

2.1 Escarabajos

En la naturaleza, algunos organismos han desarrollado la habilidad de recolectar agua del aire. Un ejemplo icónico de estas especies son los coleópteros o escarabajos del desierto de Namibia. Estos insectos exponen sus alas desplegadas hacia el viento y son capaces de capturar pequeñas gotas de agua en su capa dorsal, almacenándolas para su posterior hidratación.



Figura 1. Fotografía de un escarabajo del desierto de Namibia, ser vivo con la habilidad de captar humedad desde el aire.

Después de diversos estudios, se reveló que la estructura de su caparazón presenta una conformación interesante, con dos tipos de microestructuras formadas por dos zonas diferenciadas y ordenadas. Una de ellas es de naturaleza hidrofílica y capaz de capturar gotas de agua desde el aire con tamaños alrededor de 1-40 mm. Estas regiones se saturan rápidamente por la coalescencia de varias gotas, lo que rebasa el área de las protuberancias hidrofílicas. La relación entre la masa de las gotas resultantes y el área de contacto de la superficie es insuficiente, y la acción capilar ya no es capaz de sostener el peso de la gota resultante. Entonces, por efecto de la gravedad, la gota de agua se desplaza y comienza a rodar y juntarse con otras gotas hacia canales hidrofóbicos (Figura 1), que las conducen hacia la boca del escarabajo.

2.2 Cactus

Las especies de cactus que habitan en zonas áridas del desierto normalmente carecen de agua subterránea y sobreviven exclusivamente con el agua que son capaces de recolectar. En 2012, Ju y sus colaboradores revelaron la microestructura responsable de una nueva forma de captación natural al analizar el cactus del desierto de Chihuahua [8]. Los autores observaron bajo el microscopio electrónico de barrido, una vista detallada de la microestructura que se divide principalmente en tres partes: la punta, que exhibe varias micro púas y espinas; junto a una estructura corrugada con surcos que conectan los tricomas. De esta forma, el proceso de captación comienza en las puntas afiladas, donde las partículas de agua se condensan y se movilizan por pequeños microsurcos con un gradiente de energía a lo largo del eje principal de dichas estructuras. Finalmente, las partículas de agua llegan a los tricomas hidrofílicos, que absorben y almacenan rápidamente el agua, favoreciendo su transporte continuo y direccional, y evitando su evaporación (Figura 2).



Figura 2. Fotografía de un cactus atrapando el rocío de la niebla.



2.3 Tejidos de araña

Otro sistema natural que ha motivado a los científicos a investigar son las fibras que generan las arañas al tejer redes-trampa para atrapar pequeños insectos y obtener su alimento [9]. Además, estas redes han demostrado tener la habilidad de capturar agua del aire (CAA), siendo común observarlas cubiertas de pequeñas gotas de agua en toda su extensión. En particular, la telaraña se caracteriza por poseer excelentes propiedades mecánicas y químicas. En 2010, Zheng y sus colaboradores revelaron por completo el mecanismo de recolección de agua en la superficie de las fibras al analizar la morfología de la superficie [10]. Estas fibras, bajo el soplo periódico del aire, se separan en dos ejes principales de nanofibrillas individuales, las cuales son superhidrofílicas y propicias para fijar las pequeñas gotas de agua del aire. Este soplo produce la insuflación de la fibra, generando un patrón de nudos a lo largo del eje de la fibra por el cual las gotas adsorbidas pueden desplazarse debido a gradientes de energía a lo largo de la fibra, hasta llegar a una unión de varias fibras que se convierten en el principal punto de condensación. Finalmente, el agua recolectada no se acumula en un único sitio, sino que se distribuye uniformemente en toda la red (Figura 3).



Figura 3. Fotografía de una red de telaraña cargada de gotas de agua durante la mañana.

3. Materiales bioinspirados

3.1 Ángulo de contacto: microestructura, mojabilidad superficial

Estos casos representan una muestra de las habilidades desarrolladas por la naturaleza para poder hacer frente a condiciones hostiles y asegurar la supervivencia de las especies. Un aspecto importante sobre la caracterización y aprendizaje de este tipo de microestructuras tiene que ver con algunos conceptos físicos que permite cuantificar y estimar el grado de hidrofobicidad y el carácter hidrófilo de cualquier superficie. Estas medidas están relacionadas con la mojabilidad de la superficie a través de la interacción de una gota de agua suspendida sobre la superficie. Dependiendo, de las fuerzas intermoleculares involucradas entre las moléculas del líquido, la interface líquida/vapor, sólido/vapor y líquido/superficie se puede tener una idea de la naturaleza de la superficie por medio de una medición estándar y sencilla como es el ángulo de contacto (AC), el cual puede dar información de cuatro tipos de regímenes en función de la medición: $10^{\circ} < AC < 90^{\circ}$ y $90^{\circ} < AC < 150^{\circ}$ son establecidos para definir superficies hidrofílicas e hidrofóbicas, respectivamente. Mientras, que para valores entre $0^{\circ} < AC < 10^{\circ}$ y $150^{\circ} < AC < 180^{\circ}$, son designados para describir superficies superhidrofílicas y superhidrofóbicas. Estos últimos valores son de particular interés para la separación de mezclas aceites/agua.

3.2 Materiales para la captura de humedad de la atmósfera. Agentes desecantes

Existen diferentes formas de inducir la CAA desde tecnologías básicas, haciendo uso de superficies frías para producir la condensación, por ejemplo, los serpentines de aires acondicionados. Tuberías internas en suelos o bajo cultivos. Una de las formas más exitosas es el uso de redes especiales en base a materiales hidrofílicos e hidrofóbicos para la recolección de humedad desde la niebla, en zonas cercanas a las costas o en espacios con vientos con cierta intensidad y frecuencia. Algunos de estos sistemas pueden proveer cantidades significativas de agua fresca consumible sin tratamientos químicos previos. Uno de estos sistemas son mallas de poliéster con un interesante balance hidrofóbico-hidrofílico. Un área de exposición de 10 x 4 m puede captar entre 50 a 100 L x día, dependiendo de las condiciones climáticas, temperatura, humedad y velocidad del viento. Esta capacidad de recolección ha cambiado en algunos países las dinámicas de sus poblaciones rurales, ya que ahora, no deben recorrer largos recorridos para tener acceso al agua, convirtiéndose en una práctica demandante de energía y esfuerzo físico para obtener el vital líquido. Labor que normalmente descansa en las mujeres, que se ven limitadas para romper los círculos de pobreza, abriendo nuevas perspectivas para su desarrollo personal con el uso de estas tecnologías que son de bajo costo, algunas edificaciones en forma de torres usando materiales como el Bambú como soporte para las mallas.

Este tipo de tecnologías son muy útiles bajo estas condiciones de microclimas. Particularmente, un tópico de interés es el desarrollo de

materiales adsorbentes o desecantes para regiones con baja HR (10-30) % y condiciones de climas áridos. En esta dirección, se ha volcado la ciencia de materiales, haciendo uso de sistemas conocidos como agentes desecantes, como zeolitas, hidrogeles, sales higroscópicas, nanomateriales, polímeros y materiales emergentes como: carbones funcionalizados, híbridos orgánico-inorgánicos, derivados de la aplicación de conceptos desde la Química Supramolecular y la Ingeniería de cristales para el diseño de nuevos materiales modulares obtenidos a partir del autoensamblaje de centros metálicos y/o ligando orgánicos polidentados con propiedades modulables de hidrofobicidad e hidrofiliidad. Algunos de estos sistemas emergentes se cuentan los MOFs (Metal-Organic Frameworks), los COFs (Covalente Organic Frameworks) [11], POPs (Porous Organic Polymers) y HOFs (Hydrogen Organic Frameworks) por sus siglas en inglés

Estos materiales deben reunir un conjunto de propiedades en el caso de los métodos de adsorción o absorción de agua que para evitar aclaratorias o errores de interpretaciones difusas llamaremos dicho proceso "sorción". Una de ellas el material o componente del material es un desecante que puede sorber la humedad del aire de manera espontánea. Condición que puede cambiar dependiendo de las variaciones de las condiciones climáticas. Algunos materiales emergentes son capaces de producir agua a valores muy bajos de HR [12], mientras otros funcionan mucho mejor a valores de HR saturadas, este proceso de captación puede ocurrir a través de los mecanismos previamente descritos sobre las características hidrofílicas e hidrofóbicas del o de los componentes. Adicionalmente, la sorción puede ser asistida por procesos de sorción física o química. Un paso importante es la etapa de desorción o liberación del agua acumulada.



Lo ideal es que el proceso de liberación sea inducido por la generación de calor, preferiblemente inducida por la energía solar y el agua pueda ser condensada y almacenada para su uso. Un análisis del tipo de sorción permitirá identificar el material más eficiente y adecuado para obtener el mejor rendimiento. Convencionalmente, el rendimiento del sistema o materiales es evaluado a través de dos indicadores básicos una es la tasa o velocidad de recolección de agua (VRA) expresado en unidades $L \cdot h^{-1}$ y el consumo de energía unitario (CEU), por unidad de agua producida en $KW \cdot h \cdot Kg^{-1}$. Por lo tanto, mayor valor de VRA y menor CEU son deseables. Adicionalmente, como se mencionó, la elección del tipo de adsorbente en la adsorción es muy importante para mejorar el rendimiento de todo el proceso. Por otro lado, para seleccionar un adsorbente adecuado se requiere que posea factores tales como: alta sorción de agua, relacionado con una alta área superficial y alta porosidad, baja energía de consumo para la etapa de liberación de agua, rápida captura de agua y desorción, alta estabilidad en los ciclos de adsorción y desorción. De esta manera se considera un adsorbente de alto performance.

3.3 Adsorbentes inorgánicos. Funcionalización de sistemas porosos

Los adsorbentes inorgánicos tradicionales, como sílica gel, zeolitas, y alúmina activa, adsorben el vapor de agua a través de procesos de adsorción física y tienen una capacidad de adsorción de vapor de agua relativamente alta, dependiendo de la HR. Sin embargo, se requieren



altas temperaturas para liberar el agua adsorbida, en particular en las zeolitas.

Una forma eficiente de mejorar los procesos de CAA es a través de la incorporación de sales altamente higroscópicas tales como sales anhidras: LiCl , CaCl_2 , CuCl_2 , MgSO_4 , CuSO_4 , aunque por si solas estas sales son capaces de adsorber agua a valores bajos de humedad relativa ($< 15\%$) a través de procesos de fisisorción o quimisorción, algunas captan agua de manera estequiométrica y otras muestran comportamiento deliquescente como el CaCl_2 , el cual es capaz de captar hasta un 97% su peso, permitiendo liberación del agua sorbida a energías relativamente bajas que son posibles alcanzar con la luz solar (por ejemplo $0,7 \text{ Kw/m}^2$) Sin embargo, algunas de ellas son costosas y generan serios problemas de corrosión, lo cual limita el diseño de posibles dispositivos funcionales. Una alternativa es la integración de dichas sales en materiales porosos para incrementar la naturaleza hidrofílica del material. Estas sales son incorporadas en sistemas de carbones porosos e hidrofílicos, por ejemplo, en fibras de carbono activado con LiCl o MgSO_4 , las cuales pueden sorber cerca de un 100% su peso ($0,92 \text{ g/g}$ en climas áridos). Asimismo, esferas huecas hidrofílicas de carbón (EHH) impregnadas con LiCl son capaces de captar por encima de un 100% su peso.

El uso de zeolitas para deshidratar solventes es ampliamente conocido, su estructura porosa es capaz de captar la humedad en concentraciones de trazas en solventes o desde el aire. Recientemente, Chan y colaboradores reportaron la preparación de un compuesto conformado por la zeolita 13 en combinación con CaCl_2 y nanotubos de carbono, el cual es capaz de adsorber 5 kg/kg , siendo el rendimiento de este adsorbente compuesto, 5 veces mayor al de la zeolita pura, que



es 0,09 kg/kg [13]. Una limitante de estos sistemas mixtos es la pérdida o lixiviación de las sales, el material va perdiendo la capacidad de sorción con base al número de ciclos de sorción/desorción.

4. Estrategias de diseño de materiales funcionales

Se han explorado varias estrategias de diseño, la gran mayoría basadas en las características de los sistemas bioinspirados, una de ellas la integración y el balance de microdominios hidrofóbicos e hidrofílicos en la misma estructura o superficie. Estas alternativas proveen algunas formas eficientes para la optimización del proceso de CAA [14].

4.1 Adsorbentes emergentes de naturaleza porosa. Materiales micro/mesoporosos

Las zeolitas son agentes desecantes clásicos con una estructura porosa regular bien definida, una alta estabilidad térmica y química con tamaños de poros en el orden de los microporos ($< 2\text{nm}$) y áreas superficiales específicas en el intervalo de 300 a $1000\text{ m}^2/\text{g}$, dependiendo de su estructura y composición. Convencionalmente, son Aluminosilicatos con diferentes relaciones Si/Al, estos materiales pueden adsorber agua a baja HR debido a su alta hidrofiliidad. Sin embargo, se requiere altas energías para promover el paso de la desorción, la cual es difícil de alcanzar a través de la irradiación con luz



solar. La capacidad de adsorción de vapor de agua de las zeolitas depende principalmente de la relación Si/Al, si esta relación es baja tiene mayor concentración de sitios hidrofílicos activos, siendo el Al el que posee el efecto de captación a través de la coordinación con las moléculas de agua. Asimismo, el tamaño de poro y el área afectan la capacidad de sorción, donde el material sorbe hasta llenar los poros disponibles, los cuales tienden a polarizar las moléculas de agua debido a la naturaleza cargada de los poros y de ahí la alta energía para evacuarlos de nuevo.

En los últimos años han emergido nuevas clases de materiales porosos representados por los MOFs, COFs, POPs y HOFs los cuales han ocupado una especial atención como adsorbentes de última generación. Generalmente tienden a tener una porosidad más alta que las zeolitas. Esto se debe a que los MOFs y los COFs tienen unas estructuras más flexibles y diversas, atribuido a la construcción modular desde unidades de construcción atómicas y moleculares. El autoensamblaje de estos componentes permite generar un amplio número de estructuras con diferentes tamaños y formas de moléculas. Además, los MOFs y los COFs pueden ser diseñados y sintetizados con una gran variedad de composiciones químicas y topologías, lo que les da una ventaja en términos de versatilidad y aplicaciones. Por ejemplo, ajustar la hidrofiliidad/hidrofobicidad de las redes por medio de la funcionalización de las moléculas orgánicas que actúan como paredes dentro de los poros, lo cuales pueden incorporar sustituyentes hidrofílicos como -OH, -NH₂, -SO₃H, -COOH o grupos hidrofóbicos como anillos aromáticos, -CH₃, -CH₂CH₃, entre otros. Adicionalmente, es posible ajustar el diámetro y forma del poro para tener acceso a valores de área superficial específica alrededor de 2 a 6 veces mayor



que cualquier zeolita, encontrando un amplio intervalo de valores desde unos cuantos cientos de m^2/g a $6000 \text{ m}^2/\text{g}$. Por tales razones, estos materiales reúnen un conjunto de condiciones para la obtención de la próxima generación de nuevos adsorbentes, permitiendo la posibilidad de optimizar y modular las cinéticas de adsorción/desorción.

Existe una gran cantidad de estructuras de MOFs reportadas, estos materiales han sido ampliamente estudiados en particular los mecanismos de sorción, lo cual ha permitido identificar algunas propiedades fisicoquímicas ideales en estos materiales porosos [15]. Uno de los trabajos pioneros de sorción de agua en MOFs fue realizado por Chang y colaboradores [13]. En el cual se detectaron tres procesos distinguibles: (1) quimisorción en sitios metálicos coordinativamente insaturados, (2) condensación capilar (fisisorción), y (c) adsorción de capa/formación de pequeños clústeres de agua (fisisorción). Estos agregados de agua son formados a través de la sorción y nucleación sobre los sitios hidrofílicos en los MOFs, incluido centros metálicos insaturados, grupos $\mu\text{-OH}$ en los sitios de interconexión con los ligandos espaciadores o SBU (Secondary Building Units por sus siglas en inglés), defectos y grupos funcionales hidrofílicos en el ligando orgánico.

Se han esbozado seis criterios para determinar los MOFs adecuados en aplicaciones relacionadas con la sorción de agua:

1) Estabilidad hidrotérmica. 2) Una isoterma de captación pronunciada a una presión relativa específica para llenados de poros o condensación, en forma de "S". 3) Una gran capacidad de trabajo de agua para el requisito máxima entrega de agua. 4) Histéresis mínima o nula en el



proceso de desorción. 5) Alta estabilidad en el número de ciclos de sorción/desorción. 6) Adsorción-desorción fácil, cinética rápida de masa y calor para la eficiencia energética deseada.

En esta dirección, Yaghi y colaboradores han creado dispositivos eficientes que pueden capturar humedad en sitios con aires demasiados secos y simultáneamente explotar la energía solar abundante en zonas áridas [16, 17]. El componente clave son MOFs que cumplen con las características previamente señaladas, algunos de ellos contienen clúster de circonio. Por ejemplo: MOF-841 $[\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4(\text{MTB})_2(\text{HCOO})_6]$, MOF-801 $[\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4(\text{fumarato})_6]$, $\text{Co}_2\text{Cl}_2\text{BTDD}$ y MOF-303 $[\text{Al}(\text{OH})(\text{Pzdc})]$, $\text{Pzdc} = 1\text{H-pirazol-3,5-dicarboxilato}$. Todos estos MOFs muestran isothermas tipo S y exhiben capacidades para cosechar agua de $0,25 - 0,84 \text{ g g}^{-1}$ valores de humedad relativa muy bajos ($0,1 < P/P_0 < 0,4$).

Al igual que los MOFs, los COFs son adsorbentes de agua versátiles debido a su excepcional porosidad, gran diversidad de compuestos químicos, composiciones de naturaleza netamente orgánica y topologías accesibles, así como la posibilidad de ajustar sus propiedades de sorción de agua en una gran variedad de formas. Sin embargo, el grado de cristalinidad es relativamente más baja en comparación a los MOFs. Esto impide la formación de clúster de agua ordenados dentro de las redes porosas. Recientemente Yaghi y colaboradores han sintetizado un COF con topología (3,4,4)-c mtf, usando 1,1,2,2-tetrakis(4-aminofenilo) eteno (ETTA) y 1,3,5-triformilbenceno (TFB) [18]. Esta topología específica tiene COFs con la habilidad de mostrar alta capacidad de captación de agua comparable a la mayoría de los MOFs, y acompañado de una considerable estabilidad de los ciclos de sorción/desorción, lo que provee un



promisorio futuro para su uso como materiales captadores de agua desde el ambiente.

Otro material emergente como los POPs y HOFs son los sistemas orgánicos uno de naturaleza polimérica obtenidos por enlaces covalentes. Asimismo, los HOFs son redes ensambladas por enlaces de hidrógeno entre unidades orgánicas que pueden exhibir porosidad permanente al remover solventes de sus poros.

4.2 Superficies modificadas con capacidades de captación de humedad inspirada en la naturaleza

Una estrategia en la CAA es el diseño de superficies con diferentes microdominios inspiradas en escarabajos del desierto de Namibia. El balance en la integración de microdominios de naturaleza hidrofóbico e hidrofílico permite modular la superficie y mejorar la eficiencia de recolección de agua, que es referida como superficie de humectabilidad alterna en lo siguiente [19, 20].

La captación, el transporte y la remoción de agua son los tres procesos en la superficie de mojabilidad alterna, mientras que la mojabilidad de la superficie, la estructura de la superficie y la proporción de distribución hidrofílica-hidrofóbica son tres variantes que afectan la eficiencia de recolección de agua. Según la distribución de la superficie y mojabilidad, la superficie bidimensional se divide en los siguientes cuatro tipos: superficie hidrofílica-superhidrofóbica, superhidrofílica-hidrofóbica, superficie hidrofílica-superanfifóbica y membrana de Janus. Una cantidad importante de estudios han sido realizados para



demostrar la eficiencia de cada tipo de arreglos. En particular, una alta densidad de microdominios de naturaleza hidrofóbica junto a una alta dispersión alternada de sitios hidrofílicos en la superficie es requerido para tener un proceso eficiente de CAA.

También existen los materiales Janus, conocidos como materiales Janus asimétricos [21]. Estos materiales reciben su nombre del Dios Romano Jano, que tenía dos caras que miraban en direcciones opuestas. Las membranas Janus son materiales compuestos que tienen dos o más regiones químicamente distintas en una misma partícula o superficie. Estas regiones pueden tener diferentes propiedades físicas y químicas, como hidrofobicidad e hidrofiliidad, lo que les permite tener múltiples funcionalidades y aplicaciones. En el contexto de la captura de agua, las membranas de Janus reducen de manera significativa la pérdida de energía del agua durante el transporte, como consecuencia de la tensión superficial y efecto hidrofóbico del agua, las gotas preservan siempre su forma esférica en el lado hidrofóbica, mientras que bajo la fuerza capilar algunas gotas son atraídas y adsorbidas al lado hidrofílico. Como consecuencia del mecanismo de transmisión unidireccional, el sistema Janus ayuda a la liberación rápidamente generando una superficie seca renovada para continuar la captura, lo que en gran medida mejora la eficiencia de la recolección en el caso de niebla [22]. Este proceso es irreversible, estos sistemas son llamados diodos líquidos, el cual tiene aplicaciones importantes en el campo de la captura de humedad, separaciones de mezclas de aceite/agua, membranas de destilación o como sensores.

4.3 Uso de carbones como adsorbentes

Materiales porosos tradicionales como el carbón activado y otros materiales de carbono han sido evaluados. Entre ellos los nanotubos de carbono (NTC) con diferentes diámetros y número de paredes, así como carbones ordenados, tales como: CMK-1, CMK-3 and CMK-8, carbones mesoporosos preparados usando sílica como plantilla: MCM-48, SBA-15 and KIT-6). No todos cumplen con los requerimientos como materiales adsorbentes para la captura de agua.

4.4 Sistemas nanoestructurados y sistemas híbridos

Los NTC junto a otras formas de materiales nanoestructurados son encontrados de gran importancia en el rol que cumplen en materiales sensibles a luz solar para su regeneración. Dada su capacidad de captar la radiación y la conducción del calor en el interior del material, facilita la regeneración de la capacidad de sorción a temperaturas bajas que pueden ser alcanzadas por la radiación solar [23, 24]. Materiales conteniendo grafeno, óxido de grafeno, esferas huecas, carbón negro, entre otros poseen estas características.



4.5 Hidrogeles híbridos combinados. Materiales termosensibles

Otra familia de materiales atractivos como adsorbentes son los hidrogeles, debido a sus características hidrofílicas y su alta capacidad para almacenar agua dentro de sus estructuras flexibles y porosas (nano, micro, meso o macroporos sobre la superficie). Estos polímeros pueden llegar a sorber hasta 10-100 veces o más su peso en agua, siendo posible controlar la cinética de la sorción de agua. Estos hidrogeles son redes de cadenas de polímeros pueden ser físicos o entrecruzados por enlaces covalentes entre las cadenas del polímero. Los hidrogeles mayormente estudiados son los de poliacrilamida (P-AM), poliacrílico (P-AC) y poli N-isopropilacrilamida (P-NIPAM). Estos sistemas representan una plataforma versátil para el diseño de materiales con la posibilidad de modular su capacidad de hinchamiento o sorción de agua, los cuales exhiben múltiples sitios de interacción con las moléculas de agua [17, 25]. Además, es posible generar copolímeros con la presencia de grupos hidrofílicos/hidrofóbicos. El hecho de generar sólidos estables y escalar junto a la posibilidad de compatibilizar con algunos dispositivos, los hace materiales de interés para el desarrollo de una nueva generación de adsorbentes. Una forma simple es a partir de la incorporación de sales higroscópicas, o componentes hidrofílicos para obtener hidrogeles superhidrofílicos. Por ejemplo, dada la flexibilidad de estos polímeros pueden ser impregnados con cantidades apreciables de sales higroscópicas y potenciar la naturaleza hidrofílica del hidrogel [26]. La incorporación de CaCl_2 a una matriz de P-AM, puede incorporar hasta 4,0 g/g, exhibiendo una capacidad de sorción de 1,2 g/g al 60 % de humedad relativa. También se han incorporado



sales binarias (LiCl y CaCl_2) dentro de la red biopolimérica de alginato con un porcentaje de carga altos del 78 % y 86 % en peso, respectivamente. Estos compuestos de sales alginato muestran un excelente rendimiento en la capacidad de sorción en un amplio intervalo de humedad [27]: la capacidad de sorción puede ser de 1,0 g/g hasta 5,6 g/g al pasar de 26 % a 90 % HR, respectivamente.

Algunos ejemplos reportados son los hidrogeles súper higroscópico híbridos formados por ZnO derivado del acetato de zinc, con éter glicol, aminoalcohol y agua. Estos componentes le proporcionan un alto carácter hidrofílico y un área superficial importante para la sorción de la humedad de la atmósfera con baja interacciones con las moléculas de agua. Como resultado, este hidrogel es capaz de absorber agua en atmósferas altamente húmedas a nivel de mar en más del 420 % de su propio peso, y el proceso de desorción se puede activar con la luz solar natural (a alrededor de 55 °C).

Otro ejemplo interesante es un hidrogel superadsorbente de humedad utilizando cloruro de polipirrol higroscópico (**Cl-Ppy**) interpenetrado en una red polimérica de poli-N-isopropilacrilamida (P-NIPAM) con capacidad de cambio de hidrofiliidad a hidrofobicidad, debido a ser un polímero termosensible con una temperatura baja de aproximadamente 32 °C, a la cual se presenta una separación de fases llamada LCST (Lower Critical Solution Temperature, por sus siglas en inglés). A esta temperatura ocurre una transición hidrofílica a hidrofóbica de manera abrupta y reversible, rompiendo las interacciones de enlaces de hidrógeno entre los grupos hidrofílicos del polímero y las moléculas de agua, favoreciendo las interacciones de los grupos hidrofóbicos del polímero, expulsando el agua retenida en la red del polímero. Es interesante que, los diferentes componentes dentro



del gel han mostrado una clara división en funcionalidad: el **Cl-Ppy** es responsable de la sorción y la condensación de humedad, la red de P-NIPAM del almacenamiento de agua, mientras que el cambio de hidrofilicidad de P-NIPAM permite la liberación rápida de agua a temperaturas bajas. Esta combinación potenció la capacidad desde 0,2 a 6,7 g/g. Como resultado, se logró la sorción *in situ* de agua, el almacenamiento de agua de alta densidad y la liberación rápida de agua bajo diferentes condiciones climáticas, brindando una nueva estrategia de diseño para mejorar la captación de agua atmosférica.

Estos materiales permiten el diseño de materiales híbridos multicomponente, su naturaleza flexible y compatibilidad con otras familias de materiales les permite integrar cualquiera de los adsorbentes antes mencionados en la búsqueda de mayor hidrofilicidad y así mejorar la capacidad de captura de humedad muy por encima que lo haría cualquier material de estructura rígida [28].

5. Experticia del Laboratorio de Síntesis y Caracterización de Nuevos Materiales en el desarrollo e innovación de materiales adsorbentes novedosos

Durante más de dos décadas nuestro laboratorio se ha dedicado al estudio de una variedad amplia de materiales como potenciales adsorbentes de moléculas pequeñas gaseosas, tales como: H_2 , CO_2 , N_2 , H_2S y tiofeno. Más recientemente, la adsorción de contaminantes en el ambiente como colorantes, metales pesados entre otros componentes tóxicos al ambiente y la salud humana. En este recorrido hemos

encontrado algunos materiales que exhiben características interesantes para la CAA, algunos ejemplos exhiben incluso procesos cíclicos de sorción/desorción de forma reversible. En particular, redes metal-orgánicas asistidas por enlaces de hidrógeno, algunos de ellos contienen polioxomolibdatos [29-31]. Esta familia de compuestos que ha sido escasamente explorada para este tema y puede incorporar un efecto interesante como es el concepto de caotropismo (Figura 4a). Este efecto introduce la desestabilización de los enlaces de hidrógeno en las moléculas de agua, facilitando la rápida liberación del agua adsorbida. Por ejemplo, se ha reportado hidrogeles híbridos de poliacrilamida y ácido poliacrílico con iones MoO_4^{2-} , con capacidad de hinchamiento que van 296-717 %, cuando la concentración de Molibdato se incrementa desde 2,5 a 10 % p/p [32]. Esferas de carbono hidrofílicas no porosas (ECH) con capacidad de adsorción de agua que van desde el intervalo de 10-50 % su peso (Figura 4b), valores cercanos a cualquier MOFs de estructura porosa usado para tales fines. En esta dirección nosotros hemos introducido en la literatura el efecto supramolecular de los grupos funcionales como parte fundamental en procesos de adsorción. La funcionalización de la superficie con grupos hidrofílicos conlleva a mejorar los procesos de adsorción molecular, incluyendo agua en fase gaseosa, incrementando la capacidad de adsorción dependiendo de la naturaleza química por ejemplo carbones dopados con Nitrógeno exhiben mayor capacidad de adsorción de agua, 15-30 % p/p, el cual puede ser modulado en base al contenido de N en la superficie. Una forma interesante de generar estos materiales es vía hidrotérmica, la cual permite obtener materiales de carbono funcionalizados desde biomasa a temperatura bajas 160-200 °C [33]. Mediante esta metodología es posible modificar cualquier superficie de

carbón hidrofóbica en hidrofílica. De esta forma se puede modificar la superficie hidrofóbica del coque verde de Petróleo tipo perdigón y modular su superficie hidrofílica [34]. Asimismo, es posible transformar NTC prístinos en funcionalizados sin el uso de agentes oxidantes como los ácidos minerales HNO_3 y H_2SO_4 [35]. Una revisión de otros adsorbentes híbridos usados para la adsorción de moléculas sulfuradas en combustibles, están siendo reevaluados como adsorbentes de agua. Por ejemplo, hidrogeles con ECH, combinaciones de hidrogeles, ECH y MOFs y otras posibilidades (Figura 4c).

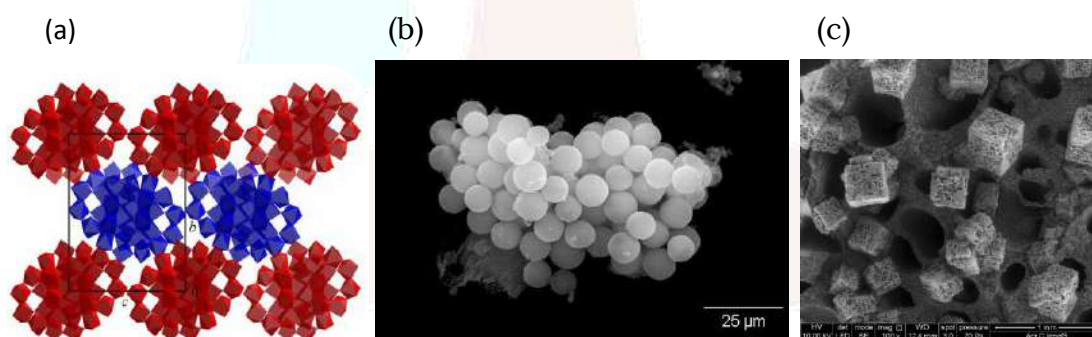


Figura 4. a) Red metal-orgánica asistido por enlaces de hidrógeno. b) micrografías de microscopía de barrido de carbones hidrofílicos. c) materiales híbridos formado por hidrogeles macroporosos y cristales de MOF-5. Imágenes propias.

6. Retos que enfrenta el desarrollo de tecnologías para la cosecha de agua

El cambio climático está afectando el patrón de lluvia en muchas regiones del mundo, lo que significa que la cantidad y la frecuencia de las lluvias, así como la alternancia con largos periodos de sequía,

pueden cambiar significativamente la disponibilidad de agua para las poblaciones, generando incertidumbre y estrés hídrico en las comunidades más vulnerables. Cada vez son más frecuentes los desastres naturales por inundaciones, que pueden afectar el suministro de agua potable y otros servicios esenciales. Por ello, es importante que los organismos encargados del manejo de estos desastres cuenten con tecnologías de cosecha de agua para solventar emergencias temporales relacionadas con el acceso al agua potable.

Aunque la tecnología de cosecha de agua ha avanzado significativamente en la última década, la mayoría de los desarrollos son recientes y aún queda mucho por hacer para mejorar, optimizar y ajustar cada tecnología en función de las condiciones climáticas específicas. Se necesitan tecnologías más eficientes en términos de costos y energía para capturar, filtrar y almacenar agua de manera efectiva y económica. Además, en áreas donde el agua es escasa, la cosecha de agua puede resultar costosa, por lo que se requieren más inversiones y financiamiento para desarrollar y mantener sistemas de cosecha de agua sostenibles y rentables.

Es necesario difundir y socializar estas tecnologías para empoderar a las comunidades y fomentar la innovación y el uso de alternativas que favorezcan el medio ambiente. A menudo, las personas no tienen suficiente conocimiento sobre la cosecha de agua y cómo se puede utilizar de manera efectiva, por lo que se necesita una mayor educación y conciencia sobre los beneficios y limitaciones de alternativa tecnológica para promover su adopción y uso adecuado.

Estas tecnologías también pueden apoyar la transformación de la matriz energética, por ejemplo, en la producción de hidrógeno verde,

donde es posible obtener el agua requerida a partir de la captura eficiente de agua de la atmósfera para luego someterla al proceso de electrólisis.

7. Conclusiones

La experticia desarrollada en nuestro laboratorio nos permite la posibilidad de innovar en el desarrollo de nuevos materiales para la captura de agua junto a la posibilidad de desarrollar tecnología endógena para diferentes aplicaciones en Venezuela.

En resumen, la cosecha de agua enfrenta varios desafíos en el futuro, pero con la tecnología adecuada, la educación, el financiamiento y la regulación, estos desafíos pueden ser superados para garantizar un suministro sostenible y seguro de agua para todos, en cualquier lado y en cualquier condición climática. Esto requiere el desarrollo de una hoja de ruta para innovar en nuevos materiales y dispositivos de bajo costo [36].

Es particularmente importante considerar la obtención de agua para la irrigación de cultivos, reduciendo la alta demanda sobre el acceso al agua para la población como está ocurriendo en algunos países con grandes extensiones cultivadas. Dependiendo de la tecnología, se puede incorporar la cosecha de agua en sistemas de irrigación por goteo o irrigación pasiva en invernaderos o en agricultura de precisión para hacerla más eficiente y sostenible.



5. Referencias

- [1] World Health Organization (WHO). Drinking water. 2020. <https://www.who.int/en/newsroom/factsheets/detail/drinking-water>
- [2] Ahrestani Z, Sadeghzadeh S, Motejadded Emrooz HB. An overview of atmospheric water harvesting methods, the inevitable path of the future in water supply. *RSC Adv.* 2023; 13(15):10273–307. <http://dx.doi.org/10.1039/d2ra07733g>
- [3] Feng A, Akther N, Duan X, Peng S, Onggowarsito C, Mao S, et al. Recent development of atmospheric water harvesting materials: A review. *ACS Mater. Au.* 2022; 2(5):576–95. <http://dx.doi.org/10.1021/acsmaterialsau.2c00027>
- [4] Wang J, Hua L, Li C, Wang R. Atmospheric water harvesting: critical metrics and challenges. *Energy Environ. Sci.* 2022; 15(12):4867–71. <http://dx.doi.org/10.1039/d2ee03079a>
- [5] Lu W, Ong WL, Ho GW. Advances in harvesting water and energy from ubiquitous atmospheric moisture. *J. Mater. Chem. A Mater. Energy Sustain.* 2023; 11(24):12456–81. <http://dx.doi.org/10.1039/d2ta09552a>
- [6] Zhang F, Guo Z. Bioinspired materials for water-harvesting: focusing on microstructure designs and the improvement of sustainability. *Mater. Adv.* 2020; 1(8):2592–613. <http://dx.doi.org/10.1039/d0ma00599a>
- [7] Zhong L, Zhu L, Li J, Pei W, Chen H, Wang S, et al. Recent advances in biomimetic fog harvesting: focusing on higher efficiency and large-scale fabrication. *Mol. Syst. Des. Eng.* 2021; 6(12):986–96. <http://dx.doi.org/10.1039/d1me00019e>
- [8] Ju J, Bai H, Zheng Y, Zhao T, Fang R, Jiang L. A multi-structural and multi-functional integrated fog collection system in cactus. *Nat Commun.* 2012;3(1). <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms2253>



- [9] Knapczyk-Korczak J, Stachewicz U. Biomimicking spider webs for effective fog water harvesting with electrospun polymer fibers. *Nanoscale*. 2021; 13(38):16034–51. <http://dx.doi.org/10.1039/d1nr05111c>
- [10] Zheng Y, Bai H, Huang Z, Tian X, Nie F-Q, Zhao Y, et al. Directional water collection on wetted spider silk. *Nature*. 2010;463(7281):640–3. <http://dx.doi.org/10.1038/nature08729>
- [11] Fritz PW, Coskun A. Postfunctionalized covalent organic frameworks for water harvesting. *ACS Cent. Sci.* 2022; 8(7):871–3. <http://dx.doi.org/10.1021/acscentsci.2c00710>
- [12] Hu Y, Wang Y, Fang Z, Wan X, Dong M, Ye Z, et al. MOF supraparticles for atmosphere water harvesting at low humidity. *J. Mater. Chem. A Mater. Energy Sustain.* 2022; 10(28):15116–26. <http://dx.doi.org/10.1039/d2ta02026b>
- [13] Chan KC, Chao CYH, Wu CL. Measurement of properties and performance prediction of the new MWCNT-embedded zeolite 13X/CaCl₂ composite adsorbents. *Int. J. Heat Mass. Transf.* 2015; 89:308–19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.05.063>
- [14] Ge P, Wang S, Zhang J, Yang B. Micro-/nanostructures meet anisotropic wetting: from preparation methods to applications. *Mater. Horiz.* 2020; 7(10):2566–95. <http://dx.doi.org/10.1039/d0mh00768d>
- [15] Zhang Z, Tang H, Wang M, Lyu B, Jiang Z, Jiang J. Metal-organic frameworks for water harvesting: Machine learning-based prediction and rapid screening. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 2023; 11(21):8148–60. <http://dx.doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c01233>
- [16] Zheng Z, Hanikel N, Lyu H, Yaghi OM. Broadly tunable atmospheric water harvesting in multivariate metal-organic frameworks. *J Am Chem. Soc.* 2022; 144(49):22669–75. <http://dx.doi.org/10.1021/jacs.2c09756>
- [17] Lyu T, Wang Z, Liu R, Chen K, Liu H, Tian Y. Macroporous hydrogel for high-performance atmospheric water harvesting. *ACS Appl. Mater.*



Interfaces. 2022; 14(28):32433–43.
<http://dx.doi.org/10.1021/acsami.2c04228>

[18] Nguyen HL, Hanikel N, Lyle SJ, Zhu C, Proserpio DM, Yaghi OM. A porous covalent organic framework with voided square grid topology for atmospheric water harvesting. *J. Am. Chem. Soc.* 2020; 142(5):2218–21. <http://dx.doi.org/10.1021/jacs.9b13094>

[19] Knapczyk-Korczak J, Szewczyk PK, Stachewicz U. The importance of nanofiber hydrophobicity for effective fog water collection. *RSC Adv.* 2021; 11(18):10866–73. <http://dx.doi.org/10.1039/d1ra00749a>

[20] Uddin MN, Desai FJ, Rahman MM, Asmatulu R. A highly efficient fog harvester of electrospun permanent superhydrophobic–hydrophilic polymer nanocomposite fiber mats. *Nanoscale Adv.* 2020; 2(10):4627–38. <http://dx.doi.org/10.1039/d0na00529k>

[21] Song M, Zhu Z, Qi J, Zhou Y, Li J. Multifunctional and asymmetrically superwetable Janus membrane for all-day freshwater harvesting. *Environ. Sci. Nano.* 2023; 10(4):996–1002. <http://dx.doi.org/10.1039/d2en01099b>

[22] Bae C, Oh S, Han J, Nam Y, Lee C. Water penetration dynamics through a Janus mesh during drop impact. *Soft Matter.* 2020; 16(26):6072–81. <http://dx.doi.org/10.1039/d0sm00567c>

[23] He F, Wu X, Gao J, Wang Z. Solar-driven interfacial evaporation toward clean water production: burgeoning materials, concepts and technologies. *J. Mater. Chem. A Mater. Energy Sustain.* 2021; 9(48):27121–39. <http://dx.doi.org/10.1039/d1ta08886f>

[24] Xu J, Li T, Yan T, Wu S, Wu M, Chao J, et al. Ultrahigh solar-driven atmospheric water production enabled by scalable rapid-cycling water harvester with vertically aligned nanocomposite sorbent. *Energy Environ. Sci.* 2021; 14(11):5979–94. <http://dx.doi.org/10.1039/d1ee01723c>

[25] Kabir A, Dunlop MJ, Acharya B, Bissessur R, Ahmed M. Water recycling efficacies of extremely hygroscopic, antifouling hydrogels. *RSC Adv.* 2018; 8(66):38100–7. <http://dx.doi.org/10.1039/c8ra07915c>



- [26] Aleid S, Wu M, Li R, Wang W, Zhang C, Zhang L, et al. Salting-in effect of zwitterionic polymer hydrogel facilitates atmospheric water harvesting. *ACS Mater. Lett.* 2022; 4(3):511–20. <http://dx.doi.org/10.1021/acsmaterialslett.1c00723>
- [27] Entezari A, Ejeian M, Wang R. Super atmospheric water harvesting hydrogel with alginate chains modified with binary salts. *ACS Mater. Lett.* 2020; 2(5):471–7. <http://dx.doi.org/10.1021/acsmaterialslett.9b00315>
- [28] Li R, Shi Y, Alsaedi M, Wu M, Shi L, Wang P. Hybrid hydrogel with high water vapor harvesting capacity for deployable solar-driven atmospheric water generator. *Environ. Sci. Technol.* 2018; 52(19):11367–77. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.8b02852>
- [29] Atencio R, Chacón M, González T, Briceño A, Agrifoglio G, Sierraalta A. Robust hydrogen-bonded self-assemblies from biimidazole complexes. Synthesis and structural characterization of $[M(\text{biimidazole})_2(\text{OH}_2)_2]^{2+}$ ($M = \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}$) complexes and carboxylate modules. *Dalton Trans.* 2004; (4):505–13. <http://dx.doi.org/10.1039/b312541f>
- [30] Atencio R, Briceño A, Galindo X. A mesoporous hydrogen-bonded organic–inorganic framework bearing the isopolymolybdate $[\text{Mo}_{36}\text{O}_{112}(\text{OH}_2)_{16}]^{8-}$. *Chem. Commun. (Camb)*. 2005; (5):637–9. <http://dx.doi.org/10.1039/b413825b>
- [31] Atencio R, Liendo G, Briceño A, Silva P, Beurroies I, Dieudonné P, et al. Reversible phase transitions in a coordination 1D-polymer containing an unusual hexatungstate building block. *Cryst. Growth Des.* 2019; 19(4):2485–92. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.cgd.9b00157>
- [32] Zambrano B, Cañizalez E, Silva P, Briceño A. A bottom-up route for the preparation of novel hierarchical nanostructured hybrid molybdenum oxide–hydrogel composites. *New J. Chem.* 2011; 35(2):288–91. <http://dx.doi.org/10.1039/c0nj00671h>
- [33] Avendaño C, Briceño A, Méndez FJ, Brito JL, González G, Cañizales E, et al. Novel MoO_2 /carbon hierarchical nano/microcomposites: synthesis, characterization, solid state transformations and thiophene



HDS activity. *Dalton Trans.* 2013; 42(8):2822-30.
<http://dx.doi.org/10.1039/c2dt31248d>

[34] Trujillo P, Brito JL, González G, Briceño A. Novel MoO₂/carbon hierarchical nano/microcomposites: synthesis, characterization, solid state transformations and thiophene HDS activity. *Ind & Eng. Chem. Res.* 2019,58(32), 14761-14774.
<http://dx.doi.org/10.1021/acs.iecr/9b02020>

[35] Arevalo-Féster J, Briceño A. Insights into selective removal by dye adsorption on hydrophobic vs multivalent hydrophilic functionalized MWCNTs. *ACS Omega.* 2023, 8(12), 11233-11250.
<http://dx.doi.org/10.1021/acsomega/2c08203>

[36] Yang K, Pan T, Lei Q, Dong X, Cheng Q, Han Y. A roadmap to sorption-based atmospheric water harvesting: From molecular sorption mechanism to sorbent design and system optimization. *Environ. Sci. Technol.* 2021; 55(10):6542-60.
<http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.1c00257>



Nota técnica

Análisis interpretativo del oprimido como alternativa descolonial a la hermenéutica.

Gustavo Semprun ^{1*} .

¹ Fundación Misión Sucre, Maracaibo, Venezuela.

Resumen

Desde el paradigma tradicional se pregonan herramientas, técnicas, métodos y metodologías filosóficas como norma vigente que le dan validez a las investigaciones realizadas, negando abismalmente desde los saberes populares hasta las epistemologías populares, por no estar acordes con el discurso hegemónico civilizatorio. Dentro de este discurso hegemónico se plantea como norma la hermenéutica para interpretar los saberes generados y socializados, dejando de lado a esta acepción que cae en desuso a los fines de rendir tributo cultural a un encargado occidental de interpretar los mensajes de los dioses. Las epistemologías del sur dentro del paradigma crítico alimentan las iniciativas por plantear un punto de vista propio, buscan un enfoque diferente que de voz a quienes se encuentran dominados por una cultura que describe el mundo desde los ojos de los dominantes. Desde un surgente paradigma descolonial latinoamericano se plantea una alternativa transcolonial, alimentado por las epistemologías del sur que buscan descolonizar sus elementos para el surgir de una identidad propia, soberanía e independencia que desde lo epistémico promueva la liberación de los oprimidos, superación de las condiciones y el reconocimiento de otros puntos de vista en un mundo multipolar.



Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 30 de mayo del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335649>

***Autor para correspondencia:** Gustavo Semprun

e-mail: gustavosemprun1@gmail.com

Mediante una investigación explorativa, interpretativa y propositiva se busca plantear una alternativa descolonizada para comprender el saber, utilizando al mismo tiempo esta alternativa como metodología de investigación que surge con los aportes de las epistemologías del sur y las iniciativas filosóficas del sur.

Palabras clave: Hermenéutica, interpretar, alternativa descolonizada.

Technical note

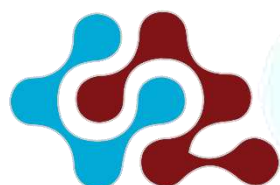
Interpretive analysis of the oppressed as a decolonial alternative to hermeneutics

Gustavo Semprun ^{1*} .

¹ Fundación Misión Sucre, Maracaibo, Venezuela.

Abstract

From the traditional paradigm, philosophical tools, techniques, methods and methodologies are proclaimed as a current norm that give validity to the investigations carried out, abysmally denying from popular knowledge to popular epistemologies, for not being in accordance with the hegemonic civilizational discourse. Within this hegemonic discourse, hermeneutics is proposed as a norm to interpret the generated and socialized knowledge, leaving aside this meaning that falls into disuse for the purpose of paying cultural tribute to a Western person in charge of interpreting the messages of the gods. The epistemologies of the south within the critical paradigm feed the initiatives to present their own point of view, they seek a different



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Received: May 15, 2023

Accepted: May 30, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335649>

***Corresponding author:**

Gustavo Semprun

e-mail:

gustavosemprun1@gmail.com

approach than that of a voice to those who are dominated by a culture that describes the world from the eyes of the dominant ones. From an emerging Latin American decolonial paradigm, a transcolonial alternative is proposed, fed by the epistemologies of the south that seek to decolonize its elements for the emergence of their own identity, sovereignty and independence that, from the epistemic point of view, promotes the liberation of the oppressed, overcoming conditions and the recognition of other points of view in a multipolar world. Through an explorative, interpretive, and purposeful investigation, it seeks to propose a decolonized alternative to understand the knowledge, using at the same time this alternative as a research methodology that arises with the contributions of Southern epistemologies and Southern philosophical initiatives.

Keywords: Hermeneutics, interpret, decolonized alternative.

1. Introducción

Los saberes académicos por lo general son generados con fines de evolución del hombre, superación de las condiciones actuales hacia unas condiciones más favorables, idóneas y pertinentes para el grado de desarrollo de las sociedades, buscando en muchas ocasiones educar a las masas. Debido a esto se hace necesario socializar el conocimiento, pero, adaptado a cada una de las culturas, condiciones, tiempos y coyunturas, de esta necesidad nace la interpretación como técnica,

herramienta, método, metodología y filosofía, que la hegemonía considera enseñanzas desde los más avanzados hacia los más atrasados, que algunos ven como oprimidos.

Desde las epistemologías del sur se habla que no basta tan solo con educar a los oprimidos, hecho que critico Paulo Freire, esto en última instancia sería asimilar a los vistos como salvajes dentro de las relaciones consideradas como naturales de opresores y oprimidos, sino de aclarar en qué condición se encuentran las personas, el mostrar alternativas de superación y/o generación de condiciones favorables, el mostrar los diferentes puntos de vista y las cosmovisiones involucradas que transforman realmente las condiciones sociales, sobre todo de los oprimidos.

Es por ello que las políticas de Estado centradas dentro del paradigma tradicional auto-censurando, evitando lo salvaje para mostrar lo educado alineándose de este modo con la conversación hegemónica del momento y negando así los saberes populares, el epistemicidio popular, es algo que será bien visto desde lo internacional mediático, muestra a las elites globalistas como es, un país oprimido frente a sus opresores en procura de mejores condiciones que los demás países igualmente colonizados.

El objeto del presente artículo se centra en brindar una alternativa interpretativa en la formulación de saberes, aun mas cuando se habla del surgimiento de un nuevo paradigma, el descolonial latinoamericano, que busca la creación de una identidad propia, una limpieza de lo colonialista que no implica la destrucción de lo

aprendido y un retroceso al pasado, sino que aplicando la transcolonidad se mejoren las condiciones pero desde un punto de vista propio, alterno al de los dominantes, alterno a la concepción unipolar y universalista del conocimiento humano que tampoco busca igualdades, sino el reconocimiento como diferente, como otro.

El surgimiento de este nuevo paradigma se justifica desde las palabras de Mauricio Beuchot [1] quien manifiesta que se deben descolonizar para “encontrar el verdadero saber de nuestra identidad cultural”, indicando a su vez que se trata de una lección para los filósofos y la tarea pendiente por realizar, ya que “el saber filosófico se coloca en la base de los otros saberes, puesto que les aporta fundamento.”

Un paradigma descolonial latinoamericano permitirá a los países del Sur y sus filósofos poder cumplir con la misión de promover una epistemología descolonial, que Mauricio Beuchot [1] inscribe dentro de lo que se ha llamado “filosofías del sur, es decir, las que tratan de liberarse lo más posible de la influencia exterior, pero sin renunciar a ella, sino poniéndola al servicio de lo que hacemos en nuestros ámbitos”, tal y como lo hace su analogía desde el paradigma crítico y desde las epistemologías del Sur.

Asimismo, este autor refiere que “es válido recoger las corrientes filosóficas que nos vienen de fuera para construir algo nuevo y propio. Siempre y cuando lo recibido se adapte a lo nuestro, se estará haciendo un pensamiento distinto”, es por ello que esta técnica, herramienta, método y metodología filosófica de investigación busca la liberación del conocimiento negado, exaltándolo en busca de las mejores condiciones

de predominio de aceptación de lo culturalmente propio, lo local sobre lo universal, los saberes populares por sobre los saberes impuestos desde otras latitudes, dando voz para luchar a los oprimidos desde su posición en un mundo multipolar.

Una referencia pertinente que resaltar del Análisis Interpretativo del Oprimido como alternativa descolonial latinoamericana, es que se alimenta de la analogía que argumenta Mauricio Beuchot [1] -hermenéutica analítica-, no destruye las diferencias dialécticas para crear algo nuevo como lo hace Hegel, ni negocia como Freud, sino que conserva en tensión los opuestos para que surja un tercer elemento dialéctico, una coexistencia pacífica y benefactora ya que uno trabajara para el otro, así que dentro del Análisis Interpretativo del Oprimido mientras la socialización de saberes colonialistas procura oprimir y colonializar, el pensamiento descolonial podrá identificar y superar dichos intentos sin buscar destruirlos por completo, ni negarlos, sino que surgirá una experiencia transcolonial para futuras interpretaciones.

También se hace necesario alimentar el Análisis Interpretativo del Oprimido con las filosofías del sur, la categorización de colonialismo de Aníbal Quijano [2], la alteridad y transcolonidad de Enrique Dussel [3], la colonialidad del saber de Edgardo Lander [4], Boaventura De Sousa Santos con las epistemologías del sur [5], la hermenéutica diatópica la hermenéutica de la duda, la negación abismal del conocimiento, Ramón Grosfogüel con su denuncia de epistemicidio y la ubicación epistémica Occidental [6, 7], tal como también denunciara Rafael

Pizani. Una nueva línea de investigación dentro del paradigma descolonial latinoamericano permitirá documentar mayores conocimientos para esta alternativa interpretativa descolonial y para otras herramientas que fortalezcan las epistemologías del sur.

2. Metodología

El paradigma crítico considera varias metodologías del paradigma tradicional agregando un apellido a lo generalmente aceptado, así vemos como a la técnica hermenéutica le han surgido varios arreglos buscando adecuar lo que ya no se puede explicar dentro del paradigma tradicional, es decir, se le implementa un enfoque diferente y por ello cambia su dirección de estudio, de este modo existen las hermenéuticas críticas, gadameriana, analógica, de la duda, diatópica, y en fin, hermenéuticas con diferentes enfoques de aplicación y operación.

La hermenéutica hace referencia a cierta mitología eurocéntrica que manifiesta que Hermes era el encargado de traducir los designios de los dioses, los mensajes de los dioses para los humanos, y por ello se conoce al arte de interpretar como hermenéutica, reemplazando en última instancia a la utilización directa de la palabra interpretar. Otro punto de vista puede manifestar que los únicos capaces de interpretar no tienen que ser exclusivamente los de la corriente eurocéntrica, sino que han existido en el Abya Yala personas igualmente capaces de interpretar.

La historia enseña que quien gana las contiendas escribe la historia, y por tratarse de una historia de resistencia indígena desde el siglo 15, aun dentro del siglo 21 existe el colonialismo, ya no por la fuerza gracias a la lucha de independencia del poder, sino la colonialidad del saber, apoyada por la autocolonización y bajo la premisa de la negación abismal del conocimiento. Paulo Freire en la década de los 60 del siglo 20, observa la necesidad de una pedagogía dirigida especialmente al oprimido, la pedagogía del oprimido, y es con base en esta iniciativa que se forja un Análisis Interpretativo del Oprimido como alternativa descolonial y nueva línea de investigación latinoamericana.

El 12 de octubre de 2022 en Venezuela, se cambia la conmemoración de la celebración del día de la resistencia indígena hacia el día de la resistencia indígena y descolonización latinoamericana¹, que da pie al surgimiento de un nuevo paradigma, el paradigma descolonial latinoamericano, por lo que se hace necesario el surgimiento de metodologías autóctonas, identitarias y soberanas, que no tributen hacia la ideología hegemónica occidental sino que más bien favorezcan la descolonización, para lo cual se hace necesario derrumbar la ideología de autocolonización.

El Día de la Resistencia Indígena fue decretado en Gaceta Oficial Extraordinaria 5605 del 10 de octubre de 2002, se amplía mediante alocución presidencial en el año 2022.

El Análisis Interpretativo del Oprimido (AIO) nace como técnica, herramienta, método, metodología y filosofía tal y como ha ido evolucionando la hermenéutica, ya que puede tomar de esta sus teorías

y evolucionar con el agregado de aportes de autores intelectuales del paradigma crítico, ya que cuando se habla de descolonización no se habla de una exégesis de lo eurocéntrico ni de retomar lo ancestral como única verdad, sino de plantear en la discusión de transcolonidad la existencia de más de una interpretación válida, es decir, no caer en univocidad interpretativa ni buscar suprimir lo existente debido a la falsación de la ciencia.

En cuanto a estas ideas dentro de la enciclopedia virtual Wikipedia el falsacionismo o racionalismo crítico se define como una corriente epistemológica creada por Karl Popper (1902-1994), quien argumenta que toda teoría es aceptada provisionalmente mientras los contraejemplos no puedan refutarla, pero no es absolutamente verdadera, sino que se considera como teoría no refutada hasta la fecha, y que todas las teorías están sujetas a ser falsables [8].

El Análisis Interpretativo del Oprimido es una técnica, una herramienta, una metodología y un método filosófico que contempla el cambio del punto de vista, fomentando las iniciativas de apreciar lo propio y lo autóctono que buscó Simón Rodríguez, al igual que también toma en cuenta de Paulo Freire la pedagogía del oprimido y su liberación, que busca el auto reconocer la condición de oprimidos y criticar cambiando la estructura existente para lograr la liberación, la crítica de De Sousa Santos [5] al paradigma tradicional buscando el emerger de alternativas a la hermenéutica tradicional, y la alteridad propuesta por Dussel [3], donde debe reconocerse a lo otro, como otro, desde su propio punto de vista.

También se toma en cuenta la denuncia de Ramón Grosfogüel [6] y la ubicación epistémica en lo Occidental, al igual que lo hiciera Rafael Pizani en 1935, al dictar un discurso con motivo de la celebración de graduandos en ese año de la Universidad Central de Venezuela [9].

“Mal pueden los estudiantes preparados sobre bases exóticas producir otra cosa que eso. Las excepciones honrosas que podemos limitar entre nosotros vienen a revelarnos esta verdad: nuestros abogados son venezolanos por ejercer y haber obtenido su título en Venezuela, pero en cuanto a mentalidad u orientaciones jurídicas ellos pertenecen a las más lejanas nacionalidades” [9].

Esta metodología del Análisis Interpretativo del Oprimido consta inicialmente de cuatro fases no excluyentes de la anexión de más etapas en su documentación posterior, primeramente, se desglosa el todo en sus partes individuales, siendo estas las variables a estudiar. Esta división a las partes elementales permitirá estudiar independientemente cada factor, teniendo cuidado del significado de las palabras y su relación entre ellas, además del significante al que buscan conducir al lector.

Como segundo paso, se procede a clasificar las partes desde cada lado abismal del conocimiento, lo que es considerado como válido e irrefutable desde el paradigma y hegemonía tradicional y las partes que son negadas desde este punto de vista, por lo que podrían existir dos o más categorías de análisis, cada una con sus propias escalas de variables. Esta separación entre lo tradicionalmente aceptado y lo no reconocido permite profundizar más en el estudio de lo que se busca

relucir desde el punto de vista de los oprimidos desde su propia cosmovisión y situación en el mundo.

Como tercer paso, se tiene el estudio de cada una de las partes alternando los puntos de vista cuando algunas partes coincidan en ambos lados de lo abismal en las categorías, suprimiendo los acolchantes que desvían el significante de los términos. En esta etapa se puede tomar nota del cambio de punto de vista a los fines de establecer lo que el intérprete busca exponer, y la parte negada que está siendo liberada dentro de esta metodología, denunciando al mismo tiempo los acolchantes históricos.

Como último paso, se procede a la interpretación desde el punto de vista del oprimido para asegurar que los resultados benefician más al oprimido y no fomenten la colonialidad del saber, ni se siga manteniendo injustificadamente un paradigma que mira desde el punto de vista dominante y define al mundo desde allí. El resultado puede ser un conocimiento mestizo que el paradigma descolonial latinoamericano acepta como válido, aunque contenga rasgos académicos por una parte y rasgos de saberes populares por otra, ya que los saberes populares son aceptados como válidos dentro del paradigma descolonial latinoamericano.

Las contradicciones ayudan por un lado a que se puedan identificar plenamente los aspectos colonizantes, por eso es que no se busca una síntesis hegeliana ni algún acuerdo, sino que se busca una dialéctica analógica que mantenga las diferencias trabajando cada una para la otra, tal como argumenta Mauricio Beuchot [1] con su hermenéutica

analógica, y una vez que se asocian las corrientes imperialistas, colonialistas, e ideológicas hegemónicas se evita la autocolonización, autoregulación, autocensura, epistemicidio, colonialidad del saber, y negación abismal, para lo cual mediante un discurso diatópico surge una tercera dialéctica de transcolonialidad del saber, pero desde un punto de vista propio e identitario de soberanía e independencia.

3. Resultados

La documentación necesaria para el emerger del Análisis Interpretativo del Oprimido pasa por las epistemologías del Sur y recibe los aportes de autores eurocéntricos, es decir, no niega los aportes a las ciencias de estos autores pero los transforma y utiliza en beneficio propio del Abya Yala y sus autores críticos, surgiendo dentro de este paradigma naciente una nueva técnica, herramientas, metodología y filosofía que cambia el punto de vista hacia una mirada propia, autóctona, identitaria, soberana e independiente, una epistemología del Sur.

La colonialidad del saber es un elemento doblemente negado dentro de la costumbre general en la formulación epistémica, por un lado pasa desapercibida la noción de estar colonizados debido a la utilización de ciertos términos que históricamente han sido acolchados, mientras que por el otro lado, los generadores de conocimiento buscan el sublime objeto de emular lo que consideran

sagrado, desde lo cultural hacia lo intelectual, existiendo entonces la división entre lo común o vulgar y lo sagrado lo superior.

3.1 El significado, significante y acolchante

Cada una de las vocales, la a, e, i, o y u, surgen desde la boca del lector al asociar su sonido específico con cada uno de los guarismos que se acaban de mostrar, siendo estos rastros visuales que puede leer con cierto código que manejan tanto el hablante como el oyente, así como, manejan un mismo código de asociación de las diferentes letras y su disposición entre ellas, cada uno de los signos de puntuación, esto es, la identidad que se asocia hacia cada uno de los sonidos que se emiten al hablar y la identidad de las letras, vocales y signos escritos.

Žižek [10], habla de un determinante rígido que puede identificar a un objeto, pero esta metodología falla en su propósito cuando no describe totalmente al objeto, debido al estatus conceptual que maneje alguien que quiera solicitar por ejemplo que le faciliten determinado objeto mientras que quien recibe esta solicitud pensara en una cosa distinta, todo esto se basa en las experiencias que cada persona posea sobre el objeto, es por ello que no hay posibilidad de una identidad objetiva y universal de las cosas.

Si por ejemplo el lector escucha la expresión «anarquía» vendría a su mente un estado de desgobierno, un caos, un descontrol, mientras que otros le dirían que la expresión viene creada filosóficamente desde el

griego como una expresión que surgió para referirse a una sociedad perfecta, que por asegurar a sus ciudadanos lo necesario para su subsistencia y desarrollo no requieren de un gobierno, *an* que se traduce en sin, *arkia* que se traduce en gobierno, y debido a que en dicha sociedad no hay necesidad de robos -ya que la sociedad te provee de todo lo que necesitas-, no hay necesidad de supervisión en los aportes de sus ciudadanos, ya que cada quien aporta según sus posibilidades, sus recursos, y se hace innecesario una figura sobre todos que regule la conducta en general, ni policías, ni tribunales ni gobierno.

Es por ello que Žižek [10], manifiesta que no es posible definir una esencia o conjunto de propiedades que identifiquen a un objeto dentro de una ilusión esencialista que seguirá siendo el mismo en todos los mundos posibles, en su última instancia se haría necesario argumentar que para definir, por ejemplo democracia, es aquella que contiene todos los movimientos y las organizaciones políticas que se legitiman y se designan como democráticas, mientras que para definir marxismo, sería decir que este término designa a todos los movimientos y teorías que se legitiman a través de la referencia a Marx.

“Dicho de otra manera la única definición posible de un objeto en su identidad es el objeto que siempre es designado con el mismo significante -que está vinculado al mismo significante-. Es el significante el que constituye el núcleo de la “identidad” del objeto” [10]. Las definiciones entonces requieren de una solución donde el contenido real de las nociones se identifican por su relación-

posición, su oposición, su relación diferencial por ejemplo con lo no-democrático o lo no-marxista, tanto que el contenido puede variar hasta la exclusión mutua, surgiendo entonces la paradoja del designante rígido, al cual Žižek [10] denomina “Point de capiton”, que totaliza una ideología deteniendo el deslizamiento metonímico de sus significados, constituyendo un punto de referencia estable y rígido, aunque no está garantizado este punto ni está exento de influencias subjetivas, tal como se había manifestado antes, de las experiencias.

El punto rígido, es entonces el significante, designado como tal, como identidad, como núcleo, de la idea que es representada dentro de los guarismos que buscan diferenciar la acepción de esta idea, la identidad de esta idea que identifica, que caracteriza, y que por lo tanto diferencia de las demás cosas, que excluye lo que no está alineado con esta idea, como por ejemplo, la idea de sociedad imperfecta no se alinea con la idea de anarkia, mientras que una sociedad perfecta si se alinea con la idea de anarkia, ya que la segunda surge acuñada en relación a la primera.

El acolchamiento o suavizante, es el punto donde entra en juego lo subjetivo de las personas al momento de transmitir alguna información, desviando el significado en otra dirección de significantes que puede ser diferente al que pretendía quien emite la información, como se habrá observado en el ejemplo anterior de la palabra anarkia. Mientras el transmisor -y quizás también su creador- querían transmitir un significante de sociedad perfecta al significado de anarquía, el uso inadecuado e histórico de esta palabra ha trasladado el

significante hacia un lado opuesto, configurando no un cambio en la esencia de la representación del objeto, anarquía como representación de sociedad perfecta, sino un acolchante que desvía su significante en otra dirección y hacia otro significante casi opuesto.

En la Figura 1, la flecha simboliza el acolchante histórico que ha hecho que el receptor reciba una acepción diferente del significante de una palabra anarquía, quizás por transmisión trascendental de sus padres hacia él, debido a que los acolchantes tienen un elemento subjetivo por cada persona que lo recibe, puede ser algo generacionalmente transmitido por lazos culturales más que directo, sacado de conclusiones a las que pueden llegar varias personas de una misma sociedad, pero es algo que podría considerarse como acolchantes sociales, la acción donde una sociedad puede percibir algo como bueno o malo también puede mediar y acolchar el significado de una expresión en otra dirección.

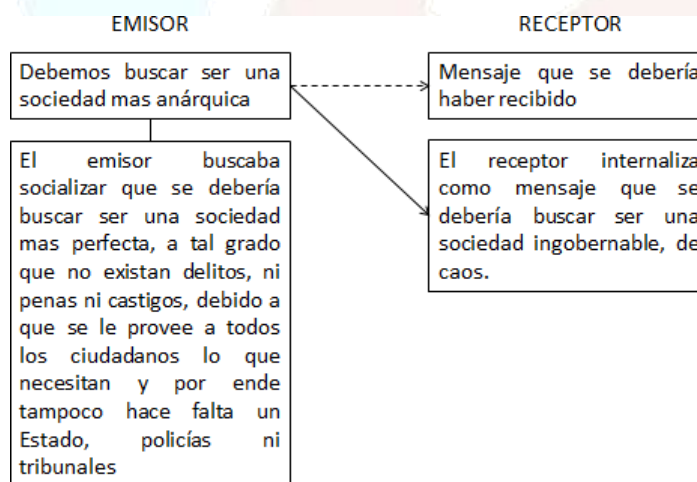


Figura 1. Ejemplo de acolchante en una expresión. Fuente: Elaboración propia del autor, 2023.

De este modo, los acolchantes pueden afectar dentro de una interpretación el sentido real de la unión de las palabras, su significado entre si y la verdadera intención del autor, sobre todo cuando en la interpretación se utilizan premisas hegemónicas que desvirtúan la intención real del autor. A modo de ejemplo, se procede a comparar analíticamente lo que las personas comunes piensan de las historias del Pato Donald: “es una serie de historietas inocentes para niños”, mientras que por otro lado Dorfman Ariel y Mattelar Armand piensan sobre estas historietas [11]:

“Las historias del Pato Donald son una representación de las aspiraciones de los adultos de lo que deben hacer y pensar los niños colonizados para el futuro, para ello se desmontan las diferencias generacionales entre adultos y niños... los padres están ausentes de estas historias... solo existen los tíos, sin que se indague la genealogía familiar: No se sabe si son familia (sobrinos y tíos) por parte de la madre o del padre, Donald tiene sobrinos, así como tiene a su tío Rico Mac Pato, Daisy tiene sobrinas y a su tía Crispina... lo que excluye las responsabilidades llegando al punto que nunca se podría reprochar a nadie siquiera por ser mal padre o madre... las uniones estables tampoco son permitidas a los fines de consagrar una familia, Minnie es la eterna novia de Mickey así como lo es Daisy de Donald” [11].

Este punto de vista de los autores, no es reconocido abiertamente por una sociedad ideologizada Occidentalmente, debido a la hegemonía existente, solo algunos críticos pueden observar estos puntos de vista desde la mirada de los oprimidos, por ello se les permite transitar

libremente a los países de Latinoamérica, mientras que la mayoría de producciones de Estados Unidos son prohibidas en los países Orientales, por atentar contra su identidad cultural, por ejemplo la cultura musulmana solo permite la proyección de algunas películas donde la supresión de escenas cambia totalmente el sentido que querían expresar sus productores.

La hegemonía es un concepto que refiere y connota las relaciones de consenso y de fuerzas de vida a una dirección en lo político, económico, artístico, cultural, y en las diversas fuerzas que dentro de una coyuntura social pugnan para que prevalezcan sus valores, surgiendo de entre todas una que predomina. Por otro lado, Axel Kaizer refiere una lucha ideológica en todos los niveles: Cuando la hegemonía se olvida de una dimensión social, para centrarse en la producción práctica por sobre la generación ideológica, a la larga pueden perder las condiciones materiales de la producción práctica cuando la ideología se instaura en el Estado como primacía [12].

Es por ello que el discurso hegemónico académico se centra y se aferra a lo cultural eurocéntrico sin dejar que surjan elementos autóctonos que puedan desplazarlos, inclinándose la balanza por lo general hacia la preeminencia en lo económico y político, dando vida al binomio dirigente - dirigido, representante - representado, gobernante - gobernado. Los autores Dorfman Ariel y Mattelar Armand continúan ampliando sus puntos de vista sobre el Pato Donald manifestando que [11]:



“Los niños metropolitanos son inteligentes, tienen los valores de la ciudad (cultura dominante) mientras que los periféricos son fáciles de engañar, están en países atrasados... que ven los objetos normales de la ciudad como objetos mágicos, y tienen prohibido civilizarse... además que se les inculca que el oro trae problemas, mientras que la tierra y la ociosidad es el bienestar a los fines de exculpar la expropiación de las riquezas, ya que se verá como algo natural en la psique de los futuros adultos, al buen salvaje no se le cambia su economía natural de subsistencia por la economía de producción, eso es para la gente de la metrópoli... si hay un problema con las tierras expropiadas las compañías llegarán como salvadoras que se encargarán de pagar bien a las tribus...” [11].

Como puede apreciarse la interpretación desde el punto de vista del oprimido es diferente a la interpretación tradicional y sus diferentes categorías, incluyendo las diferentes hermenéuticas que se han desarrollado dentro de este mismo paradigma, que tan solo se acomodan con un apellido dentro del paradigma crítico pero que también pueden ser utilizados dentro del paradigma tradicional, es decir, tributa en ambas direcciones.

Se puede decir que Dorfman Ariel y Mattelar Armand hacen interpretación desde el punto de vista del oprimido no porque supieran que estaban haciendo, sino porque es algo que ya no se puede explicar siquiera desde el paradigma crítico, sus límites y tributación son insuficientes para abarcar los significantes de la ideología hegemónica que consolida el punto de vista que debe utilizarse y por ende configura

un primer punto de acolchante social, negando los mensajes que se acaban de exponer con anterioridad y que para algunos lectores será algo innovador [11].

3.2 Lo sublime de la regulación hegemónica epistémica

Žižek argumenta que lo sublime, siendo un objeto común ocupa un lugar como objetivo real - imposible del deseo, según la escuela de pensamiento de Lacan, un objeto elevado que no es sublime en sí, sino que ocupa un lugar estructural de juicio como sagrado, prohibido, cuando este lugar que estaba vacío es llenado por este objeto, a los fines de querer llegar a él para llenar el propio vacío, la ausencia de este objeto sublime, pero, según la escuela de pensamiento de Kant, cuando se acercan demasiado a este objeto sublime el mismo pierde sus rasgos sublimes convirtiéndose en algo común, pues ya se ha alcanzado y se ha pasado a más allá del placer, el placer que generaba su anhelo [10].

Continuando con la línea de este autor lo sublime puede entenderse como un objeto cuya representación determina a la mente a que contemple la elevación de su naturaleza fuera del alcance común, como una representación de las ideas, mientras Lacan lo designa como algo imposible - real, Kant lo designa como un objeto empírico, sensorial, una cosa en si inalcanzable para la experiencia, y allí se centra la paradoja de lo sublime, como objeto o como experiencia parece ser

inalcanzable, y si este es alcanzado se llena el vacío dentro de la persona quien tendrá que verse a sí mismo vacío nuevamente y pensar en un nuevo objeto sublime, a menos que se extienda el mayor tiempo posible este plus de goce sensorial de lo sublime [10].

El sublime objeto de la regulación epistémica surge entonces como una extensión sensorial del mayor lapso de tiempo del sentirse superior al definir que es válido desde el punto de vista del dominante, donde se colocan los autocolonizadores como una capa intermedia entre los factores externos mayormente transnacionales y quienes fungen como colonialistas y la base nacional que se busca mantener bajo sujeción de colonia, es decir, esta base intermedia que esta colonizada por los factores externos, pero que al mismo tiempo colonializa hacia lo interno de su territorio, ubicándose en la escala superior de este como colonialistas.

Para mantenerse en esta posición emulan lo que ellos consideran superior y colonializan a quienes en su territorio consideran como inferiores, percibiendo este plus de goce sensorial como una escala superior, que hegemonícamente y en todos los aspectos culturales influyen en la generación de saberes, postulándose como superiores al implementar la numeración romana inicial de todo trabajo investigativo, así como, el indicativo de haber utilizado una bibliografía de autores Occidentales, un resumen en inglés y la utilización de la herramienta, metodología y método eurocéntrico de la hermenéutica, negando abismalmente una línea dicotómica que divide lo sagrado de los saberes populares -no reconocidos-.

3.3 La hermenéutica como reguladora epistémica

La utilización de la interpretación hermenéutica configura doblemente trabajos de regulación desde el punto de vista de las hegemónicas dominantes para que los creadores de epísteme se mantengan dentro del carril, y como un mecanismo de auto- censura, mediante el cual dentro de una misma sociedad se proceda a censurar a quienes utilicen mecanismos y técnicas alternativas. Dentro de la propia Universidad Bolivariana de Venezuela se promueve la utilización de la hermenéutica en sus diferentes niveles de estudio en ausencia de una técnica de interpretación alternativa.

De Sousa Santos inicia el camino para una metodología alternativa a la hermenéutica dentro de varias obras que compilan María Meneses y compañeros en “Construyendo las epistemologías del Sur: Para un pensamiento alternativo de alternativas / Boaventura De Sousa Santos”. Esta obra expone metodológicamente en primer lugar el reconocimiento de los topoi como fallas propias en las culturas, pasando por la hermenéutica diatópica como una metodología de entendimiento multicultural al elevar la conciencia recíproca de incompletitud de las culturas para lograr entablar un dialogo, llegando por ultimo a la hermenéutica de sospecha, donde la educación critica la repetición del presente y la trivialización del sufrimiento como resultado de elecciones inexcusables [13].

El fomento de un nuevo paradigma crítico es bien visto por los demás intelectuales descolonizadores del momento, más sin embargo la premisa falla en su concepción de un modo casi imperceptible, algo que se puede identificar desde este punto para ser tratado más adelante, y es que Santos hace honor colonial al encargado eurocéntrico de interpretar los designios de los dioses, Hermes, y de allí el nombre de hermenéutica, creando así una categoría de análisis dentro del paradigma tradicional, no fomentando un paradigma otro, ya que estas hermenéuticas de De Sousa traen consigo un significante que niega abismalmente la capacidad del oprimido de interpretar la realidad, no los designios de alguien superior, de un Dios, si no de lo propio y lo diferente desde una cosmovisión liberadora [5].

Dentro de esta misma obra se hace mención a la Pedagogía del Oprimido y la Pedagogía de Liberación de Paulo Freire, más como un ejemplo práctico que como una nueva línea de categorías dentro de un nuevo paradigma, ya que prácticamente se repiten los pasos que dan Schleiermacher (1768-1834), Humboldt, (1767-1835), Dilthey (1833-1911), Husserl (1859-1938), Hans Georg Gadamer (1900-2002), Martín Heidegger (1889-1976), los italianos Luigi Pareyson (1918-1991) y Gianni Vattimo y el francés Paul Ricoeur (1913) en cuanto a la metodología y procedimiento de esta actividad hermenéutica, todo dentro del mismo paradigma Occidental que domina en el momento.

3.4 El paradigma tradicional y el paradigma crítico

De Sousa Santos argumenta que dentro del paradigma tradicional existe una línea abismal del conocimiento, desde la cual se niegan los saberes “no hegemónicos”, incluso se niega la existencia de dicha línea que divide lo que será considerado como válido y pertinente de los saberes populares, al mismo tiempo que se niega que siquiera existe esta línea divisoria. Lo que exista, siempre será descrito desde el punto de vista dominante y hegemónico, lo que describe todas las cosas que son y que pueden ser, un discurso ideológico que restringe y niega lo que no podrá surgir, una regulación epistémica por la cual debe pasar toda generación de saberes [5].

Conocedores de esto diversos autores comenzaron a documentar lo que es conocido como el paradigma crítico, una necesidad emergente ante las dificultades del paradigma tradicional de explicar lo que no se podía explicar dentro de este paradigma y que no se podía continuar negando su existencia, un paradigma que surge lleno de incompletitud pero que documenta formulaciones alternas que permiten explicar la existencia de estos saberes sociales, así como, la necesidad de otro punto de vista.

3.5 El Análisis Interpretativo del Oprimido (AIO) como alternativa de interpretación a la hermenéutica en sus diferentes dimensiones que surge desde el paradigma descolonial latinoamericano

Dentro del paradigma tradicional ya no es utilizada la expresión interpretación para referirse a esta acción, “la interpretación”, expresión propia de lo que se hace, sino que se impone de manera hegemónica la acepción cultural Occidental del arte de interpretar como “hermenéutica”, como método, técnica, como filosofía y herramienta por la cual se genera conocimiento desde los libros sagrados, que son referenciados en la bibliografía más como argumento de validez que como información sobre las fuentes, o sobre el significante que se quiera tomar de las interpretaciones, es decir, importa más decir que se trata de fuentes superiores -eurocéntricas- que exponer lo que se interpreta como algo útil.

No se trata entonces de una alternativa dentro de los mismos paradigmas, el Análisis Interpretativo del Oprimido utiliza la alteridad, la aceptación de lo abismalmente negado, lo muerto dentro del epistemicidio, la identificación de las intenciones ideológicas colonialistas en la socialización de saberes, y la identificación de los acolchantes sociales que desvían los significados de las frases de lo que realmente se busca difundir, pero desde el paradigma descolonial latinoamericano.

Tabla 1. La interpretación dentro de los diferentes paradigmas.

PARADIGMA TRADICIONAL Y CRÍTICO	PARADIGMA DESCOLONIAL LATINOAMERICANO
Interpretación como técnica, como metodología y como filosofía	Interpretación como técnica, como metodología y como filosofía
CATEGORÍAS	CATEGORÍAS
Hermenéutica analítica	
Hermenéutica comparativa	
Hermenéutica filosófica (Gadamer)	
Hermenéutica diatópica (De Sousa)	Análisis Interpretativo del Oprimido (propuesta)
Hermenéutica de la duda (De Sousa)	
Hermenéutica crítica	
Hermenéutica analógica (Beuchot)	

Fuente: Elaboración propia del autor. 2023.

Tabla 2. Ubicación de los elementos del análisis interpretativo del oprimido dentro de los diferentes paradigmas.

ELEMENTOS UTILIZADOS POR EL ANÁLISIS INTERPRETATIVO DEL OPRIMIDO	PARADIGMA TRADICIONAL	PARADIGMA CRÍTICO	PARADIGMA DESCOLONIAL LATINOAMERICANO
Acolchantes, significados y significantes	Slavoj Žižek [10]		
Alteridad		Enrique Dussel [3]	
Analogía		Mauricio Beuchot [1]	
Autocolonización y autocensura	Fredric Jameson y Slavoj Žižek [14]		
Conversación diatópica		Boaventura De Sousa Santos (Raimon Pannikar) [5]	Gustavo Semprun [15]
Criterio de la duda		Boaventura De Sousa Santos [5]	
Epistemicidio		Boaventura De Sousa Santos [5]	
Ideología en la socialización de saberes, imperialismo	Slavoj Žižek Axel Kaizer [10]	Edgardo Lander [4] Ramón Grosfoguel [6;7]	
Negación abismal del conocimiento		Boaventura De Sousa Santos [5]	
Transcolonialidad		Enrique Dussel [3]	

Fuente: Elaboración propia del autor. 2023.

4. Conclusiones

El arte de interpretar ha sido denominado hermenéutica debido a un desplazamiento que persigue emular lo Occidental y extremar el plus de goce sensorial al manifestar que se está utilizando una herramienta, técnica, método y metodología filosófica acorde con el discurso hegemónico del momento, experimentando por un instante la sensación de uso de algo considerado sagrado.

La autocolonización imprime en los investigadores el deseo sublime de emular lo Occidental, surtiendo este un efecto de trauma que se debe atender buscando mantenerse acorde con el discurso hegemónico del momento, surgiendo entonces la autoregulación epistémica como un requisito culturalmente necesario para exteriorizar a los demás que se está en sintonía con la hegemonía y por ende recibir halagos al respecto.

Al hablar de hermenéutica se tributa cultural y académicamente a la hegemonía epistémica del momento, y cuando no se puede investigar desde el paradigma tradicional se busca el auxilio del paradigma crítico como alternativa válida desde las epistemologías del sur, con herramientas, técnicas, métodos y metodologías acordes con la necesidad de estudio.

Dentro del paradigma crítico se encuentra pendiente la tarea de encontrar el verdadero saber de nuestra identidad cultural del sur, es por ello que se plantea un nuevo comienzo desde el paradigma

descolonial latinoamericano, que toma en cuenta desde la transcolonidad los aportes del paradigma crítico y los amplía para favorecer aún más a los ignorados que vienen teniendo voz desde el paradigma crítico, pero procurando evitar socializar la ideología colonialista.

Dentro de una transcolonidad lo correcto no sería continuar interpretando considerando que existe alguien superior y alguien inferior, tampoco es que se busque colocarse en igualdades Occidentales, elementos que coexisten dentro del paradigma tradicional y el crítico, lo correcto dentro del paradigma descolonial latinoamericano es un punto de vista otro, con un campo de vista que comprende una cosmovisión más amplia que busca criticando el orden existente, generar cambios que apoyen la superación de las condiciones de los oprimidos, por ello se comienza a documentar el Análisis Interpretativo del Oprimido, que será llevado adelante por el intérprete descolonial latinoamericano.

El Análisis Interpretativo del Oprimido en cuanto a los significantes, significados y acolchantes se toman las ideas ampliándose ya no solo a ideas o porciones de una oración sino el conjunto completo de la obra que se busca analizar desde el punto de vista del oprimido, permitiendo identificar desde cada uno de los lados de la multiplicidad de polos el pensamiento colonialista, la autocolonización, la autoregulación epistémica, la transcolonidad aplicada desde la alteridad, la colonialidad del saber, para que aplicando la analogía en una lucha constante de unos contra los otros se identifiquen cada uno de los

elementos sin llegar a un consenso, sino más bien de resaltar las diferencias y abordarlas de manera que se beneficie a las clases oprimidas.

La autocolonización y autocensura son elementos que el intérprete descolonial latinoamericano conocerá y comprenderá al momento de presentar sus investigaciones más allá de los trabajos investigativos, artículos, ensayos y ponencias, por lo que mediante una conversación diatópica procurara la superación de dichas condiciones aplicando la duda a los planteamientos contra dialécticos que puedan surgir, buscando al mismo tiempo evitar el epistemicidio de las sociedades y sus saberes populares, y la continuidad en la socialización de ideologías colonialistas .

La ideología en la socialización de saberes y el imperialismo son elementos también visibles en el Análisis Interpretativo del Oprimido, las ideologías que buscan colonialismo abarcando todas las diferentes dimensiones sociales, las que estén directamente relacionadas con lo académico y las que no, el pensamiento colonialista en sus diferentes expresiones y que son identificadas apenas se socializan con lo que un intérprete descolonial latinoamericano no podrá ser abordado en este sentido, no se trata de una práctica que se realiza únicamente desde lo académico, sino que se trata de una estilo de vida que transforma a quien utiliza el Análisis Interpretativo del Oprimido y que puede identificar cuando se busca evitar emular lo que se considera superior, debido a la transcolonialidad.



La negación abismal del conocimiento no se realiza dentro del Análisis Interpretativo del Oprimido, más por el contrario se busca dar voz a los que se encuentran en la condición de oprimidos, aceptando sus saberes y sus formas de generarlos por lo que se suprime el epistemicidio, generando condiciones de transcolonialidad donde serán aceptadas las verdades de los oprimidos fuera de una acepción hegeliana que destruye las contradicciones, sino dentro de una analogía que mantiene vivas las diferencias dentro de una dialéctica que favorece a la sociedad oprimida.

Las alteridades en conjunto con la pedagogía del oprimido buscan crear un nuevo punto de vista donde las masas tengan conciencia de su realidad, a los fines que se comprometan en la transformación de sus realidades, pues la pedagogía del oprimido busca crear conciencia en búsqueda de la liberación, enseñando no solamente las letras, las palabras y las frases, sino lo más importante, la exposición de su realidad y la creación de una conciencia de liberación, por ello se viene postulando el tipo de investigación cualitativa a la hora de estudiar a los seres humanos y sus interrelaciones, más allá de una simple investigación cualitativa se hace necesario al mismo tiempo una investigación descolonial.

El Análisis Interpretativo del Oprimido consta inicialmente de cuatro fases no excluyentes de la anexión de más etapas en su documentación posterior: 1) El desglose de un todo en sus partes elementales, identificando los aspectos colonizantes, los significados, significantes y acolchantes, 2) La clasificación del todo en cada lado abismal del

conocimiento, por lo que se hace necesario explorar lo que no se dice en el texto, 3) El estudio de cada lado abismal del conocimiento alternando los puntos de vista, identificando y suprimiendo los acolchantes que desvían el significante de los términos, y 4) Interpretación desde el punto de vista del oprimido para asegurar que los resultados benefician más al oprimido y no fomenten la colonialidad del saber, ni sean influenciados por el colonialismo.

Las epistemologías del Sur ayudarán con sus innovadores planteamientos y teorías a consolidar el punto de vista del intérprete descolonial latinoamericano, así como, fortalecerán el paradigma descolonial latinoamericano desde las filosofías del Sur, elemento necesario como base para plantear una justificación, argumentación, y base conceptual de saberes pertinentes a la tarea de descolonizar el Sur en saberes para que pueda surgir lo propio, autóctono, identitario y soberano de los países del Sur.

El sublime objeto ideológico de emular lo Occidental, lo eurocéntrico, avala la censura epistémica de quienes ejercen autocolonización sobre la episteme de las investigaciones a desarrollarse en los países del Sur, se fundamenta como regla un resumen en inglés, para sentir este idioma que se tiene como superior, así como, se experimenta el plus de goce sensorial al codificar las preliminares investigativas en numeración romana, expandiendo el disfrute epistemicida al exigir una bibliografía, es decir, la connotación de que se utilizan libros que provienen del Occidente universal.

Son líneas de investigación pendientes que han pasado desapercibidas para los teóricos de las epistemologías del Sur, ya que se contempla la bibliografía acolchada histórica, social y trascendentalmente como el listado de libros que se utilizaron, desconociendo la intencionalidad de seguir el patrón de libros Occidentales que quedó luego de la independencia Suramericana de la corona española, casi desplazando la acepción de bibliografía al listado referencial de fuentes consultadas, tal y como ha sucedido con la interpretación desplazada por la acepción de hermenéutica.

5. Referencias

- [1] Beuchot, M. La hermenéutica analógica en la filosofía. Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía, vol. 2, núm. 1, enero-junio, 2009, pp. 13-22. Universidad Santo Tomás.
- [2] Quijano, P. Descolonizar y despatriarcar las tecnologías. Primera Edición. Gobierno de México: Centro de cultura digital; 2022.
- [3] Dussel, E. 20 tesis de política. Primera Edición. México: Siglo XXI: Centro de Cooperación Regional para la Educación de Adultos en América Latina y el Caribe, (Sociología y política), ISBN 968-23-2626-5. 2006.
- [4] Lander E. La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas latinoamericanas. Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. 2000.
- [5] Sosa Elízaga R, Topal A. Boaventura de Sousa Santos, Para descolonizar Occidente: más allá del pensamiento abismal, Buenos Aires, CLACSO/Prometeo Libros, Colección "Perspectivas", 2010, 139



pp. Estud. Latinoam. 2015;(36):141.
<http://dx.doi.org/10.22201/cela.24484946e.2015.36.52606>

[6] Grosfoguel R. Del imperialismo de Lenin al Imperio de Hardt y Negri: «fases superiores» del eurocentrismo. univ.humanist. 7 de abril de 2008; 65(65).
<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/univhumanistica/article/view/2239>

[7] Grosfoguel R. Racismo/sexismo epistémico, universidades occidentalizadas y los cuatro genocidios/epistemicidios del largo siglo XVI. Tabula Rasa. 2013;(19):31-58.
<http://dx.doi.org/10.25058/20112742.153>

[8] Wikipedia contributors. Falsacionismo [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Falsacionismo>

[9] Gutiérrez, E. Las colonialidades de la cultura jurídica vigente, [inédito]; 2022.

[10] Žižek, S. El sublime objeto de la ideología. 1ª. ed. Buenos Aires: Siglo XXI: Editores Argentina, 2003. pp.504.

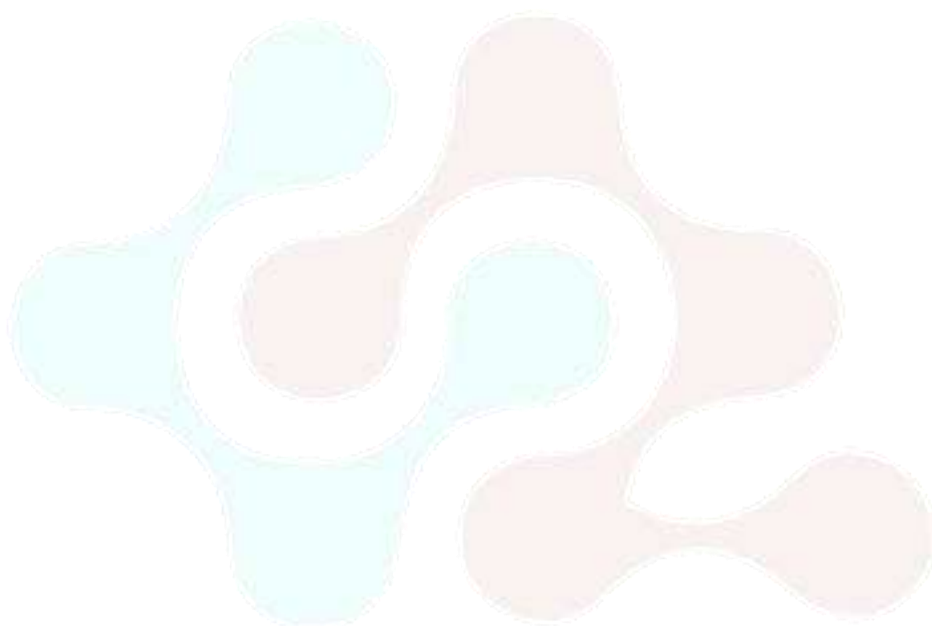
[11] Dorfman A., Mattelar A. Para leer al pato Donald: comunicación de masa y colonialismo. 1ª ed. 2 reimp. Buenos Aires, Argentina: Siglo veintiuno editores Argentina, ISBN 987-1105-09-6. 2005.

[12] Kaizer, A. La fatal ignorancia. La anorexia cultural de la derecha frente al avance ideológico progresista. Providencia, Santiago, Chile: Unión Editorial, fundación para el progreso. ISBN: 978-84-7209-644-8. 2014.

[13] Boaventura de Sousa Santos: Construyendo las Epistemologías del Sur Para un pensamiento alternativo de alternativas, Volumen I. CLACSO; 2019.

[14] Jameson, F. Žižek, S. Estudios Culturales. Reflexiones sobre el multiculturalismo. Traducción de Gustavo Macri, Buenos Aires: Paidós, 1998. pp. 137-188.

[15] Semprun G, Aspectos colonizantes en los programas de formación de grado estudios jurídicos. Colonialidad del saber y autocolonización, Ensayo propuesto para la revista Magistra, Tribunal Supremo de Justicia, Venezuela. 2022.





Artículo de divulgación

El discurso integracionista del siglo XIX como referente de construcción de una identidad cultural nuestroamericana

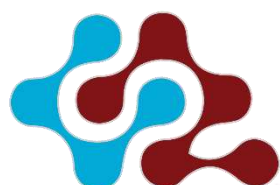
Fabiola Velasco Pérez^{1*} 

¹ Fundación Instituto de Estudios Avanzados (IDEA), Caracas, Venezuela.

Resumen

Concretar una identidad nuestroamericana es una de esas acciones pendientes dentro de la problemática de integración de las naciones de habla hispana del continente americano. Preguntarnos ¿qué somos?, ¿cómo nos vemos?, ¿cómo nos sentimos?, ¿cómo nos identificamos los unos con los otros?, a partir de la interpretación histórica de los procesos de construcción de la identidad dentro de la diversidad, podría orientar una visión “otra” de este problema, fundamentado sobre la base del pensamiento crítico impulsado por el grupo modernidad/colonialidad en busca de un giro descolonial en el discurso del reconocimiento y conocimiento del patrimonio cultural nuestroamericano “otro”, como categoría epistémica emergente, en lo que Walter Mignolo califica como el “paradigma otro”. Esta exploración crítica-documental, forma parte del progreso investigativo de la autora de este ensayo, llamado “Patrimonio cultural nuestroamericano otro, un constructo para la integración latinoamericana y caribeña”, que lleva adelante desde el programa de Ciencias de la Conservación de la Fundación Instituto de Estudios Avanzados (IDEA). En esta oportunidad, las reflexiones, se hacen a partir del análisis de la Carta de Jamaica escrita por Simón Bolívar en 1815 y Nuestra América, de José Martí redactada el 1891, con el sentido de entender como lo que visualizamos como nuestra identidad se ha racionalizado en buena medida, a partir de los discursos independentistas e integracionistas del siglo XIX, con una concepción marcadamente eurocéntrica moderna, que sin haberlo idealizado en su origen, se hace indiscutible que definieron parte la esencia de ser, sentir y existir como latinoamericanos y/o caribeños.

Palabras clave: Identidad; patrimonio cultural; nuestra América; memoria; integración



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 23 de mayo del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335610>

***Autor para**

correspondencia: Fabiola Velasco Pérez

e-mail:

fabiolavelascop.aula@gmail.com



Dissemination article

The integrationist discourse of the nineteenth century as a reference for the construction of a cultural identity of our America

Fabiola Velasco Pérez^{1*} 

¹ Fundación Instituto de Estudios Avanzados (IDEA), Caracas, Venezuela.

Abstract

Concretizing an American identity of ours is one of those pending actions within the problem of integration of the Spanish-speaking nations of the American continent. Ask ourselves what we are?, how do we see ourselves?, how do we feel?, how do we identify with each other?, from the historical interpretation of the processes of construction of identity within diversity, it could guide an "other" vision of this problem, based on the critical thinking promoted by the Modernity/Coloniality group in search of a decolonial turn in the discourse of recognition and knowledge of the cultural heritage of our American "Other", as an emerging epistemic category, in what Walter Mignolo calls the "other paradigm." This critical documentary exploration is part of the research progress of the author of this essay, called "Cultural heritage our American other, a construct for Latin American and Caribbean integration", which she carries out from the Conservation Sciences program of the Institute for Advanced Studies Foundation (IDEA). On this occasion, the reflections are made from the analysis of the Letter of Jamaica written by Simón Bolívar in 1815 and Our America, by José Martí written in 1891, with the sense of understanding how what we visualize as our identity has been rationalized to a large extent, from the independence and integrationist discourses of the nineteenth century, with a markedly modern Eurocentric conception, which without having idealized it in its origin, it becomes indisputable that they defined part the sense of being, feeling and existing as Latin Americans and / or Caribbeans.

Keywords: Identity; cultural heritage; our America; memory; integration



Received: May 15, 2023

Accepted: May 23, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335610>

***Corresponding author:**

Fabiola Velasco Pérez

e-mail:

fabiolavelascop.aula@gmail.com

1. Preámbulo

Es interesante enmarcar que las reflexiones que a continuación se van a expresar, suscitan como parte de la visualización de la problemática de la integración del sur del continente americano, a partir de la identidad como designio, donde los dos textos analizados, la Carta de Jamaica escrita por Simón Bolívar [1] en 1815 y Nuestra América, de José Martí [2] redactada en 1891, son contenidos cruciales de la historia continental, que describen y sancionan realidades políticas, culturales y sociales, que sirven para analizar los procesos e intentos integracionistas, que aún hoy en día no han concluido.

En este sentido, desde la lectura del texto: “La estrategia suramericana ante el nuevo orden mundial: La integración suramericana y defensa del patrimonio mundial y natural de la región” de Giovanny Márquez [3], como referente teórico de construcción dialéctica sobre los sentires y convicciones que él mismo expresa en su obra, esta visión histórica que se ensaya, puede coadyuvar a entender una fracción de la temática integracionista, que como lo señala: “Existe una raíz común vista desde una perspectiva cultural regional, fundamentada en la identidad y la memoria de los pueblos suramericanos que se conectan irremisiblemente (...)” Más adelante en el mismo texto, en cita de Báez en el 2008 [4], nos indican que la “identidad es inseparable de la enunciación de la cultura”, para entonces preguntar “¿Cuál es la identidad de América Latina? Y responde: lo que dice su memoria, no lo que aprueban sus olvidos” [3].

2. Arquitectura histórica de la identidad nuestroamericana

Dentro de los procesos históricos de un grupo social específico, la identidad cultural juega un papel importante, en la manera que esta agrupa los rasgos comunes que le dan un sentido de pertenencia y de reconocimiento entre pares. Es así como se propone entender que la identidad es un diseño, que se construye en el tiempo con un propósito e intenciones específicas. Además, como nos afirma Molano [5], “la identidad no es un proceso fijo, si no que se recrea individual y colectivamente, y se alimenta de forma continua de la influencia exterior”, por lo tanto, en este sentido se puede también considerar que “la identidad cultural de un pueblo viene construida, históricamente a través de múltiples aspectos en los que se plasma su cultura” [6].

Pensar en la idea que la identidad es modelada dentro de la dinámica de los procesos históricos que configuran las culturas, es entenderla desde otra perspectiva. En este sentido la propuesta del sociólogo chileno Larraín [7], afirma que “(...) el proceso de construcción de la identidad cultural debe entenderse como uno que no se detiene ni puede detenerse en alguna etapa histórica privilegiada. Se debe entender como un proceso discursivo que permite una variedad de versiones” y concepciones, donde la histórica puede lograr una comprensión más inclusiva de nuestra identidad, siempre y cuando “no esconda la diversidad cultural del continente” [7].

Es así como este mismo autor, nos propone la idea que “existe una cierta secuencia histórica en la construcción de la identidad cultural latinoamericana”, que se revelan en cuatro períodos de crisis histórica,

y se dice “crisis”, porque afirma que para entrar al tema de discusión sobre identidad es necesario que la misma entre en inestabilidad, en amenaza “al modo de vida tradicional” [7].

De este modo los períodos históricos identificados, según Larraín [7] son: 1) años críticos de la conquista invasora y la colonización, donde los pueblos naturales del continente pierden su libertad y su sentido de identidad original y definitivamente una nueva matriz cultural empieza, donde el indígena es “un otro” inferior en la visión del invasor; 2) la crisis de la independencia y período de la construcción de los estados nacionales a principios del siglo XIX, donde el impacto de la ilustración y el pensamiento racionalista moderno, realiza nuevas definiciones; 3) en el marco de la crisis de las guerras mundiales a principios del siglo XX, con el deterioro de la oligarquía de los terratenientes y la movilización de las clases medias y obreras que desafían el orden establecido y 4) a partir de la crisis de los años 70 del siglo XX que condujeron a golpes militares en varios países del Sur y del fracaso de los regímenes populistas, que condujeron al neoliberalismo de los 80 y 90, sin dejar afuera el orden de la globalidad dominado por la comunicación de masas, las tecnologías de información y comunicación, como también el intercambio acelerado de información que surge a partir del dominio de las llamadas redes sociales, posesionadas con más fuerza en lo que va de este siglo XXI.

En consecuencia, para poder orientar la intención de este análisis y sostener la importancia del pensamiento integracionista americano del siglo XIX, como uno de los posibles puntos de partida de construcción de una identidad nuestra, se resume lo siguiente:



“No cabe duda que la primera síntesis cultural producida en el encuentro original entre indios y españoles es muy importante, pero eliminó totalmente las diferencias culturales entre varios grupos étnicos, ni ha permanecido igual, al sufrir numerosas transformaciones, siendo el impacto del pensamiento ilustrado desde los tiempos de la independencia quizás la más importante” [7].

Es así como este ensayo se orienta en sustraer de la prosa de la Carta de Jamaica [1] y Nuestra América [2], algunas ideas que apunten hacia la caracterización de rasgos de una identidad nuestroamericana, modelada a partir del impacto de la usurpación del territorio por el imperio español en el siglo XVI, pero que en la época de “crisis” independentista, se ve conmovida con el propósito de fundamentar las acciones pertinentes de la liberación de nuestros pueblos.

Para ello es preciso tener en cuenta, aunque sea sucintamente, el contexto de crisis histórica que las definió, durante la larga empresa independentista en contra de la metrópoli, regida por el imperio español. Este importante período fue precedido por la independencia de Estados Unidos (1776) y por el pensamiento racional ilustrado, emergente a partir de la revolución francesa (1789), hechos históricos ambos, de gran impacto y referentes para lo que fue la idealización de los 20 actos de emancipación germinados durante el siglo XIX en nuestra América, siendo el primero en el de Haití en 1804 y el último en de Cuba en 1898, es decir un siglo de luchas y de construcción de Estados naciones soberanas.

En otro orden de ideas, se debe entender que la modernidad se trasladó como pensamiento hegemónico al territorio americano, siendo parte también del proceso de colonización, aún hoy día manifiesto. Para reforzar

esta idea, es justo apoyarnos en lo que afirma Quijano [8] y Dussel [9] del grupo modernidad / colonialidad, en obra citada por Mignolo [10], en su crítica al eurocentrismo, donde sostienen que “la superioridad que es asignada al pensamiento europeo (...) fue un aspecto importante de la colonialidad del poder en el sistema mundo”, que se instala en América desde el siglo XVI y que en el siglo XIX continúa dominando bajo los preceptos epistémicos de la modernidad, propiciando todo un movimiento independentista, que modifica el discurso de poder en su esencia humanística, entre otros.

3. La visión, el sueño y el ideal de la Patria Grande

El sueño de la Patria Grande, el gran sueño de Bolívar, sancionado en la Carta de Jamaica (1815), también fue ideal de integración en la mente visionaria de Francisco de Miranda, a finales del siglo XVIII. Más adelante, en tiempo, a finales del siglo XIX, surge de la prosa sedosa de José Martí el significado y esencia de “Nuestra América”, con mirada renovada en sentimiento de “lo nuestro”. Aunque en esta oportunidad solo será referencia la Carta de Jamaica de Bolívar (1815) [1] y Nuestra América de Martí (1891) [2], para la construcción de una posible representación de identidad nuestroamericana, es imprescindible, aunque sea breve, hacer mención al pensamiento de Miranda como precursor de este constructo dentro de su discurso integracionista:

“Miranda configura una visión particular de América (Colombia) en la que se evidencia por vez primera, la existencia de una identidad histórica y cultural que entrelaza a todos los pueblos iberoamericanos,



los cuales pertenecían para el final del siglo de las luces, al corroído imperio español. La identidad cultural representaba entonces, un tipo de unidad simbólica y material entre pueblos que compartían una misma circunstancia política e histórica. Por lo tanto, cualquier respuesta de emancipación debía adelantarse de manera mancomunada, en razón de mantener la fortaleza que proporcionaba la unidad en sí misma” [11].

Del discurso Mirandino, que bien analiza la historiadora Carmen Bohórquez [12] en su texto “Francisco de Miranda, precursor de las independencias de América Latina”, esta autora precisa que “tanto Miranda como para los ideólogos posteriores”, el problema esencial de identidad, “será siempre el de la constitución del sujeto histórico del discurso emancipador y, en consecuencia, de la legitimación misma de la Independencia”. Aunque no se llega a definir exactamente las características de este sujeto histórico, queda claro que: “el mestizaje parece mostrarse como la respuesta más adecuada al problema de identidad, (...)” [12], en conjunto con el imaginario religioso y el lenguaje como componentes de unión de la sociedad nuestra americana de su época.

Dentro de esa atmosfera política y social, ya estimulada por Miranda, Bolívar inicia su lucha por la emancipación, dentro de un continente movido por la fuerza profunda de cambios, absorbida por las corrientes del pensamiento moderno. “Martí, por su parte, fue continuador de esa propuesta continental” [13].

En relación a las corrientes del pensamiento, Locke, Voltaire, Montesquieu y Rousseau, entre otros, serían las lecturas de Miranda, Bolívar y Martí, cada uno en su tiempo. Estos pensadores son para la



época los arquitectos de un modelo de sociedad basada en principios y valores tales como: la igualdad, justicia, solidaridad y libertad, preámbulo de las democracias modernas [11], pero también forman parte del sistema de valores que fueron construyendo una identidad cultural de carácter espiritual, redefinidos a través de una lengua común, de una particularidad en las relaciones sociales y en la religiosidad.

4. El discurso de la Carta de Jamaica y Nuestra América: designios de identidad

Esta propuesta de futuro, en la que se configuró La Carta de Jamaica, aunque inicialmente fuese solamente una respuesta a Henry Cullen, “un caballero de la isla”, fechada 6 de septiembre de 1815, contiene dentro de ella significados múltiples. No solo concibe la independencia de las naciones hispanoamericanas, sino también su unidad política. “Su proyecto consistía en el logro de la autonomía” [13].

Visualiza el continente como un solo país, “tan inmenso, variado y desconocido como el Nuevo Mundo” [1], aunque el mismo Bolívar reconoce que no posee la suficiente información para describirlo en un todo: “El mismo barón de Humboldt, con su universalidad de conocimientos teóricos y prácticos, apenas lo haría con exactitud” [1]. Es atrayente iniciar la lectura de la carta, a través del reconocimiento del territorio como destino de la identidad, porque a partir de este se empieza a configurar una cultura, aunque esta sea trasladada de Europa y forcejada con las culturas ancestrales que tendían para el



momento a desaparecer. El resultado cultural sobre esta tierra fue un producto único, que bien Martí lo interpreta:

“Éramos una visión con el pecho de atleta, las manos de petimetre y la frente de niño. Éramos una máscara, con los calzones de Inglaterra, el chaleco parisiense, el chaquetón de Norteamérica y la montera de España. El indio, mudo, nos daba vueltas alrededor y se iba al monte, a la cumbre del monte, a bautizar a sus hijos. El negro, oteado, cantaba en la noche la música de su corazón, solo y desconocido, entre las olas y las fieras. El campesino, el creador, se revolvía, ciego de indignación, contra la ciudad desdeñosa, contra su criatura. Éramos charreteras y togas, en países que venían al mundo con la alpargata en los pies y la vincha en la cabeza” [2].

Este conjunto oprobioso que describe Martí, desglosa una suma de características impuestas como un laberinto de virtudes y vergüenzas a la vez, que configuran la complejidad de una identidad extendida desde su origen.

En ese presentir la suerte futura del “Nuevo Mundo”, Bolívar visualiza también una imagen de lo que pudiéramos ser: “Nosotros somos un pequeño género humano; poseemos un mundo aparte, cercado por dilatados mares, nuevo en casi todas las artes y ciencias, aunque en cierto modo viejo en los usos de la sociedad civil” [1]. En esta mirada la identidad se ve representada como una experiencia nueva, única porque se relaciona a la idea de cultura eurocentrista y se mide en el tiempo de la llamada historia universal, aunque más adelante se señala la presencia del indio a quienes los reconoce como los legítimos amos de estas tierras, pero con ciertas connotaciones poco precisas:



“(…) no somos indios ni europeos, sino una especie media entre los legítimos propietarios del país y los usurpadores españoles; en suma, siendo nosotros americanos por nacimiento y nuestros derechos los de Europa, tenemos que disputar estos a los naturales los títulos de posesión y de mantenernos en el lugar que nos vio nacer, contra la oposición de los invasores; así, así nos hallamos en el caso más extraordinario y complicado, (...)” [1].

Se refleja en el discurso, con pesar, que la identidad ya viene con una carga negativa, con incertidumbre para definirla, por lo que se puede traducir que es una identidad sujeta a un proceso de transculturación, que bien define Malinowski [14], en la introducción del libro de Fernando Ortiz (1983), Contrapunteo cubano del tabaco y del azúcar [15], donde explica que, la transculturación “es un proceso en el cual siempre se da algo a cambio de lo que se recibe; es un «toma y daca» (...)”, lo que para el caso de lo que describe Bolívar [1] en su carta es un hecho, al afirmar que somos una especie media, en “un proceso en el cual emerge una nueva realidad, compuesta y compleja; una realidad que no es una aglomeración mecánica de caracteres, ni siquiera un mosaico, sino un fenómeno nuevo, original e independiente.”, lo que Bolívar para el caso, diagnóstica como una situación extraordinaria y compleja.

Más adelante, Bolívar en su utópica sociedad futura, dentro de la idea de integración de las naciones y sus territorios considera que “un estado demasiado extenso en sí mismo o por sus dependencias, al cabo viene en decadencia (...)” [1], por lo que su propuesta reivindica la división territorial, en estados independientes. Esta visión fragmentada del territorio anula la idea de una sola nación y de una sola identidad cultural. De este pensamiento surge entonces la configuración de la

Gran Colombia, que fue visto por Bolívar como la cristalización del sueño integracionista, en una porción de la América hispana:

“La Nueva Granada se unirá a Venezuela si llegan a convenirse en formar una república central, cuya capital sea Maracaibo, (...). Posee un clima puro y saludable, (...). Los salvajes que la habitan serían civilizados y nuestras posesiones se aumentarían con la adquisición de la Goajira. Esta nación se llamaría Colombia como tributo de justicia y gratitud al creador de nuestro hemisferio. Su gobierno podrá imitar al inglés; con la diferencia de que en lugar de un rey habrá un poder ejecutivo (...)” [1].

Pero a la vez se muestra, como señala Bohórquez [11], en sus estudios sobre Miranda, que existe una ambigüedad del pensamiento, donde Bolívar al igual que Miranda, aceptan la existencia del Nuevo Mundo a partir de la apropiación del continente por parte de las colonias europeas, así como rasgos de identidad valorados sobre exactitudes foráneas.

“(...) valoriza el hecho del descubrimiento, y, por lo tanto, el hecho de la creación de América por parte de España. Pero esa, es una ambigüedad que constituirá un problema que ni la generación de Miranda ni la de Bolívar, estarán en capacidad de resolver completamente” [12].

En todo caso en el discurso de la Carta de Jamaica se refleja la denuncia al orden establecido, a la subordinación en la que han vivido los pueblos de América y como parte de una sentencia, Bolívar propone:

“Es una idea grandiosa pretender formar de todo el Mundo Nuevo una sola nación con un solo vínculo que ligue sus partes entre sí y con el todo. Ya que tiene un origen, una lengua, unas costumbres y una religión, debería, por consiguiente, tener un solo gobierno que



confederase los diferentes estados que hayan de formarse; más no es posible, porque climas remotos, situaciones diversas, intereses opuestos, caracteres desemejantes, dividen a la América” [1].

Hibridación, mestizaje y transculturación resumen el sentido de reconocer un origen común de la cultura de la metrópoli como dominante, pero que, a través de visiones de origen local, que configura una cultura diversa. Como lo puede suscribir, Rincón y Vega en su ensayo “La identidad Nuestroamericana: origen ideológico y perspectivas” [13]:

“José Martí, al igual que Bolívar, formuló un proyecto latinoamericano, “Nuestra América”, su ensayo, guarda paralelismo con la Carta de Jamaica de Bolívar, al insistir en la necesidad de un pensamiento propio. Consideraba que las ideas que llegaban del exterior eran provechosas, siempre que no se las inscribiera en la realidad latinoamericana como una copia al carbón; enfatizando en lo imprescindible de la originalidad (...) Planteaba, así, la autenticidad como el primer deber del ser latinoamericano. En este sentido, era fundamental un cambio de actitud, una manera distinta de ver y sentir nuestro mundo, para lograr la revolución” [13].

El llamado de Martí es mucho más preciso en reflejar la necesidad de construir un cambio en busca de elementos propios que defina el “que somos”, visto desde adentro, desde el hombre natural como él lo llamó:

“Por eso el libro importado ha sido vencido en América por el hombre natural. Los hombres naturales han vencido a los letrados artificiales. El mestizo autóctono ha vencido al criollo exótico. No hay batalla entre la civilización y la barbarie, sino entre la falsa erudición y la naturaleza.

(...) Con los pies en el rosario, la cabeza blanca y el cuerpo pinto de indio y criollo, venimos denodados, al mundo de las naciones” [2].

En este sentido, se encuentra en el discurso de Martí otro ánimo, que acrecienta la necesidad de construir una identidad a partir de nosotros mismos, de nuestra propia realidad y con orgullo. “Usar el aporte de otras latitudes no para repetirlo mecánicamente, sino para ahondar en nuestra propia identidad es la exigencia insistente de Martí; (...) tanto en el campo de las ciencias, de las letras y de las artes” [16]. Entonces directamente en la prosa de Martí se puede concretar que:

“(…), el deber urgente de nuestra América es enseñarse como es, una en alma e intento, vencedora veloz de un pasado sofocante, manchada sólo con sangre de abono que arranca a las manos la pelea con las ruinas, y la de las venas que nos dejaron picadas nuestros dueños. (...) No hay odio de razas, porque no hay razas (...), la identidad universal del hombre. El alma emana, igual y eterna, de los cuerpos diversos en forma y en color” [2].

Identidad universal, la igualdad dentro de la diversidad, es el constructo propuesto por Martí, considerado como “trabajo pionero en torno a la creación de las condiciones históricas para que el pueblo latinoamericano tomara conciencia de su derecho a ser libre y a tener una identidad propia” [13].

Dentro de esta misma espiral de resistencia y de autodeterminación encontramos sumados los derechos de entender nuestra identidad cultural, con la premura que ya Martí [2] invocaba, “Los pueblos que no se conocen han de darse prisa para conocerse, como quienes van a pelear juntos (...)” Es fundamental entendernos, sentirnos hijos de nuestra América. Reconocernos latinoamericanos, hispanoamericanos,



iberoamericanos, caribeños, afroamericanos o simplemente americanos, todos de una misma tierra sin límites virtuales, de frontera abierta a la suerte de las bondades y características del territorio, es un asunto pendiente en la reivindicación de la problemática de la integración.

Volviendo al camino de la historicidad de la identidad nuestroamericana, Larraín a través de su interpretación del discurso de Pedro Morandé argumenta que, para entender la síntesis cultural nacida, no solo basta entender la dialéctica del amo y del esclavo como ruptura original de esta, si no que sostiene:

“La tesis es, entonces, que América Latina sufre desde su independencia una ruptura cultural: su verdadera identidad no es reconocida por sus propias élites, y el modelo racional iluminista adoptado por ellas no es sólo enteramente diferente, sino que también totalmente opuesto a su verdadera identidad (...)” [7].

Como nos advierte Morandé, a través de Larraín, la verdadera “identidad cultural latinoamericana es fundamentalmente antimoderna” [7], porque se constituyó antes que la modernidad ilustrada asimilada por las élites del siglo XIX, utilizara la razón como un asunto de vanguardia. En este sentido en el discurso de Martí encontramos dos elementos fundamentales que se oponen a esta idea de sumisión ante la modernidad del XIX, como lo es el tema de los valores, específicamente el referido a la vergüenza:

“Si son parisienses o madrileños, vayan al Prado, de faroles, o vayan al Tortoní, de sorbetes. ¡Esos hijos de carpintero, que se avergüenzan de que su padre sea carpintero! ¡Estos nacidos en América, que se avergüenzan, porque llevan delantal indio, de la madre que los crio,

y reniegan, ¡bribones!, de la madre enferma, ¡y la dejan sola en el lecho de las enfermedades! Pues, ¿quién es el hombre? ¿El que se queda con la madre, a curarle la enfermedad, o el que la pone a trabajar donde no la vean (...) maldiciendo del seno que lo cargó, paseando el letrero de traidor en la espalda de la casaca de papel? (...)” [2].

Por otro parte deja claro que el orgullo, como otro valor fundamental, refuerza la identidad nuestra americana como la clave del triunfo de la libertad de los pueblos:

“(...) ¿Ni en que patria puede tener un hombre más orgullo que en nuestras repúblicas dolorosas de América, levantadas entre las masas mudas de indios, al ruido de pelea del libro con el cirial, sobre los brazos sangrientos de un centenar de apóstoles? (...)” [2].

Los discursos de Bolívar y Martí, precipitan la crisis de los patrones culturales, se enfrentan con realidades de dominio hegemónico, por Europa a principios del siglo XIX, influenciado por la religión y el racismo, y por Estados Unidos a finales del mismo siglo dominado por las nuevas ideas en la razón y el liberalismo donde “América Latina tenía que ser civilizada y sus rasgos culturales atrasados y bárbaros erradicados” [7], bajo la premisa del “orden y progreso” como una nueva forma de coloniaje que subyace en el inconsciente del ser nuestro americano.

5. Nuevos designios: nuevas dinámicas reconstructivas de una identidad nuestroamericana

El tiempo presente nos exige un pensamiento renovado e innovador, desde la reflexibilidad profunda del conocimiento, para esto Márquez [3] nos dice:

“He conseguido deducir que solo conociéndonos podemos pensar nuestras relaciones sociales y de allí estructurar un conjunto de rasgos que permitan distinguir entre: lo que nos pertenece y es externo, es decir, definir lo que forma parte y lo que no forma, para elaborar un concepto central y orientar fuerzas, procedimientos y recursos cooperantes y estructurar plan de acciones de supervivencia colectiva en la región suramericana, así como precisar las amenazas y obstáculos con el fin de fortalecer técnica y teóricamente robustecer con argumentos y fundamentos epistemológicos y jurídicos para la conservación del gran plan suramericano integracionista para la defensa y protección del patrimonio cultural y natural de la región”.

Desaprender para aprender será lo justo y necesario para vislumbrar la idea de una identidad nuestroamericana renovada o mejor conceptualizada, que rompa con la concepción que se tiene de ello desde el pensamiento moderno, que como ya se ha sugerido consolida su concepción a partir de los discursos integracionista del siglo XIX.

Ahora, el siglo XXI, se ha trazado algunos retos como el de redimensionar la relación entre sujeto-territorio y una de las corrientes más innovadoras en pensamiento es el del Grupo



Modernidad/Colonialidad, igualmente conocido como proyecto descolonial, proyecto de la modernidad-colonialidad o más problemáticamente, como teoría post occidental. En este sentido esta base epistemológica emergente desde la década de los años 70 del siglo pasado, constituye una excepcional expresión de la teoría crítica contemporánea estrechamente relacionado con las tradiciones de las ciencias sociales y humanidades de América Latina y el Caribe.

Como lo presentan los profesores Restrepo y Cabrera en su curso de la cátedra Florestán Fernandes, Pensamiento decolonial: teoría y crítica desde América Latina [17], esta teoría es oportuna en la formulación de una crítica a la integración de nuestros pueblos:

“(...) dado su profundo poder de crítica a los paradigmas dominantes al proponer otros principios de inteligibilidad de la historia y del presente, de las jerarquías naturalizadas de los conocimientos, de los silenciamientos constitutivos de las narrativas y tecnologías de intervención modernas, de las corporalidades, subjetividades y agencias. Este proyecto constituye una naciente perspectiva analítica para comprender de otros modos algunas de las problemáticas que enfrenta América Latina y el Caribe como la globalización (colonial), la corporativización de las políticas e instituciones de producción, distribución y recepción de conocimientos dominantes en las ciencias sociales, las articulaciones de los imaginarios y acciones colectivas que trasciende las formaciones nacionales”.

En este sentido, en la investigación que adelanta la autora de este ensayo, se pretende iniciar la construcción de categorías epistémicas emergentes que tal vez puedan otorgarle a esta propuesta una “identidad latinoamericana otra”, dentro de lo que Mignolo [18], califica

como el “paradigma otro”, es decir, “la diversidad (y diversalidad) de formas críticas de pensamiento analítico y de proyectos futuros, asentados sobre las historias y experiencias marcadas por la colonialidad más que por aquellas, dominantes hasta ahora, asentadas sobre las historias y experiencias de la modernidad”.

El horizonte se vislumbra con una diversidad grandiosa, con la necesidad de entretelar sus relaciones de encuentro y sus caminos paralelos. A su vez de poder construir una “identidad nuestroamericana otra”, a partir de las bases históricas precedentes y sobre la base de las realidades culturales comunes y no comunes, dentro de una nueva escala de valores, que sin vergüenza y con orgullo, se reconozca una diversidad consensuada como parte de un logro más que se suma a las metas idealizadas de la integración de los países latinoamericanos y caribeños, reconocidos como fuerzas de emancipación y soberanía territorial.

Preguntarse y repreguntarse: ¿qué somos?, ¿cómo nos vemos?, ¿cómo nos sentimos?, ¿cómo nos identificamos los unos con los otros?, a partir de la interpretación histórica de los procesos de construcción de la identidad dentro de la “diversalidad”, es el desafío que se espera prescribir durante este período histórico que toca construir durante este siglo XXI emergente, llamado a emprender los cambios necesarios que demanda nuestra América.

4. Conclusiones

Entre los discursos integracionistas de la Carta de Jamaica (1815) y Nuestra América (1891) transcurren 76 años, entre la concepción de uno con respecto al otro, espacio-tiempo histórico donde se logra la independencia de la mayoría de las naciones hispanohablantes del continente americano. Durante este lapso, que es el recorrer prácticamente de todo el siglo XIX, cada nación emancipada continúa su prolegómeno histórico casi de manera independiente, lo que da paso a versiones reencarnadas de una identidad en proceso continuo de reedición, a partir de una historia común, como lo fue la invasión del territorio desde el siglo XVI y la transculturación de lo propio originario. Igualmente, las historias locales, durante este período seguirán siendo colonizadas desde el pensamiento moderno, por lo que en el sujeto histórico dueño de una identidad nuestro americana, presume de una carga significativa de esta forma de pensamiento hegemónico, que se refleja en estos discursos encarnados con ideas de libertad e identidad.

La Carta de Jamaica de Bolívar [1], se enfoca en un ideario por cumplir, como lo fue la gesta independentista y Nuestra América de Martí [2], es una reflexión sobre lo alcanzado de esta emancipación geopolítica nuevamente amenazada por el imperio del Norte. Ambas propiciaron el legado de construcción del sujeto histórico nuestroamericano, que continúa emancipado, que une a los habitantes de nuestra América, a través de una lengua que, aunque no siendo originaria del territorio, se reconoce como el principal factor común reconocimiento, por lo que

representa en el tema de la identidad, una herramienta vital de comunicación, entendimiento y reconocimiento.

Mantenemos un eje común construido por la historia, la lengua y los sentires. Nos divide un territorio, por su variabilidad de paisajes, geomorfología y climas. Nos une la cultura hegemónica colonizadora, nos hace diferentes la variedad y riqueza de las culturas ancestrales de los pueblos originarios de esta América y las importadas de las tierras hermanas de África.

América crece con el signo de la opresión, del desprecio por lo que era, con la imposición de culturas ajenas. Categorías como latinoamericano, hispanoamericano, iberoamericano, panamericano, afroamericano, han sido utilizadas para definir lo nuestroamericano. Cada una tiene una connotación específica con el objeto de individualizar lo que somos, y por lo general términos usados de forma peyorativa, para descalificar nuestra esencia de origen, transformación y realidad objetiva de una cultura que se muestra poderosa en el sentido mismo de su existencia a través de la resistencia y la resiliencia, como virtudes de conservar la mixtura de cada uno de los rasgos culturales que integran el sentimiento de identidad de una porción del continente Americano de habla española.

Buscar el referente de nuestra americanidad en el origen y en el transcurrir de su historicidad, forma parte del derecho de entender y construir una identidad propia, que le puede otorgar al ser social la reconstrucción de una escala de valores sociales y personales que le den el verdadero sentido de pertenencia a su vida. Por lo tanto, la pregunta no solo queda con la intención de responder ¿qué somos?, sino también en definir o construir ¿qué es lo que queremos ser?,

donde el pasado es la reserva de los saberes y el futuro el proyecto por construir.

El referente de la identidad nuestroamericana “otra”, no debe ser ubicada en oposición de lo “nuestro” a “ellos” o a los “otros”, que posee identidades no tanto diferentes que como diversas, es decir lo “nuestro” dentro de una renovada “otra” concepción histórica de la identidad cultural, que como dice Larraín, no “esconda la diversidad cultural del continente” [7].

La identidad nuestroamericana está y estará en constante proceso de construcción y reconstrucción, por lo que los referentes históricos de la modernidad, como común denominador, serán el sustrato de nuevos paradigmas emergentes que reconozcan la identidad “otra”.

Para no dejar de deleitarnos de la prosa de Martí, no remitimos al cierre de su documento, Nuestra América, donde nos dice que “pensar es servir”:

“¡Porque ya suena el himno unánime; la generación actual lleva a cuentas, por el camino abonado por los padres sublimes, la América trabajadora; del Bravo a Magallanes, sentado en el lomo del cóndor, regó el Gran Semí, por las naciones románticas del continente y por las islas dolorosas del mar, ¡la semilla de la América nueva!” [2].

5. Referencias

[1] Bolívar S. Carta de Jamaica. Comisión Presidencial para la conmemoración del bicentenario de la Carta de Jamaica. República

Bolivariana de Venezuela: Colección Unidad Nuestra americana. 1815 - 2015.

[2] Martí J. Nuestra América. República Bolivariana de Venezuela: Fundación Biblioteca Ayacucho. 1891 - 2005.

[3] Márquez G. La estrategia suramericana ante el nuevo orden mundial: La integración suramericana y defensa del patrimonio mundial cultural y natural de la región. Ediciones Astro Data. 2020.

[4] Báez F. El saqueo cultural de América latina. De la colonización a la globalización. Colección Debate. Editorial Melvin, C.A. Venezuela. 2008.

[5] Molano O. Identidad cultural un concepto que evoluciona. Revista Ópera. 2007; 69-84.

[6] Varas IG. Patrimonio cultural. Ediciones Cátedras; 2000.

[7] Larraín J. La identidad latinoamericana. Teoría e Historia. Revista Estudios Públicos.; 55: 1994, 31-64.

[8] Quijano A. Colonialidad y Modernidad/Racionalidad. En Heraclio Bonilla (comp.). Los conquistados. 1492 y la población indígena de las Américas. Quito: Libri Mundi, Tercer Mundo. Perú Indígena, Vol. 13, n° 29; p. 11-20. 1992.

[9] Dussel E. Siete ensayos de filosofía de la liberación. Hacia una fundamentación del giro descolonial. Colección Estructuras y Procesos. Serie Filosofía. Editorial Trotta. Madrid. 2020. <https://books.google.co.ve/books?hl=es&lr=&id=UIfTDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=giro+decolonial+dussel+pdf&ots=OSCgMAiv5B&sig=VNBMA-oUWsieXUEzg5lxpS9BxU8#v=onepage&q&f=false>

[10] Mignolo W. El pensamiento des-colonial, desprendimiento y apertura: un manifiesto. *Revista Telar* ISSN 1668-3633, (6), 2007; 7-38.

[11] Villasmil J; Berbesi, L. La unidad americana en el discurso Mirandino. *Ensayos Históricos*. 2009; 21(21).

[12] Bohórquez C. Francisco de Miranda. Precursor de las independencias de América Latina [Internet]. Caracas: El Perro y la Rana Ediciones. 2006.



- [13] Rincón L; Vega, H. La identidad Nuestroamericana: origen ideológico y perspectivas. Revista de estudios latinoamericanos. Tierras de Nuestra América.; 25(47). 2009.
- [14] Malinowski B. La transculturación, su vocablo y su concepto. Revista Bimestre Cubana. 1940; 46(2).
- [15] Ortiz F. Contrapunteo cubano del tabaco y el azúcar: Advertencia de sus contrastes agrarios, económicos, históricos y sociales, su etnografía y su transculturación. Ediciones Catedra S.A; 2002.
- [16] Mora A. La identidad de Nuestra América. Heredia: Cuadernos Prometeo/EUNA. 2001.
- [17] Restrepo E. Cabrera, M. Pensamiento decolonial: teoría crítica desde América Latina [Internet]. 2007. Disponible en: [www.ram-wan.net/restrepo/.../antropologia% 20](http://www.ram-wan.net/restrepo/.../antropologia%20)
- [18] Mignolo W. Historias locales/diseños globales. Colonialidad, conocimientos subalternos y pensamiento fronterizo. La Villa y Corte de Madrid, España: Ediciones Akal; 2003.



Artículo de investigación

Valoración de la calidad y origen del cacao fino de aroma venezolano

Clímaco Álvarez^{1*} , Elevina Pérez² , Geovanny Silva³ , Nancy Silva⁴ , Angélica Pavani⁵ .

1 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Miranda, Venezuela. **2** Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. **3** Presidencia, Corporación Socialista del Cacao Venezolano, Caracas, Venezuela. **4** Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. **5** Corporación Cacao San Francisco S. A., Miranda, Venezuela

Resumen

Los atributos de calidad que caracterizan un buen cacao, dependerá de las buenas prácticas de manejo pre y poscosecha, origen genético y de su transformación. La selección del tipo de cacao y la fermentación son los factores principales que influyen en la calidad sensorial del producto final, ya que, durante dicho proceso, son desarrollados los precursores del sabor en el chocolate. Los objetivos del trabajo consistieron en valorizar la calidad física y sensorial de muestras de granos de cacaos fermentados y secos de diez regiones de Venezuela. La formación de los productores para la consignación de muestras fue realizada mediante el manual de criterios para la selección de muestras con fines de calidad, COVENIN y manual internacional del aseguramiento de la calidad y sabor del cacao. Las muestras mostraron una variabilidad en la humedad de 6,1-7,7 %; índice de fermentación entre 75-90 %; el conteo por 100 gramos, varió de 59-83 granos; con diferentes granos de color violeta y defectos físicos dentro de los rangos establecidos por las normas. El largo, ancho y espesor estuvo comprendido de 2,27 a 2,60 cm, 1,22 a 1,41 cm y 0,83 a 0,95 respectivamente. Los perfiles sensoriales de la pasta, revelaron notas específicas a cacao, frutal, floral, madera, chocolate, nueces, dulces con atributos negativos de amargor, astringencia, mohos, pútrido en algunas muestras. Se concluye que los perfiles de sabor-aroma de diez regiones cacaoteras venezolanas, son resultados del adecuado manejo poscosecha del cacao según el tipo, origen y de las condiciones donde crece el cultivo.

Palabras clave: Atributos; Cacao; Fermentados; Perfiles sensoriales.



Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 9 de junio del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335701>

***Autor para correspondencia:** Clímaco Álvarez
e-mail:
climacoa@hotmail.com



Research article

Assessment of the quality and origin fine aroma cocoa Venezuelan

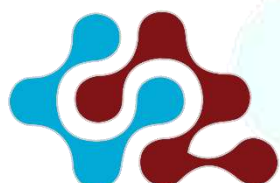
Clímaco Álvarez^{1*} , Elevina Pérez² , Geovanny Silva³ , Nancy Silva⁴ , Angélica Pavani⁵ .

1 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Miranda, Venezuela. 2 Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 3 Presidencia, Corporación Socialista del Cacao Venezolano, Caracas, Venezuela. 4 Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 5 Corporación Cacao San Francisco S. A., Miranda, Venezuela

Abstract

The quality attributes that characterize a good cocoa depend on good pre and post-harvest handling practices, genetic origin and its transformation. The selection of the cocoa type and fermentation are the main factors that influence the sensory quality of the final product, since, during this process, the flavor precursors in chocolate are developed. The objectives of the work consisted in valuing the physical and sensory quality of samples of fermented and dry cocoa beans from (10) ten regions of Venezuela. The training of the producers for the consignment of samples was carried out through the manual of criteria for the selection of samples for quality purposes, COVENIN and the international manual for quality assurance and cocoa flavor. The samples showed variability in the humidity of 6.1-7.7 %; fermentation rate between 75-90 %; the count per 100 grams varied from 59-83 grains; with different purple grains and physical defects within the ranges established by the standards. The length, width and thickness ranged from 2.27 to 2.60 cm, 1.22 to 1.41 cm and 0.83 to 0.95 respectively. The sensory profiles of the paste revealed specific notes of cocoa, fruit, floral, wood, chocolate, nuts, sugar with negative attributes of bitterness, astringency, mold, putrid in some samples. It is concluded that the flavor-aroma profiles of ten Venezuelan cocoa regions are results of adequate post-harvest handling of cocoa according to the type, origin and conditions where the crop grows.

Keywords: Attributes; Cocoa; Fermented; Sensory profiles.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Received: May 15, 2023

Accepted: June 9, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335701>

***Corresponding author:**

Clímaco Álvarez

e-mail:

climacoa@hotmail.com



1. Introducción

Las buenas prácticas de poscosecha son descritas por Aguilar [1], como un conjunto de actividades que van desde la clasificación y selección de las mazorcas cosechadas, partida o desgrane (degullado), extracción de las semillas frescas, fermentación, secado, acondicionamiento, limpieza, empaque y transporte del grano seco de cacao. Pérez *et al.*, [2] definen a estas actividades, como el beneficio poscosecha del cacao, como toda operación a la que se debe someter el producto agrícola (semilla de cacao) para convertirlo en un artículo comercializable (granos y derivados). Los productos obtenidos deberán cumplir con criterios de calidad físico-química, sensorial, nutricional y de inocuidad, determinantes en la aceptación final de éstos, por parte del consumidor [3].

La determinación de los atributos de calidad del cacao y derivados, deberá cumplir con las normativas y regulaciones de exportación, los cuales son dependientes de la tecnología poscosecha empleada y de transformación, con una marcada influencia de la región de origen y tipo de material genético [4]. Venezuela se caracteriza por la diversidad de plantaciones de cacao que producen almendras catalogadas como “Cacaos Finos de Sabor y Aroma” con marcadas variaciones genotípicas y fenotípicas según la región [5].

La fermentación constituye una etapa trascendental en el procesamiento o beneficio poscosecha de los granos de cacao, ya que es en este proceso donde ocurre la formación de los precursores del aroma y sabor característico a chocolate, el cual se potencia o se

manifiesta durante el tostado. Durante el proceso, se producen cambios físicos y químicos en los granos de cacao debido a los procesos bioquímicos que se suscitan por la actividad microbiana en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, en una sucesión ecológica o intraversional [2]. Esta actividad fomenta el desarrollo de aquellos compuestos químicos precursores que continuarán formándose durante el secado y tostado de los granos y que serán los responsables del sabor final en el chocolate.

Durante la etapa de secado natural al sol, se completa el proceso oxidativo iniciado durante la fermentación; jugando un rol importante en la reducción de la astringencia, amargor y acidez de los granos. Los granos desarrollan una coloración marrón, la cual es producto de las reacciones de condensación entre quinonas y proteínas después de la oxidación enzimática de los polifenoles [6]. De allí, la importancia de generar los protocolos de fermentación y secado en cada una de las zonas debido a la diversidad que existe en ellas. Las posteriores operaciones después del secado previo al tostado, garantizarán un lote de almendras más homogéneas según el tamaño y reducir los riesgos microbiológicos acorde con las exigencias del mercado internacional.

Sin duda alguna, las características físicas del cacao permitirán tipificarlo para un determinado mercado, en función de la uniformidad en el tamaño de la almendra, índice de fermentación y por la cantidad de defectos externos observables y sabores atípicos presentados, debido a un inadecuado manejo del beneficio poscosecha [5]. Dentro de este orden de ideas, la clasificación de la calidad comercial del cacao, se debe primordialmente a la composición física y aromática de la almendra, siendo el genotipo y la fermentación, los factores de mayor incidencia en el sabor, olor y color del producto final y en la formación

de los precursores del sabor en el chocolate [2, 5, 7]. El objetivo del siguiente trabajo, consistió en valorar las características de calidad física y sensorial del grano de cacao provenientes de diez (10) unidades de producción en distintas regiones del país con protocolos de poscosecha que definen su calidad chocolatera. Las características de calidad obtenidas estuvieron adaptadas a las normas internacionales.

2. Materiales y métodos

Para reconocer el trabajo de los productores de cacao fue necesario organizar el concurso nacional del Cacao Excelencia, edición Venezuela 2023, en el marco del evento “Salón Internacional del Cacao y Chocolate 2023” (Programa del Cacao de Excelencia). Se estableció un programa de actividades (octubre-diciembre 2022) dirigido por un Comité de Organización Nacional (CON) encabezado por la presidencia de la Corporación Socialista del Cacao Venezolano (CSCV), entes adscritos al MPPAT (INIA), privados y universidades (UCV).

2.1 Formación técnica y convocatoria a nivel nacional

El período de selección de las muestras (noviembre-diciembre de 2022) estuvo a cargo de los jefes territoriales, técnicos de campo y coordinadores de la CSCV, quienes de haber recibido una instrucción sobre las bases del concurso nacional; serían los responsables de la participación de los productores y de la selección de las mejores

muestras de granos de cacao fermentados y secos. Para la selección y acondicionamiento de las muestras, se consideró el “Manual técnico para la selección y toma de muestras de cacao con fines de calidad”, elaborado por el CON (2022). Se planificaron talleres de formación a nivel nacional para que los productores de cacao pudiesen conocer los parámetros exigidos para el Concurso Nacional de la Calidad de Grano y de su participación al evento.

2.2 Materia prima

Se solicitó a cada Unidad de Producción participante, una muestra 10 kg de granos de cacao fermentado y seco de la cosecha de noviembre-diciembre 2022; indicándose las instrucciones para su envío al sitio de recepción según lo descrito en el manual. Cada muestra recibida se le asignó aleatoriamente un código de cinco dígitos que garantizaría su anonimato de la muestra durante todo el proceso de evaluación y selección de las mejores muestras por calidad sensorial. Se recibieron un total de 45 muestras procedentes de los siguientes estados: Aragua, Amazonas, Apure, Barinas, Bolívar, Carabobo, Yaracuy, Portuguesa, La Guaira, Miranda, Monagas, Mérida y Sucre. Las muestras fueron almacenadas en condiciones adecuadas para evitar la contaminación. De la población total de muestras de granos, se seleccionaron un número representativo que cumplieran con los requisitos de calidad física y sensorial exigidos por las normas o estándares.

2.3 Características de la calidad física

El protocolo del análisis externo de los granos, las dimensiones y peso promedio, número de granos/100 g muestra y la prueba de corte de calidad se realizó según el Manual de Estándares Internacionales para la Evaluación de la Calidad y Sabor del Cacao (ISCQF, siglas en inglés que significa International Standards for the Assessment of Cocoa Quality and Flavour) [8], COVENIN N° 50 [9, 10] y COVENIN N° 442 en su segunda revisión [11].

2.4 Evaluación sensorial de las pastas o licores de cacao

La caracterización sensorial se realizó con el fin de conocer los perfiles sensoriales de cada uno de los materiales evaluados. Las sesiones para la caracterización de los perfiles sensoriales fueron realizadas en el Laboratorio de Control de Calidad Sensorial de la Empresa Venezolana Intercacao, en Caracas. El protocolo usado para el tostado de los granos, refinado y obtención de las pastas o licores para la evaluación sensorial, fueron realizados según Estándares Internacionales para la Evaluación de la Calidad y el Sabor del Cacao (ISCQF) [12]. El grupo de panelistas participantes como jurados evaluadores de las pastas, estuvo conformado por ocho (8) chocolateros expertos, los cuales fueron formados y calibrados para la caracterización de los perfiles sensoriales de las pastas según criterios definidos en las normas ISO 8586 [13] y ISCQF [12].

2.5 De los jurados del comité evaluador

Los jurados fueron seleccionados desde un número de postulaciones en función a una exhaustiva revisión de su síntesis curricular y posteriormente sometidos a selección según los criterios definidos en normas internacionales para evaluación de calidad y sabor del cacao. La selección de los jurados se realizó durante el mes de diciembre de 2022.

2.6 Del entrenamiento

Una vez seleccionados los jueces del comité evaluador, se sometieron a un entrenamiento de seis días, por sección y a una calibración siguiendo las normativas internacionales para evaluación de calidad y sabor del cacao (ISCQF) [8, 12], este entrenamiento fue realizado por personal calificado. La actividad de entrenamiento y calibración se realizó en enero de 2023. Durante el entrenamiento, se instruyó a los jueces seleccionados las nociones sobre los aspectos de la fisiología sensorial, evaluación sensorial como herramienta del control de calidad del cacao y chocolate, léxico y notas (atributos y sub-atributos del cacao y chocolate), umbral dulce, umbral amargo-astringente-salado, identificación de colores y el reconocimiento de olores usando las planillas o formatos diseñados para las fases de entrenamiento y calibración.

2.7 De la calibración

Los jueces una vez entrenados, se sometieron a calibraciones usando diferentes pastas o licores de diferentes orígenes provenientes de las unidades de producción participantes en el concurso nacional mediante el uso de la técnica del triángulo.

2.8 De la evaluación en 1^{ra} instancia de las muestras

Los jueces entrenados y calibrados fueron convocados a presentarse al laboratorio de evaluación sensorial de la Empresa Intercacao, a varias sesiones con la finalidad, de preseleccionar las 10 mejores muestras de pasta o licor de cacao que pasarían a la evaluación final por parte de dichos jueces en la determinación de los atributos de sabor y aroma de las muestras como jurado final del panel.

2.9 Segunda evaluación sensorial-Gran jurado

Los jueces (8) que conformaron el gran jurado final se convocaron a reuniones para la evaluación sensorial de los mejores atributos de las pastas de cacao preseleccionadas. Se evaluaron muestras de licor de cada muestra, realizando tres repeticiones por cada una. El panel de jueces asignó puntajes según la intensidad de cada atributo en una escala de 0 a 10, siendo 0 ausencia del atributo y 10 intensidad máxima. Para tal fin, los jueces recibieron un formato para la evaluación de sabor y aroma de las pastas de cacao en función del perfil básico de sus



atributos y sub-atributos establecidos por los Estándares Internacionales para la Evaluación de la Calidad y el Sabor del Cacao [12]. Se evaluaron 13 atributos de sabor para la pasta de cacao: sabores a cacao, chocolate, ácido, dulce, astringente, amargo, frutal, nuez, floral, madera, picante, ahumado y metálico y 12 descriptores de aroma como cacao, chocolate, ácido, frutal, nuez, floral, madera, picante, ahumado, metálico, pútrido y mohoso. Los valores medios de las calificaciones asignadas por los panelistas se presentaron en gráficos radiales.

2.10 Análisis estadístico

Los análisis físicos fueron realizados por triplicado y a los resultados se les aplicó un análisis de varianza (ANAVAR) de una vía y una prueba de comparación de medias Duncan con el programa estadístico Infostat-Profesional, versión 1.1 con un nivel de confianza del 95 %.

3. Discusión de resultados

3.1 Muestras seleccionadas

En la Tabla 1 se resumen las diez (10) muestras seleccionadas de la población total que cumplieron los requisitos de calidad física y sensorial exigidos durante todo el proceso de evaluación. En la tabla se indica el lugar de origen y el código aleatorio asignado.

Tabla 1. Muestras seleccionadas de granos de cacaos fermentados y secos

Origen o procedencia	Código
Apure	65127
Barinas	48747
Bolívar	78882
Bolívar	19257
Carabobo	66010
Miranda	17232
Miranda	76192
Monagas	50694
Yaracuy	97825
Yaracuy	91197

3.2 Características físicas de calidad de las muestras seleccionadas: dimensiones promedio, índice de semilla, conteo de granos por 100 g de muestra y presencia de impurezas visibles.

Las características físicas de calidad del grano de cacao fino de aroma venezolano identificadas en las dimensiones promedio del grano, peso individual del grano seco (índice de semilla), N° de granos/100 g y el porcentaje de materia extraña de las muestras evaluadas, se señalan en la Tabla 2.

El largo, ancho y espesor de las muestras de cada región evaluada presentó diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p \leq 0,05$). Se observa que los valores de estas variables en los granos

fermentados y secos en las muestras de (50694)-Monagas, (66010)-Carabobo, (48747)-Barinas y (19257)-Bolívar mostraron una variabilidad en el largo de $2,60 \pm 0,27$ cm a $2,50 \pm 0,22$; ancho que varió de $1,30 \pm 0,14$ a $1,35 \pm 0,14$ cm y de $0,83 \pm 0,15$ a $0,93 \pm 0,2$ cm en el espesor respectivamente. Esta naturaleza variable de estos granos hace inferir de una alta presencia de granos con formas oblongas, mientras que la muestra de Apure-(65127) y otra de (17232)-Miranda, por sus dimensiones más ancha ($1,41 \pm 0,11$ - $1,38 \pm 0,23$ cm) con mayor espesor ($0,91 \pm 0,14$ - $0,91 \pm 0,15$ cm); poseen formas más homogéneas tratándose de granos con formas elípticas, similar al de los cacaos con características acriolladas; mientras que las formas oblongas son propias de los híbridos, catalogados como Trinitarios, los cuales se encuentra extendidos en todos el país.

El resto de las muestras presentaron valores menores en todas las dimensiones promedio, evidenciándose granos con formas variables e intermedias en el ancho y espesor, posiblemente por efecto del proceso de fermentación, donde no alcanzaron los hinchamientos de las semillas que ocurren durante dicho proceso. Los resultados presentados fueron concordantes a los presentados por Álvarez *et al.* [5], sin embargo, dichos autores presentaron valores más altos en el espesor de los granos evaluados que variaron de $0,90 \pm 0,08$ a $1,02 \pm 0,03$ cm en las muestras evaluadas.

Tabla 2. Características físicas del grano de cacao fino de aroma venezolano.

Origen/ Código	Dimensiones promedio del grano seco			Peso individual (g)	N° granos/ 100 gramos	Materia extraña (%)
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)			
Barinas (48747)	2,52 ± 0,02 ^b	1,31 ± 0,01 ^c	0,93 ± 0,02 ^b	1,41 ± 0,24 ^c	75,00 ± 1,15 ^b	≤ 0,50
Miranda (17232)	2,31 ± 0,21 ^d	1,27 ± 0,13 ^d	0,88 ± 0,14 ^d	1,38 ± 0,20 ^c	73,00 ± 1,73 ^c	≤ 0,50
Miranda (76192)	2,47 ± 0,13 ^c	1,38 ± 0,23 ^a	0,91 ± 0,15 ^c	1,50 ± 0,34 ^b	68,00 ± 1,53 ^d	≤ 0,50
Bolívar (78882)	2,32 ± 0,05 ^d	1,27 ± 0,12 ^d	0,80 ± 0,45 ^f	1,21 ± 0,12 ^e	83,00 ± 1,53 ^a	≤ 0,50
Monagas (50694)	2,60 ± 0,27 ^a	1,30 ± 0,14 ^d	0,91 ± 0,11 ^c	1,60 ± 0,41 ^b	64,00 ± 0,58 ^e	≤ 0,50
Bolívar (19257)	2,50 ± 0,22 ^c	1,27 ± 0,10 ^d	0,87 ± 0,13 ^d	1,76 ± 0,70 ^a	60,00 ± 2,08 ^f	≤ 0,50
Yaracuy (97825)	2,27 ± 0,15 ^e	1,22 ± 0,11 ^e	0,85 ± 0,10 ^a	1,34 ± 0,21 ^d	75,00 ± 1,00 ^b	≤ 0,50
Yaracuy (91197)	2,30 ± 0,20 ^e	1,32 ± 0,13 ^c	0,80 ± 0,14 ^f	1,40 ± 0,30 ^c	73,00 ± 1,53 ^c	≤ 0,50
Apure (65127)	2,51 ± 0,24 ^c	1,41 ± 0,11 ^a	0,91 ± 0,14 ^c	1,80 ± 0,37 ^a	59,00 ± 1,15 ^f	≤ 0,50
Carabobo (66010)	2,53 ± 0,25 ^b	1,35 ± 0,14 ^b	0,83 ± 0,15 ^e	1,48 ± 0,32 ^b	73,00 ± 1,00 ^c	≤ 0,50

Letras iguales en la misma columna indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan a un nivel de ($p \leq 0,05$).

Las muestras de granos con los mayores pesos individuales correspondieron para las muestras (65127)-Apure ($1,80 \pm 0,37$) g, (19257)-Bolívar ($1,76 \pm 0,70$) g y (50694)-Monagas ($1,60 \pm 0,41$) g, evidenciándose las diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre las regiones. A su vez presentaron valores menores de 100 granos por cada 100 gramos de muestra, con una variabilidad entre $59,00 \pm 1,15$ a $64,00 \pm 0,58$ granos por cada 100 g. Esta característica los



agrupa en la categoría de granos grandes con menor conteaje de granos por cada 100 g de muestra, tipificándolo como un grano tipo estándar, con tamaños deseables y aceptables para el comercio internacional [3]. De las muestras restantes, se puede decir que los pesos estuvieron por debajo de las muestras anteriores con un conteaje de granos comprendido entre $68,00 \pm 1,53$ y $83,00 \pm 1,53$, lo cual no corresponde a los argumentos de la CAOBISCO [3], quienes señalan que los granos de tamaño mediano presentan un conteaje comprendido entre 101 a 110 granos/100 g. En este contexto se deduce que los cacaos venezolanos, en su mayoría son de tamaño grande con pesos por encima de 1,2 gramo [14], valor que se toma como referencia para los cacaos fermentados y secos (Tabla 2). Los autores anteriores sostienen que el índice de almendra mayor a 1,2 g, garantiza un mayor rendimiento por hectárea y es preferido por los comercializadores e industriales.

No fueron detectadas impurezas o presencia de la materia extraña en las muestras, lo que indica la aplicación de buenas prácticas de limpieza y selección por parte de los productores, ajustándose a las normas COVENIN 50 [9, 10] y por ISCQF [8].

3.3 Prueba de corte (Cu-test)

La prueba de corte de calidad permite evaluar visualmente la superficie externa e interna del grano seco de cacao, detectando los defectos físicos presentados en los cotiledones y el índice de fermentación (%) logrado. La prueba se realiza para identificar, cuantificar y separar

granos partidos, pizarrosos, mohosos, infestados por insectos, granos violáceos o morados y los granos bien fermentados [1, 4, 5, 15].

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la prueba de corte realizada a todas las muestras seleccionadas. Las muestras presentaron buenos índices de inocuidad en relación al porcentaje de granos mohosos y dañados por insectos cumpliendo con los niveles exigidos por COVENIN N° 50 [9, 10] y de granos defectuosos señalados por ISCQF [8]. Durante la inspección de las muestras se observó una adecuada selección y limpieza de las muestras registrándose un porcentaje nulo de granos partidos, planos y múltiples, lo cual es un indicativo de las buenas prácticas de poscosecha. La superficie interna de los cotiledones expuestos por el corte longitudinal (prueba de corte) permite clasificarlos de acuerdo al grado de fermentación en: bien fermentados, parcial o insuficientemente fermentados, color violeta y pizarroso [5, 9, 10].

En relación al porcentaje de granos parcialmente fermentados y de color violeta, se observó que existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en todas las muestras, indicando una variabilidad en el proceso de beneficio de cada región según el tipo de cacao cultivado. El resultado se atribuye al efecto del método de fermentación (tipo de fermentador), tiempo del proceso, los intervalos en la remoción de la masa de cacao, y las condiciones ambientales, siendo estos los factores influyentes para que las semillas frescas no alcancen una total fermentación [5, 7].

La variabilidad observada en los granos parcialmente fermentados estuvo comprendida entre 2,0 a 12,0 %, siendo los de menor porcentaje para la muestra de Apure con $2,0 \pm 1,0$ %, de $3,00 \pm 0,6$ % para (66010)-



Carabobo y (91197)-Yaracuy con $4,0 \pm 1,0$ %. La característica notable de estas muestras, son una combinación del color marrón y violáceo en los bordes del cotiledón seco después de ser cortados longitudinalmente. La muestra de Apure-(65127) presentó un color marrón más claro, representando una característica de los granos aciollados, mientras que el resto lo constituyó una población de cacao de tipo híbrido o Trinitario.

Los granos de color violeta presentes en los cotiledones secos, mostraron una superficie lisa y compacta de color morado según el tipo de cacao. Estos granos de color violeta son el resultado de una fermentación muy limitada o escasa según la madurez del fruto, lo que hace imposible la liberación y oxidación de los compuestos polifenólicos debido a una deficiente fermentación. La muestra de Yaracuy-(97825), no arrojó granos de color violeta; sin embargo, las muestras de Apure y Monagas presentaron valores menores y similares entre sí, como se muestra en la Tabla 3. Si consideramos este requisito del color interno de los cotiledones por separado de acuerdo a los criterios de ISCQF [8], se puede afirmar que los porcentajes obtenidos están dentro de los límites aceptados. ISCQF en su manual agrupa estas características en 4 categorías de acuerdo al color interno de los cotiledones: bien fermentados (color marrón oscuro a claro), parcialmente morado o violeta, totalmente morado o violeta y de granos pizarrosos [8, 12].

Tabla 3.- Valores obtenidos de los defectos de calidad externos e internos de los granos fermentados y secos de diferentes zonas del país.

Código/origen Características	48747 (Barinas)	17232 (Miranda)	76192 (Miranda)	78882 (Bolívar)	50694 (Monagas)	19257 (Bolívar)	97825 (Yaracuy)	91197 (Yaracuy)	65127 (Apure)	66010 (Carabobo)
% Granos mohosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% Granos negros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% Granos dañados por insectos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% Granos partidos y planos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% Granos múltiples	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% Granos parcialmente fermentados	7,0±1,2 c	12,0±1,1 a	4,0±1,5 d	7,0±1,7 c	12,0±1,5 a	8,0±0,6 b	12,0±2,0 a	4,0±1,0 d	2,0±0,5 ef	3,0±0,6 e
% Granos violeta (no fermentados)	15,0±1,5 a	7,0±1,0 e	14,0±1,0 a	12,0±1,0 b	5,0±1,0 f	10,0±2,1 c	0,0 g	9,0±1,0 d	5,0±1,7 f	10,0±2,5 c
% Granos marrones (bien fermentados)	75,0±1,0 g	78,0±2,0 f	79,0±1,2 e	79,0±2,1 e	80,0±1,0 d	80,0 ±2,1 d	82,0±2,5 c	83,0±1,0 f	90,0±2,0 a	85,0±1,2 b
% Granos pizarrosos	3,0±0,6 b	3,0±0,6 b	3,0±1,0 b	2,0±0,3 c	3,0±1,2 b	2,0±0,6 c	3,0±1,5 b	4,0±1,5 a	3,0±0,6 b	2,0±0,1 c
Peso mín de 100 granos secos (g)	138,3±1,2 e	137,0±2,0 e	149,0±1,0 d	120,3±1,5 g	161,0±1,0 c	165,6±2,2 b	135,0±1,7 f	137,4±1,9 e	179,1±2,7 a	136,4±0,4 f
Contenido de humedad (%)	6,9±0,1 b	7,0±0,1 b	7,1±0,2 b	7,2±0,0 b	7,5±0,1 a	7,1±0,0 b	6,0±0,1 c	7,3±0,3 b	6,8±0,1 b	7,1±0,1 b

Letras iguales en la misma columna indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan a un nivel de ($p \leq 0,05$).

Todas las muestras mostraron niveles de granos pizarrosos dentro los límites establecidos por COVENIN N° 50 [9, 10], a excepción de la muestra de Yaracuy-(91127). Los resultados explican la buena selección de los frutos en su estado de madurez fisiológica realizada por los productores de cacao.

El índice de fermentación varió estadísticamente ($p \leq 0,05$) en todas las muestras con valores entre 75 % a 90 %, los cuales corresponden con los límites de la norma COVENIN, N° 50 [10] para los granos



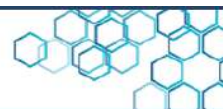
fermentados y secos. La clasificación comercial de cacao Fino de Primera ($F1 \geq 74\%$) correspondieron para las muestras de Barinas ($75,0 \pm 1,0$) %, (17232)-Miranda ($78,0 \pm 2,0$) %, (76192)-Miranda ($79,0 \pm 2,1$) %, (50694)-Monagas ($80,0 \pm 1,0$) % y (19257)-Bolívar ($80,0 \pm 2,1$) %; mientras que la clasificación de Extrafino (≥ 80 %) correspondieron para (97825)-Yaracuy ($82,0 \pm 2,5$) %, (91197)-Yaracuy ($83,0 \pm 1,0$) %, (65127)-Apure ($90,0 \pm 2,0$) % y (66010)-Carabobo ($85,0 \pm 1,2$). Los cotiledones de color marrón, se caracterizaron por presentar en su interior surcos profundos y bien definidos con una testa frágil y de fácil desprendimiento, características de un grano bien fermentado.

Con respecto al color interno y externo de la almendra, es importante destacar que la semilla fresca exhibe una coloración violeta claro-oscuro y/o blanco al inicio del proceso de fermentación, pasando a marrón oscuro-claro o rojizo al final del proceso según el tipo de cacao. El cambio de coloración y el índice de hinchamiento en el grano son cambios físicos observables, sin embargo, dentro del grano ocurren reacciones de oxidación de los compuestos antociánicos formando los pigmentos de color marrón o pardo con una fuerte disminución de la astringencia en el grano bien fermentado [16, 17]. La característica de un grano bien fermentado se considera para la evaluación externa e interna del grano de cacao [8].

En lo que respecta al peso de 100 granos secos de cacao, se observa una alta variabilidad entre $120,3 \pm 1,5$ g a $179,1 \pm 2,7$ g, observándose diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre las muestras. Estos valores no corresponden a los cacaos comerciales que establece COVENIN N° 50 [10] para el caso F1, los pesos corresponden para un cacao comercialmente clasificado como Extrafino, pero la tipificación se realiza en función de los defectos de calidad y del índice

de fermentación. Las muestras cumplieron con buenos protocolos de secado en cada región. El rango de variabilidad en el contenido de humedad fue de $6,0 \pm 0,0$ % de (97825)-Yaracuy a $7,5 \pm 0,1$ % para Monagas, valores que se ajustan a los permitidos por COVENIN [10] y a los exigidos por ISCQF [8] para el cacao fermentado y seco. Los valores de humedad explican las buenas prácticas de secado usada por los productores para obtener granos secos y microbiológicamente estables (reducido crecimiento microbiano). Se debe considerar que si el valor de la humedad es menor a 6 % (nivel bajo), la presencia de granos rotos o quebradizos será alta; y si es mayor al 8 % (nivel alto), el riesgo de crecimiento de mohos será elevado deteriorando la calidad comercial de los granos [8].

Las diferencias encontradas en los parámetros físicos de las regiones evaluadas, permite inferir que la microbiota o microflora bacteriana presentes en el proceso de fermentación, podrían también variar de acuerdo a la composición de la pulpa, como el contenido de azúcares y a la humedad, que podrían cambiar con el tipo de cacao presente y a las condiciones ambientales donde se lleva a cabo el beneficio y a las características del suelo [7]. De allí la importancia de realizar protocolos de fermentación con la clasificación de los tipos de cacao y establecer los rendimientos máximos de los mismos según su calidad.



3.4 Perfil de sabor (PS) de las muestras seleccionadas por los jueces

En el presente trabajo se realizaron los perfiles sensoriales construyendo gráficas radiales con los promedios de la evaluación realizada por los jueces sensoriales a cada atributo de las 10 muestras provenientes de diferentes regiones del país, además de una breve descripción de la percepción del aroma en cada muestra.

3.4.1 Perfil de sabor de las muestras provenientes de los Apure y Barinas

Los perfiles del sabor de las muestras de Barinas-(48747) y Apure-(65127) se observan en la Figura 1 (A-B). Los jueces caracterizaron las pastas con notas intensas afrutadas, suave a madera con un intenso fondo a cacao, combinados con notas a nueces, más intensas en la muestra de Apure. Los jueces también percibieron notas a chocolate con baja acidez y amargor. Esta particularidad de estas dos zonas en sus perfiles de sabor, permite inferir de un posible ancestro común de un cacao tipo acriollado que refleja en estos descriptores, un perfil característico para esta zona, que correspondería a la región productora de cacao en el Occidente del país. Sin embargo, no se puede destacar el efecto del manejo de cosecha y poscosecha empleado y de las condiciones agroclimáticas de la zona. Los sabores atípicos (mohosos, húmedos, sobre-fermentado, pútridos, metálicos, etc.) no fueron detectados en estas muestras.

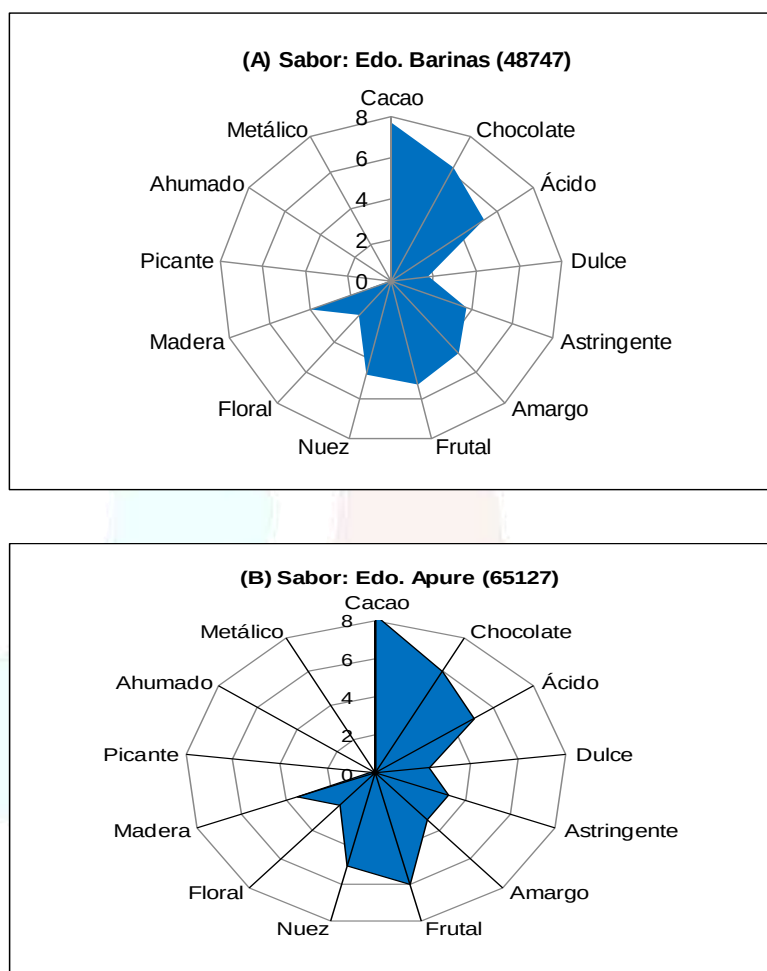


Figura 1. (A-B): Perfil del sabor de las muestras de los estados Barinas y Apure (48747-65127).

3.4.2 Perfil de sabor de las muestras provenientes del estado Bolívar (78882-19257)

De la zona productora de cacao en el Sur de Venezuela (Estado Bolívar), se evaluaron dos (2) muestras seleccionadas y provenientes de dos

unidades indígenas distintas. A pesar que se encuentran en la misma región, se puede observar, en la Figura 1 (C-D), que hay diferencias notables (en intensidad) en los perfiles de sabor. La muestra 19257 fue caracterizada por los jueces con puntajes altos en la intensidad de cacao, con notas intermedias a frutal, chocolate combinado con notas bajas a floral, nuez y a madera. El sabor amargo y la astringencia fueron mayores en la muestra 78882, con menor intensidad a nuez, madera y floral al igual que las notas reflejadas en la muestra 19257. Estas diferencias están asociadas al manejo poscosecha y al tipo de cacao predominante en la zona. En la evaluación final, algunos jueces pudieron detectar en la muestra 78882 unas notas muy bajas a picante y un sabor atípico del ahumado; este último como un posible defecto del inadecuado manejo de secado o durante la fermentación.

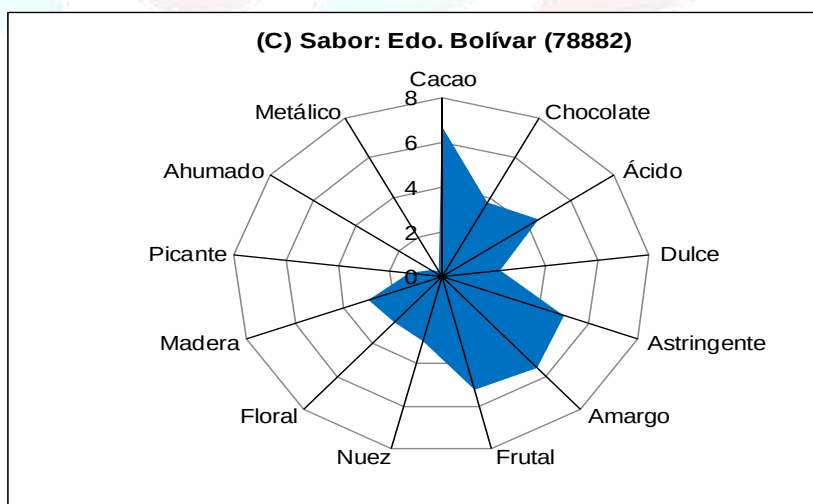


Figura 1. (C-D): Perfil del sabor de las muestras del estado Bolívar (78882-19257).

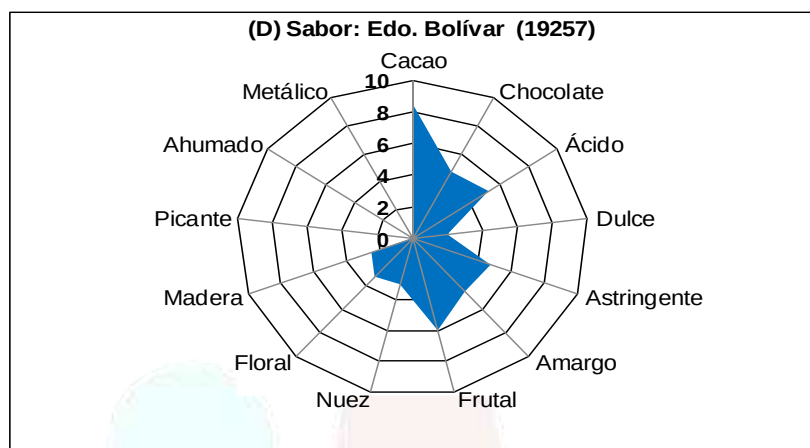


Figura 1. (C-D): Perfil del sabor de las muestras del estado Bolívar (78882-19257).

3.4.3 Perfil de sabor de las muestras provenientes del estado Yaracuy (97825-91197)

Se les caracterizó el perfil del sabor a dos muestras de granos de cacao fermentado y seco, provenientes de dos unidades de producción distintas, como se puede observar en la Figura 1 (E-F). La muestra 97825 mostró una nota intensa a cacao combinado con el sabor afrutado con una acidez intermedia. El amargor y la astringencia estuvieron equilibrados con notas dulces, chocolate, nuez y floral. La muestra 91197 mostró muy baja intensidad que la anterior, presentó notas moderadas a cacao y a chocolate, con dulzor, frutal y nuez, siendo de menor amargor y astringencia en comparación a la muestra anterior.

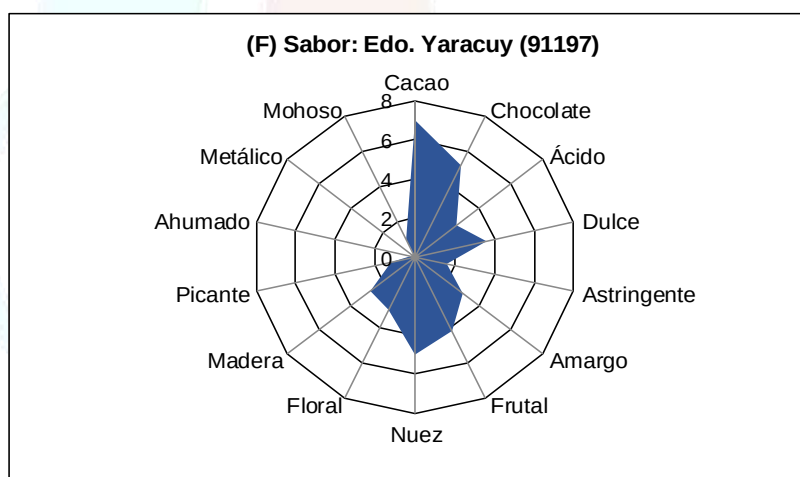
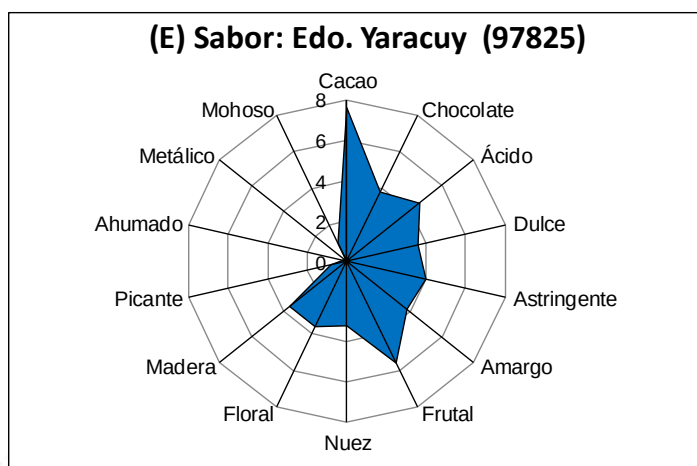


Figura 1. (E-F): Perfil del sabor de las muestras del estado Yaracuy (97825-91197)

El perfil característico del sabor de las dos muestras del estado Yaracuy son relativamente semejantes en los atributos del gusto, con defectos por la presencia de sabores mohosos detectados por el jurado sensorial, característica de calidad que demerita los atributos deseados en una pasta o licor de cacao.

3.4.4 Perfil de sabor de las muestras provenientes del estado Miranda (17232-76192)

El Perfil de sabor de las muestras provenientes de dos unidades del estado Miranda, indican, en la Figura 1 (G-H) diferencias entre ellas. La muestra 76191 se caracterizó por notas fuertes a cacao y frutal equilibrado con intensidades moderadas a chocolate, madera y ácido con notas suaves a madera, floral y nuez. El gusto amargo y el ácido fueron notorios sin presentar sabores atípicos relevantes. La muestra 17232 presentó los mismos atributos que los anteriores, pero con baja notas a frutal. Presentó intensidades bajas en las notas a chocolate, nuez y madera combinados con el gusto amargo y astringente. Esta muestra presentó un sabor ahumado no preferido por el jurado.

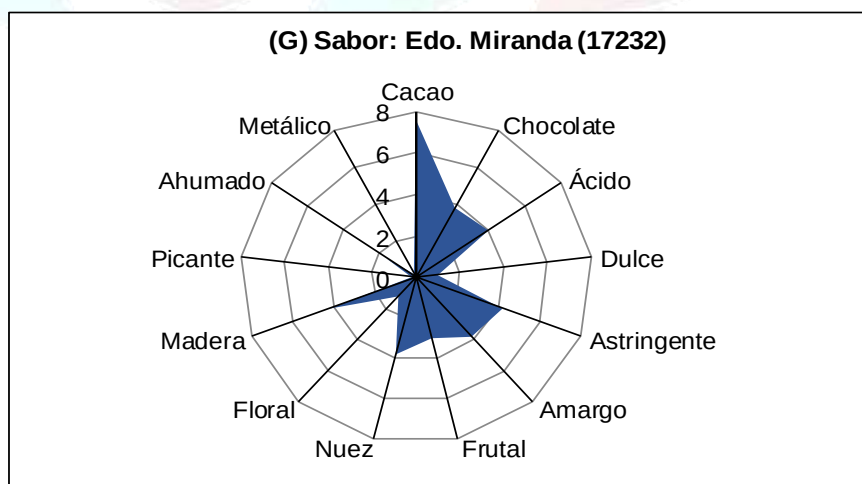


Figura 1. (G-H): Perfil del sabor de las muestras del estado Miranda (17232-76192)

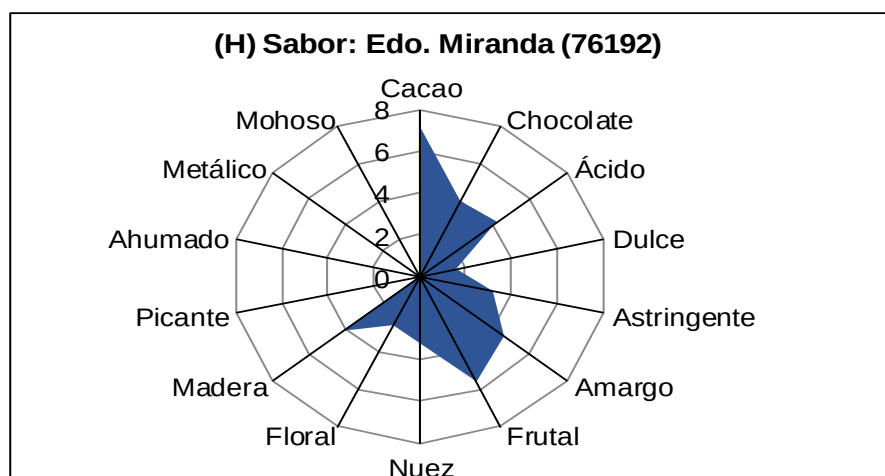


Figura 1. (G-H): Perfil del sabor de las muestras del estado Miranda (17232-76192)

3.4.4 Perfil de sabor de las muestras provenientes de los estados Monagas y Carabobo (50694-66010)

Perfiles de sabor en estas dos muestras se caracterizó por el intenso sabor a cacao con notas intermedias a frutal y a chocolate, según lo percibido por el jurado evaluador, así como se muestra en la Figura 1 (I-J). La muestra 50694 del estado Monagas presentó un mayor amargor y astringencia con una acidez intermedia notable presente en ambas pastas de cacao. Las notas a nuez, madera y floral fueron de intensidad baja en la muestra del estado Carabobo (66010) con menos astringencia y amargor en comparación a la de Monagas.

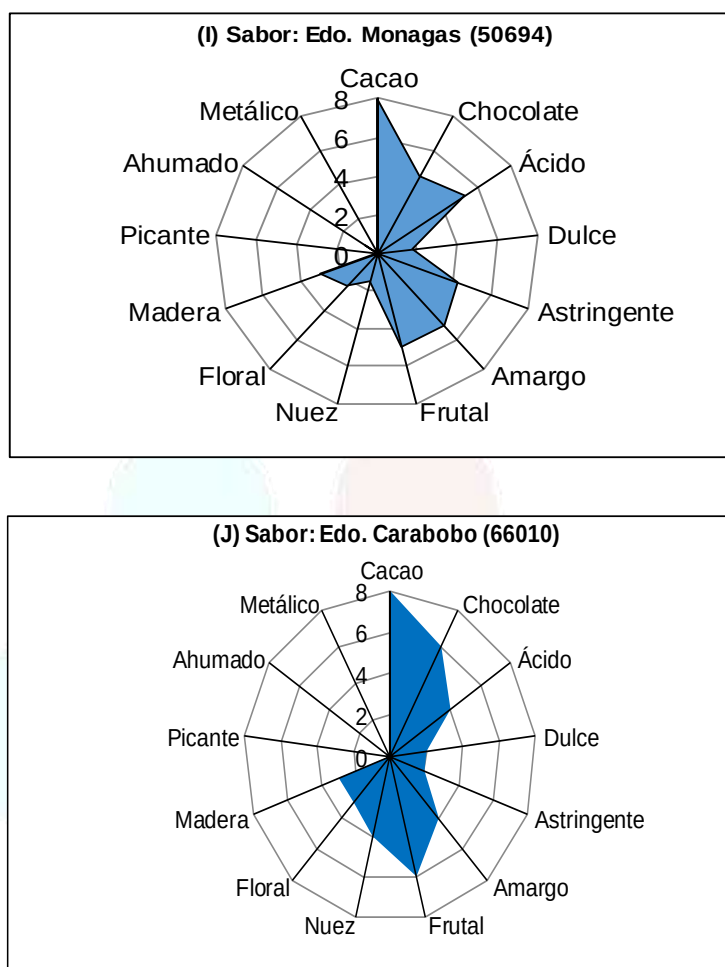


Figura 1. (I-J): Perfil del sabor de las muestras de los estados Monagas y Carabobo (50694-66010)

En función de lo anterior, se deduce que las notas frutales intensas fueron las más percibidas por el jurado evaluador, que según Martínez [7], corresponden a notas que son características de los cacaos híbridos o Trinitarios en la mayoría de los materiales evaluados en Colombia; equilibrados su vez con atributos a floral, nuez y



chocolate con aromas secundarios tales como a melaza, caramelo y fruto seco (pasas).

Estos atributos fueron también caracterizados en las diez (10) muestras evaluadas en este trabajo. También podemos destacar que las muestras seleccionadas no presentaron intensidades altas en el gusto amargo y astringente lo cual es producto de un buen proceso de beneficio utilizado en cada una de las regiones, favoreciendo la calidad física y chocolatera en el grano. Hay que resaltar que los indicadores de un buen secado y de la calidad de los granos son un buen color marrón, una baja astringencia y amargura con la ausencia de aromas y sabores no deseados como el caso de las notas ahumadas y de una acidez excesiva en intensidad.

Las notas ácidas no sobrepasaron a valores intensos, lo que se podría inferir que este atributo estaría correlacionado con los sabores frutales provenientes de los cítricos, cultivos circundantes en las zonas. El aroma afrutado en el cacao está fuertemente correlacionado con la acidez.

En todas las muestras se presentaron los atributos básicos: cacao, acidez, amargor y astringencia, en conjunto de algunos atributos complementarios que se presentaron en algunas muestras, pero no estuvieron presentes en todas las que se evaluaron. Los sabores atípicos estuvieron presentes en algunas muestras que no favorecieron su calidad intrínseca.

3.5 Perfiles de aroma de las muestras seleccionadas por los jueces

En la Figura 2 se observan los valores de las intensidades caracterizadas por el jurado, en cada uno de los atributos aromáticos percibidos en las muestras seleccionadas provenientes de varias zonas del país. Se puede observar 3 grupos de atributos conformados por notas fuertemente identificables según la intensidad: Cacao entre 6-8 puntos; Chocolate de 5-6 puntos y la nota afrutada con 3 a 6 puntos de intensidad; lo que caracteriza al perfil aromático del cacao en estas zonas. Las notas ácidas, a nuez, floral y madera, se encontraron de una intensidad intermedia a baja entre 2 a 4 puntos, finalmente los aromas considerados como atípicos, se encontraron entre 0 a 1 puntos, incluyendo la nota del picor en algunas muestras. Los aromas atípicos, como el metálico, ahumado, mohoso y el pútrido fueron los más reconocidos por los jueces. Estos defectos se relacionan por las malas prácticas en los procesos de fermentación y secado, hasta los cambios ocurridos durante el almacenamiento. La sobre-fermentación genera sabores y olores desagradables en los granos y en el chocolate, por lo que se debe tomar medidas adecuadas durante los protocolos del proceso de beneficio en cada zona según el tipo de cacao y a las condiciones ambientales predominantes.

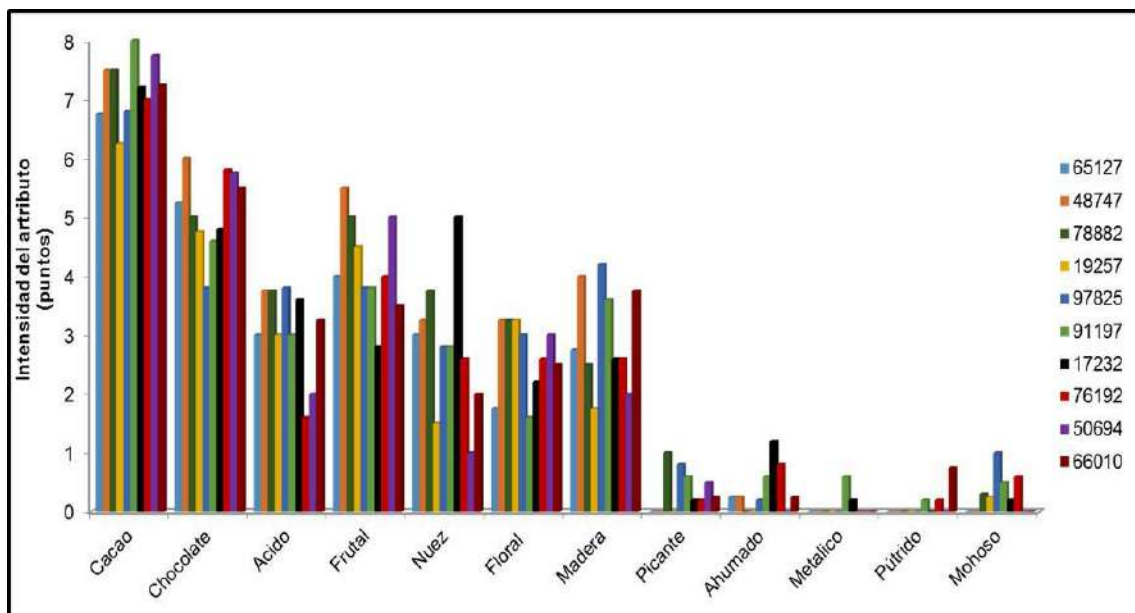


Figura 2. Atributos del aroma de las diez muestras de los cacaos fermentados y secos provenientes de diferentes zonas de Venezuela.

*Los códigos de las muestras según su origen son señalados en el lado derecho de la imagen.

En función de lo anteriormente expuesto, encontramos que el primer grupo de muestras con las mayores intensidades a cacao (7-8 puntos) fueron: Apure (65127), Barinas (48747), Yaracuy (91197), Monagas (50694) y Carabobo (66010). El aroma característico a chocolate con puntajes entre 5-6, correspondieron a las muestras de Barinas (48747), Miranda (76192), Monagas (50694) y Carabobo (66010). Las notas ácidas se apreciaron en todas las muestras y se mantuvieron por debajo de 4 puntos, no considerándose como un defecto crítico en el sabor. Las notas frutales comprendidas entre 5-6 puntos, fueron para Barinas, Bolívar (78882) y Monagas respectivamente, que estuvieron presentes en el resto de las muestras. El aroma a nuez estuvo por debajo de 4



puntos en todas las muestras, con la excepción de 17232 (Miranda) que obtuvo una intensidad de 5 puntos. El aroma floral en todas las muestras fue de baja intensidad, con un valor menor o igual a 4 puntos. La nota a madera con puntajes persistentes ente 4 a 5 en intensidad, fue para Barinas (48747) y Yaracuy (97825). El atributo picante estuvo presente con un valor menor a 1 punto en todas las muestras.

El jurado logró detectar en menor grado, el defecto de grano ahumado en las muestras de Miranda (17132 y 76192). Las notas a pútrido y a mohoso de muy baja intensidad (≤ 1) al igual que el metálico correspondieron a Carabobo (66010), Yaracuy (97825) y Miranda (76192) respectivamente. Estos parámetros deben considerarse al evaluar los perfiles de calidad física y sensorial de los granos de cacao, bien sea del tipo Criollo y los híbridos o Trinitarios (Figura 2) aun cuando las intensidades son altas.

En general, cada tipo de cacao analizado presentó un perfil sensorial característico y diferente en su intensidad, donde se podría señalar que el efecto de la fermentación es clave para generar diferencias cuantitativas por reacciones químicas en la formación de los precursores del sabor del chocolate. González *et al.* señalaron que las diferencias en el sabor y aroma son atribuidas a la variación de la composición del grano, desde el origen botánico, lugar de crecimiento y a las condiciones ambientales [17]. Inclusive manifiestan, al igual que Álvarez *et al.* , que los cacaos forasteros (grado corriente), el criollo (grado extrafino) y los trinitarios (híbridos), muestran grandes variaciones en el aroma y en los sabores finales a causa del manejo poscosecha y del tostado durante la primera etapa de transformación. La condición anterior, diferencia a los cacaos Finos de Aroma de los cacaos tipo corriente que se producen en otras latitudes [5].

El país cuenta con la mayor diversidad genética en el cultivo, y esta variabilidad aunado a las condiciones de cosecha y poscosecha, puede generar diversos perfiles sensoriales según la región, tal como se evidencia en este trabajo. Se observa que los valores obtenidos en la calidad física y prueba de corte no constituyen la huella digital para genera perfiles en granos de cacao. Los resultados aquí presentados es una fusión de las características físicas y de los perfiles de sabor y aroma de las muestras de cacao procedentes del país.

4. Conclusiones

Se concluye que más del 50 % de las regiones del país cumplen con los protocolos de buenas prácticas poscosecha en granos de cacao exigidos para en un grano de excelente calidad. Sin embargo, dado que en los requisitos del concurso tiene un aforo; del total de la población, solamente diez (10) muestras fueron seleccionadas para análisis sensorial; ya que cumplieron los requisitos máximos de calidad física y sensorial, exigidos. Con altos valores de fermentación, las muestras seleccionadas pueden ser clasificadas, según las normas nacionales, en su mayoría como cacao fino o extrafino de aroma, con menor número de defectos y de sabores atípicos.

Se implementó un panel de catadores entrenados expertos, debidamente calibrados, que evaluaron las notas sensoriales de las muestras. Lo resultados del cálculo estadístico arrojado por las respuestas de los panelistas, indican que en general, que cada tipo de cacao analizado presentó un perfil sensorial característico y diferente



en su intensidad que le confiere al cacao fino de aroma venezolano esa variación en su perfil sensorial en función a su origen. El cacao Fino de Aroma de Venezuela crece con gran diversidad genética, y esta diversidad aunada a los protocolos de cosecha y poscosecha aplicados, así como, las características climáticas, suelo, flora y fauna presentes en el entorno del cultivo de cacao, generan los diversos perfiles sensoriales según la región, tal como se evidencia en este trabajo. La implementación de protocolos de poscosecha genera distintos perfiles de calidad de granos de cacao según las exigencias nacionales e internacionales.

5. Referencias

- [1] Aguilar, H. Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao. 1° Ed. La Lima, Cortés: FHIA. 2016, 22. http://www.fhia.org.hn/descargas/Proyecto_de_Cacao_SECO/Manual_para_la_Evaluacion_de_la_Calidad_del_Grano_de_Cacao.pdf
- [2] Pérez E, Gutiérrez T, Palomino C. Factores que definen la calidad del chocolate: Del cacao al chocolate. Una industria en auge. I° Ed. Madrid, España: Bellisco; 2017.
- [3] Chocolate, Biscuits and Confectionery of Europe Association, European Cocoa Association and Federation of Cocoa Commerce. Cacao en Granos: Requisitos de calidad de la industria del chocolate y del cacao. End. M. y Dand. R. (Eds.) 2015. http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad%20de%20la%20Industria%20Apr%202016_es.pdf
- [4] Álvarez C, Liconte N, Pérez E, Lares M, Perozo J. Revisión sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales como indicadores de la calidad



comercial del cacao. Petroglifos. *Revista Crítica Transdisciplinaria*. 2022, 5(1): 12-25. doi: 10.5281/zenodo.6548316

[5] Álvarez C, Liconte N, Pereira Y, De Farias A, Buscema I, Lares M. Perfil de calidad comercial del cacao venezolano. *Novum Scientiarum*. 2018. 3(7): 21-32.

[6] Hashim P, Selamat J, Muhammad K, Ali A. Effect of drying time, bean depth and temperature on free amino acid, peptide-N, sugar and pyrazine concentrations of Malaysian cocoa beans. *J. Sci. Food Agric*. 1999, 79: 987-994. <https://doi.org/10.1002>.

[7] Martínez N. Evaluación de componentes físicos, químicos, organolépticos y del rendimiento de clones universales y regionales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las zonas productoras de Santander, Arauca y Huila. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2016 xv, 107. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56670>.

[8] International Standards for the Assessment of Cocoa Quality and Flavour. Primer Borrador del Protocolo para Análisis Externo y Prueba de Corte de Granos de Cacao. 2020a. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=ICSQF>.

[9] Comisión Venezolana de Normas Industriales. Granos de cacao, N° 50 (2a Revisión). Fondonorma. 1995. <https://www.sencamer.gob.ve>.

[10] Comisión Venezolana de Normas Industriales. Granos de cacao: Prueba de corte, N° 50 (3ª Revisión). Fondonorma. 2016. <https://www.sencamer.gob.ve>

[11] Comisión Venezolana de Normas Industriales. Granos de cacao: Prueba de corte, N° 442 (2º Revisión). Fondonorma. 2016. <https://www.sencamer.gob.ve>

[12] International Standards for the Assessment of Cocoa Quality and Flavour. Primer Borrador del Protocolo para la Evaluación Sensorial del Licor. (2020b). <https://www.cocoaqualitystandards.org>

[13] International Organization for Standardization. ISO 8586. Sensory analysis – General guidelines for the selection, training and monitoring



of selected assessors and expert sensory assessors.
<https://www.iso.org/standard/45352.html>.

[14] Gómez A, Ormeño M. Selección de semilla y establecimiento de vivero para cacao. Maracay, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 2013: 48.

[15] Jiménez J, Amores F, Nicklin C, Rodríguez D, Zambrano F, Bolaños M, Reynel V, Dueñas A, Cedeño, P. Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao. Quevedo-Los Ríos, Ecuador. Boletín técnico N° 140. 2011.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1585>.

[16] Guzmán R. Evaluación de los cambios ocurridos durante el beneficio del cacao (*Theobroma cacao* L.) a través de parámetros morfoanatómicos, fisicoquímicos y nutricionales. [Tesis de Maestría]. Postgrado Interfacultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 2007.

[17] González Y, Pérez E, Palomino C. Factores que inciden en la calidad sensorial del chocolate. *Actualización en Nutrición*. 2012, 13(4): 314-331.



Artículo de divulgación

Uso local de la fauna silvestre en dos comunidades del Macizo Montañoso del Turimiquire, estado Sucre, Venezuela.

Mariela Cova^{1*} , Antulio Prieto² .

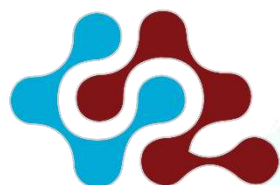
¹ Área recursos naturales, Instituto Nacional de Tierras ORT-Sucre, Sucre, Venezuela.

² Departamento de Biología, Venezuela, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Sucre, Venezuela.

Resumen

La fauna silvestre es un recurso vital para satisfacer ciertas necesidades de las comunidades rurales, por lo que los residentes han adquirido un conocimiento que les permite aprovechar de forma flexible las diferentes especies animales y vegetales que se encuentran en su entorno natural. En este estudio se llevó a cabo un diagnóstico sobre cómo los habitantes de dos comunidades rurales interactúan y utilizan el recurso fauna de la parroquia San Lorenzo, municipio Montes del estado Sucre, Venezuela. Las comunidades estudiadas fueron *La Fragua* y *La Loma*, pertenecientes a la Zona Protectora del Macizo Montañoso Turimiquire (ZPMMT). Se aplicó una encuesta que incluyó preguntas abiertas y cerradas a 80 habitantes; 50 en *La Fragua* y 30 en *La Loma*, con el objetivo de conocer la utilidad que le dan a las especies animales existentes o conocidas de la zona. Se reconocen 54 especies de animales aprovechadas bajo cinco (05) categorías de uso: 26 Mascotas (M), 23 Medicina (Me), 18 Alimento de subsistencia (A), 18 Comercio (C) y cuatro (04) rituales y mitos (RyM). Las aves son las especies más utilizadas, con un total de 30, seguidas de los mamíferos con 13, los reptiles con ocho (08) y los anfibios con tres (03) especies. Además, se encontró que 30 especies son utilizadas para más de un propósito por los habitantes de las comunidades investigadas. El uso de la fauna silvestre es común en ambas comunidades y se utiliza principalmente para satisfacer necesidades básicas de alimentación y medicina. Los patrones de uso son similares en ambas comunidades.

Palabras clave: Fauna silvestre, Comunidades rurales, *La Fragua*, *La Loma*, Zona protectora.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 30 de mayo del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335593>

***Autor para correspondencia:** Mariela Cova

e-mail:
marielacova@hotmail.com



Dissemination article

Local use of wildlife in two communities of the Turimiquire Mountain Massif, Sucre state, Venezuela.

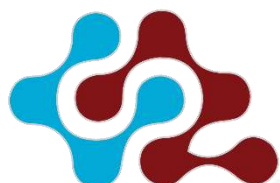
Mariela Cova^{1*} , Antulio Prieto² .

¹ Área recursos naturales, Instituto Nacional de Tierras ORT-Sucre, Sucre, Venezuela. ² Departamento de Biología. Venezuela, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Sucre, Venezuela.

Abstract

Wildlife is a vital resource to meet certain needs of rural communities, so residents have acquired knowledge that allows them to flexibly take advantage of the different animal and plant species found in their natural environment. In this study, a diagnosis was carried out on how the inhabitants of two rural communities interact and use the fauna resource of the San Lorenzo parish, Montes municipality of Sucre state, Venezuela. The communities studied were *La Fragua* and *La Loma*, both located in the Protected Zone of the Turimiquire Mountain Massif (ZPMMT). A survey was applied, which included open and closed questions to 80 inhabitants; 50 in *La Fragua* and 30 in *La Loma*, with the aim of knowing the utility they give to existing or known animal species in the area. 54 species of animals exploited under five (05) categories of use are recognized: 26 Pets (M); 23 Medicine (Me); 18 Subsistence food (A); 18 Trade (C) and four (04) rituals and myths (RyM). Birds are the most used species, with a total of 30, followed by mammals with 13, reptiles with eight (08) and amphibians with three (03) species. In addition, it was found that 30 species are used for more than one purpose by the inhabitants of the investigated communities. The use of wildlife is common in both communities and is used mainly to meet basic needs for food and medicine. Usage patterns are similar in both communities.

Keywords: Wildlife, Rural communities, *La Fragua*, *La Loma*, Protected area.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Received: May 15, 2023

Accepted: May 30, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335593>

***Corresponding author:**

Mariela Cova

e-mail:

marielacova@hotmail.com

1. Introducción

La fauna y flora silvestre constituyen un recurso fundamental para satisfacer las necesidades materiales y culturales de las comunidades rurales, por lo que sus habitantes han desarrollado un sistema de conocimiento que les permite utilizar de manera versátil las especies animales y vegetales de su entorno natural. En la actualidad, el conocimiento tradicional de la biodiversidad es una prioridad internacional en la agenda ambiental del nuevo milenio, ya que proporciona información esencial para promover prácticas sostenibles de aprovechamiento y expandir las opciones de desarrollo y bienestar a nivel local.

No obstante, desde épocas pasadas, la fauna silvestre ha sido un recurso significativo para las comunidades rurales. Su uso ha estado vinculado a la explotación selectiva de especies con valor económico, medicinal, ornamental, como mascotas, entre otros, formando parte importante de la identidad cultural de los asentamientos humanos. Por ende, representan un recurso fundamental para estas comunidades [1-4].

La explotación sin control de los recursos naturales, y en particular de la fauna silvestre, está aumentando cada vez más. La pérdida y fragmentación de los bosques, la contaminación, el cambio climático, el comercio ilegal y la caza indiscriminada han ocasionado una disminución en las poblaciones de animales salvajes vertebrados en todo el mundo [5]. Además, se ha registrado que la presión sobre la fauna silvestre aumenta en los países menos desarrollados a medida



que la pobreza económica de sus comunidades locales se intensifica [6].

El término "fauna silvestre" se utiliza comúnmente en un sentido más preciso para referirse al conjunto de animales que no son domésticos [7, 8]. No obstante, en la terminología legal de Venezuela, la fauna silvestre incluye las cuatro (04) Clases de vertebrados terrestres (Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia). A pesar de su uso frecuente, la fauna silvestre en Venezuela ha sido escasamente estudiada y no gestionada de manera adecuada. La mayor parte de la explotación se lleva a cabo de manera ilegal y sin ningún tipo de seguimiento o control, sin tener en cuenta consideraciones biológicas, ecológicas o socioeconómicas [9].

En las últimas décadas, el cambio climático ha provocado varias alteraciones significativas en los ecosistemas naturales del nor-orienté de Venezuela. Estas mudanzas han sido graduales y lentas en algunas áreas, pero rápidos en otras. Como resultado, muchos investigadores han mostrado interés en estudiar la biota existente en estas zonas, especialmente en áreas rurales donde se encuentran importantes áreas de refugio y alimentación para una gran diversidad de especies faunísticas, incluyendo especies con alto valor científico y cinegético.

Actualmente, se ha generado información que destaca la importancia del uso de la fauna silvestre para abastecer a las comunidades de recursos como alimento, medicina, comercio, mascota, ornamento, y también como elementos mágicos y religiosos [10-12].

Esta investigación tiene como objetivo categorizar y estimar la importancia de los diferentes usos de la fauna silvestre reconocidos por los habitantes de las comunidades rurales de La Fragua y La Loma,

ubicada en la parroquia San Lorenzo del municipio Montes, estado Sucre, Venezuela.

2. Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en las comunidades rurales de La Fragua y La Loma, como se observa en la Figura 1, ubicada en la Zona Protectora del Macizo Montañoso Turimiquire (ZPMMT), ABRAE creada mediante el Decreto N° 105 del 26 de mayo de 1974, su Reglamento de Uso fue decretado el 7 de diciembre de 1989 y publicado en Gaceta Oficial N° 4.158 de fecha jueves 25 de enero de 1990, emanado de la presidencia de la República de Venezuela, actualmente República Bolivariana de Venezuela [13].

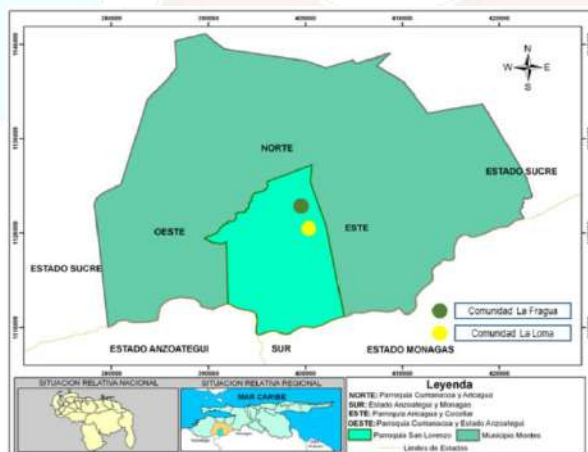


Figura 1. Área de estudio, resaltando la parroquia San Lorenzo del municipio Montes y la ubicación geográfica de las comunidades rurales de La Fragua y La Loma.



Según lo establecido en el Reglamento de Uso de la ZPMMT, los terrenos de la comunidad objeto de estudio están inmersos en la sub-unidad F2, que de acuerdo a las características específicas presenta un uso en particular el cual es de interés hídrico, ya que constituyen las nacientes de los principales ríos de la Zona Protectora del Macizo Montañoso del Turimiquire, por lo que su uso está orientado a la preservación, conservación y vida silvestre. Las actividades permitidas en esta zona son: la reforestación y la arborización con fines protectores y solo con especies autóctonas, la recreación pasiva, la educación ambiental y la investigación científica.

Las variables que conforman la caracterización físico-natural (geología, geomorfología, relieve y clima), fueron realizadas a partir de Pérez [14], las mismas se describen a continuación: El área objeto de estudio está constituida por un conjunto de capas esencialmente arcillosas, con lentes de arena fosilíferas, pertenecientes a la formación El Cantil (KeC) del Cuaternario (Qr) (Pleistoceno). La variación de la litología ocurre a través de una gran zona de falla, y la principal es la de San Francisco, la cual discurre en dirección norte-sur y tiene gran influencia sobre el municipio Montes.

A lo largo del paisaje premontano-montano, localizados en más del 90% de la comunidad, no son frecuentes los afloramientos rocosos del Cuaternario Pleistoceno al Terciario Paleoceno. La unidad Sedimentaria corresponde al Cuaternario-Pleistoceno; esta unidad está constituida principalmente por capas gruesas de conglomerados con estratificación irregular, a veces la estratificación es cruzada.

Las unidades fisiográficas del área están constituidas por un eje de paisajes montañosos, bordeado por colinas, piedemonte y en algunos sitios planicies aluviales y cenagosa, observándose una orientación irregular de los relieves en toda la comunidad. Esta zona es casi completamente montañosa, dividida por tres macizos bien diferenciados entre sí.

Por su ubicación geográfica, el área de estudio se caracteriza por poseer todos los atributos climáticos de la zona Tropical. De esta manera, según Köppen, el clima en esta zona es clasificado como Aw`I de sabanas y bosques tropófitos sub-húmedos (Aw`II) y de sabanas y bosques tropófitos húmedos (AwII(sII)i), el clima es un factor determinante, se manifiesta en esta zona con mucha nubosidad, rocío y altas precipitaciones (1.500 a 1.800 mm al año), la temperatura es muy fresca (20 a 22 °C), se encuentra a diferentes pisos altitudinales, la humedad relativa es muy alta. El área de estudio corresponde a un macizo montañoso, con alturas constantes entre 900 y 1200 m.s.n.m., al norte de la zona se observa una planicie piedemontina meridional con diferentes grados de disección, modelada en depósitos plio-pleistocenos.

La característica pluviométrica más resaltante del área de estudio, es la de poseer un régimen de precipitación multimodal, es decir, varios meses punta pluviométrico a lo largo de todo el año, caracterizado por un período lluvioso comprendido a partir de mayo hasta el mes de enero, con un promedio máximo en el mes de agosto. En este sentido, según Holdridge, la comunidad objeto de estudio se clasifica como: zona de vida, Bosque Muy Húmedo premontano (bmh-P) y Bosque Muy Húmedo montano (bmh-M). Además, se presentan muchos cuerpos de aguas subterráneas (manantiales, ojos de agua) y superficiales (ríos y



quebradas) cuencas hidrográficas importantes que drenan directamente en la cuenca del Río Manzanares.

A los fines de investigar sobre los diferentes usos que le dan los habitantes de las comunidades de La Fragua y La Loma a la fauna silvestre de la zona, se realizaron seis (06) salidas de campo para la aplicación de una encuesta a 80 habitantes, 50 en La Fragua y 30 en La Loma. Las encuestas fueron realizadas durante seis meses (enero-junio) del 2019. La encuesta incluyó preguntas abiertas y cerradas, donde se interrogó sobre el uso de las especies de animales existentes o conocidas por los habitantes de las comunidades objeto de estudio. Por otro lado, las encuestas fueron aplicadas de forma oral a informantes considerados claves (hombres y mujeres con edades comprendidas entre 30 y 60 años de edad), por ser conocedores de la fauna existente. Se comprobaron las imágenes de especies faunísticas reportadas por investigadores en la zona del Macizo Montañoso del Turimiquire, con la finalidad de reconocer cada especie registrada en las encuestas [11, 12].

3. Resultados y discusión

De las 80 encuestas aplicadas en las comunidades de La Fragua y La Loma, se registró un total de 54 especies de vertebrados utilizados, al menos con una categoría de uso: 30 aves, 13 mamíferos, ocho (08) reptiles y tres (03) anfibios. En total se registraron cinco usos: alimento de subsistencia (A), medicinal (Me), mascota (M), comercial (C), rituales

y mitos (RyM), teniendo mayor número de menciones el uso como mascotas, seguido por el medicinal (Tabla 1).

Tabla 1. Especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos señaladas como útiles por los habitantes encuestados en las comunidades de La Fragua y La Loma.

ESPECIE	NOMBRE LOCAL	USOS				
AMPHIBIA		A	Me	M	C	RyM
<i>Hypsiboas crepitans</i> (Wied-Neuwied, 1824)	Rana platanera		X			
<i>Pleurodema brachyops</i> (Cope, 1869)	Sapo ancas rojas					X
<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)	Sapo común		X			X
REPTILIA						
<i>Atractus matthewi</i> (Markezich y Barrio-Amorós 2004)	Tierrera del Turimiquire		X			
<i>Bothrops asper</i> (Garman, 1884)	Mapanare		X			
<i>Caiman crocodilus</i> (Linnaeus, 1758)	Baba	X	X			
<i>Crotalus durissus</i> (Linnaeus, 1758)	Cascabel		X			X
<i>Epictia goudotii</i> (Dumeril y Bidron, 1844)	Chacaquera		X			
<i>Erythrolamprus bizona</i> (Jan, 1863)	Falsa coral		X			
<i>Iguana iguana</i> (Linnaeus, 1758)	Iguana común	X	X	X		
<i>Micrurus circinalis</i> (Schmidt, 1936)	Coral		X			
AVES						
<i>Amazona barbadensis</i> (Gmelin, 1788)	Loro hombros amarillo		X	X	X	
<i>Ara militaris</i> (Linnaeus, 1766)	Guacamaya verde			X	X	
<i>Basileuterus griseiceps</i> (Sclater y Salvin, 1869)	Chiví cabecigris			X		
<i>Cacicus cela</i> (Linnaeus, 1766)	Arrendajo			X	X	
<i>Campephilus pollens</i> (Bonaparte, 1845)	Carpintero gigante			X		
<i>Canduelis psaltria</i> (Say, 1823)	Chirulí			X	X	
<i>Chlorophanes spiza</i> (Linnaeus, 1758)	Mielero verde			X	X	
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	Reinita platanera			X	X	
<i>Colinus cristatus</i> (Linnaeus, 1766)	Perdíz	X				
<i>Columba cayennensis</i> (Bonnaterre, 1792)	Paloma colorada	X	X			
<i>Columbina passerina</i> (Linnaeus, 1758)	Tortolita grisácea	X	X			
<i>Columbina squammata</i> (Lesson, 1831)	Palomita maraquera	X	X			
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	Búitre					X
<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1758)	Garrapatero común			X		
<i>Cyanocorax yncas</i> (Boddaert, 1783)	Querrequere, kin kin			X	X	
<i>Dendroica petechia</i> (Linnaeus, 1766)	Canario de oro			X		

Tabla 1. Especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos señaladas como útiles por los habitantes encuestados en las comunidades de La Fragua y La Loma.

ESPECIE	NOMBRE LOCAL	USOS				
AVES		A	Me	M	C	RyM
<i>Eupsittula pertinax</i> (Linnaeus, 1758)	Perico cara sucia			X	X	
<i>Forpus passerinus</i> (Linnaeus, 1766)	Periquito			X	X	
<i>Gymnomystax mexicanus</i> (Linnaeus, 1766)	Maicero			X	X	
<i>Icterus icterus</i> (Linnaeus, 1766)	Turpial			X	X	
<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	Paloma turca	X	X			
<i>Melanerpes rubricapillus</i> (Cabanis, 1862)	Carpintero Habado			X	X	
<i>Ortalis ruficauda</i> (Jardine, 1847)	Guacharaca	X				
<i>Pauxi pauxi</i> (Linnaeus 1766)	Paují copete de piedra	X	X			
<i>Penelope purpurascens</i> (Wagler, 1830)	Pava de monte	X				
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus 1766)	Cristofué			X		
<i>Premnoplex tatei</i> (Chapman 1925)	Fafao gargantiblanco			X	X	
<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas, 1764)	Tángara común			X	X	
<i>Thraupis episcopus</i> (Linnaeus 1766)	Azulejo			X	X	
<i>Tinamus major</i> (Gmelin, 1789)	Gallina de monte	X				
MAMMALIA						
<i>Alouatta seniculus</i> (Linnaeus 1766)	Mono aullador rojo			X	X	
<i>Cavia porcellus</i> (Linnaeus 1766)	Curí	X		X		

De estas 54 especies faunísticas, las más usadas fueron las aves con 30 especies (55,55 %), seguidas de los mamíferos con 13 especies (24,07 %), reptiles con ocho (08) especies (14,81 %) y por último los anfibios con tres (03) especies (5,55 %). Los resultados coinciden con los de otros investigadores, donde se ha observado una dominancia en el uso de las aves [11, 12]. Todo esto guarda estrecha relación con la proporción de las diferentes especies disponibles en la naturaleza, según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana [15], donde se señala que las aves son las especies más abundantes en la naturaleza después de los peces, seguida de los mamíferos, los reptiles y por último los anfibios.



De las 54 especies de vertebrados, 26 son utilizadas como mascotas, 23 como medicina natural, 18 como alimento, 18 para el comercio y cuatro (04) en rituales y mitos, al respecto, Ojasti [16] indica que los habitantes de zonas con pocos recursos económicos aprecian mucho la fauna silvestre de una región en particular, ya que les proporciona una gran parte de las proteínas necesarias para su alimentación.

Fauna silvestre utilizada como mascotas (M). Los habitantes de ambas comunidades señalan 26 especies como mascotas, esto representa el 48,14 % de las especies utilizadas. En esta categoría de uso se encuentran 20 aves (76,92 %), cinco (05) mamíferos (19,23 %) y un (01) reptil (3,84 %) (Tabla 1).

Desde tiempos antiguos ha existido una tradición de obtener y tener aves silvestres como mascotas. Esto se debe a que las aves suelen ser atractivas debido a su canto, plumaje y capacidad de brindar compañía o un estatus elevado a sus dueños [17].

No obstante, en el caso de los mamíferos utilizados como mascotas, se encuentran dos especies de monos, el Mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*) y el Mono capuchino (*Cebus olivaceus*), ambas consideradas plagas para los cultivos de la zona. Como resultado algunos agricultores los enjaulan y venden como mascotas a personas interesadas. Por otro lado, el reptil utilizado como mascota es la iguana (*Iguana iguana*), la cual es capturada en etapas juveniles porque presentan atractivos colores verdes y brillantes.

Fauna silvestre utilizada como medicina (Me). Los habitantes de las comunidades estudiadas reportan el uso medicinal de 23 especies, las cuales representan el 42,59 % de las especies utilizadas, de estas,



ocho (08) son reptiles (34,78 %), siete (07) mamíferos (30,43 %), seis (06) aves (26,08 %) y dos (02) anfibios (8,69 %) (Tabla 1).

La utilización de la fauna silvestre en la preparación de remedios caseros para tratar algunas dolencias o enfermedades está estrechamente relacionada con la historia y la cultura de las comunidades. Este hecho se refleja en los resultados, donde el 42,59 % (N=23) de las especies de animales son utilizadas con fines medicinales, lo cual coincide con lo señalado por De La Ossa en el 2003 [18]. Molina y Peñaloza [19] indican que la medicina tradicional se caracteriza por una fuerte conexión entre lo cultural, lo individual y lo social.

La fauna silvestre está relacionada con la medicina tradicional, que es una parte importante de la cultura de los pueblos originarios. Aunque no se le da el mismo uso que a las plantas medicinales, esta práctica todavía es importante en muchas comunidades [20].

Es fundamental mencionar que los supuestos beneficios medicinales relacionados con las especies utilizadas para tal fin, no han sido probados científicamente, y por lo tanto, necesitan ser investigados y estudiados con mayor profundidad. En este sentido, el conocimiento tradicional sobre las propiedades medicinales que pueden tener algunas especies aún carece de estudios científicos que los respalden [21,22].

Fauna silvestre utilizada como alimento de subsistencia (A).

Los habitantes de las comunidades objeto de estudio reportan el uso como alimento de subsistencia a 18 especies, esto representa el 33,33 % de las especies utilizadas. De estas, nueve (09) son aves (50 %), siete (07) mamíferos (38,88 %), y dos (02) reptiles (11,11 %) (Tabla 1).



El uso de la fauna silvestre como alimento de subsistencia ha sido y sigue siendo un recurso alimenticio importante para muchas comunidades rurales a lo largo de la historia. En estas comunidades, la caza y la pesca es una fuente de alimentos necesaria para la subsistencia y la fauna silvestre ha sido una parte integral de su cultura y tradiciones, así como una fuente importante de proteínas, vitaminas y otros nutrientes esenciales. En algunas comunidades, la caza se realiza de manera sostenible y responsable, y se utiliza para complementar la agricultura y la pesca. Sin embargo, en otras comunidades, la caza excesiva y la falta de normas y regulaciones adecuadas han llevado a la disminución de las poblaciones de especies silvestres, lo que a su vez ha afectado la seguridad alimentaria y la biodiversidad de especies faunísticas.

A pesar de los riesgos asociados con la caza y el consumo de fauna silvestre, muchas comunidades rurales continúan dependiendo de ella como recurso alimenticio. En algunos casos, la caza y la pesca son la única fuente de alimentos disponibles durante ciertas épocas del año, especialmente en zonas remotas y de difícil acceso. Además, la fauna silvestre es a menudo valorada por su sabor y calidad nutricional, así como por su importancia histórica-cultural y tradicional.

Los encuestados mencionaron una gran variedad de recetas para preparar aves, mamíferos y reptiles como alimento, donde se destacan los guisos y caldos principalmente, y se utilizan partes de especies herbáceas como condimento, como hojas de salvia, orégano, menta, entre otras. También señalaron que una de las razones por las que consumen carne de animales silvestres es porque la consideran un platillo exquisito, rico en nutrientes y vitaminas. Por ejemplo, la carne de mamíferos silvestres como la lapa (*Cuniculus paca*), el báquiro

(*Pecari tajacu*) y el curí (*Cavia porcellus*) es consumida por la exquisitez de su carne, no solo por necesidad. Esta situación se asemeja a lo registrado en otras comunidades rurales [23, 24]. Es evidente que los encuestados comprenden la importancia de la fauna silvestre como fuente de alimentos de origen animal disponible en la naturaleza, lo que les permite obtener sustento sin tener que gastar dinero para adquirirlos. Este aspecto puede ser positivo, especialmente si hay escasez de recursos económicos para la obtención de comida. No obstante, también existe el riesgo de que la caza y la pesca excesivas puedan diezmar las poblaciones de fauna silvestre si no se acompañan de medidas adecuadas de preservación y conservación.

Fauna silvestre utilizada para el comercio (C). Los habitantes de las comunidades evaluadas reportan utilizar para la venta 18 especies que representan el 33,33 % de las utilizadas, 15 aves (83,33 %) y tres (03) mamíferos (16,66 %) (Tabla 1). De acuerdo con los encuestados, en ocasiones venden algunas especies de animales que les han sido encargadas por personas externas a la zona. Estas especies suelen ser aves cantoras como los loros hombro amarillo (*Amazona barbadensis*), querrequeres (*Cyanocorax yncas*), turpiales (*Icterus icterus*), periquitos (*Forpus passerinus*) y azulejos (*Thraupis episcopus*), así mismo, mamíferos como monos (*Alouatta seniculus* y *Cebus olivaceus*) y ardillas (*Sciurus granatensis*).

La fauna silvestre es una importante fuente de alimento para muchas comunidades rurales en Venezuela. Sin embargo, también se ha registrado una importante comercialización de especies de fauna silvestre por parte de los habitantes de estas comunidades, lo que ha generado preocupación por la conservación de estas especies y el

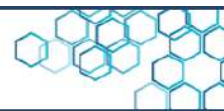


impacto que esto puede tener en la biodiversidad y el equilibrio ecológico.

La comercialización de fauna silvestre en Venezuela se ha convertido en una actividad ilegal y altamente lucrativa. Según estudios realizados por organizaciones ambientalistas, la comercialización de especies silvestres es una práctica común en muchas comunidades rurales, especialmente en zonas de difícil acceso, donde la caza y la pesca son la única fuente de alimentos y se han desarrollado técnicas específicas para la caza de estas especies. Entre las especies de fauna silvestre comercializadas en Venezuela se encuentran aves, mamíferos y reptiles, como loros, guacamayas, monos, entre otros. Estas especies son capturadas y vendidas a través de mercados informales en ciudades cercanas o en las propias comunidades rurales.

Es importante destacar que la comercialización de fauna silvestre en Venezuela es una práctica ilegal, ya que estas especies están protegidas por la ley, su captura y comercio están penados por la legislación ambiental del país. Asimismo, la comercialización de fauna silvestre puede tener un impacto negativo en la economía y el turismo en Venezuela, ya que puede afectar la imagen del país como destino turístico y de conservación de la biodiversidad.

Fauna silvestre utilizada para rituales y mitos (R y M). Los habitantes de las comunidades evaluadas reportan utilizar para rituales y/o mitos cuatro (04) especies que representan el 7,40 % de las especies utilizadas: Dos (02) anfibios (50 %), un (01) reptil (25 %) y un (01) ave (25 %) (Tabla 1). En esta investigación se ha identificado la persistencia de diversas creencias, las cuales se han denominado "rituales y/o mitos". Estas creencias se transmiten oralmente de generación en



generación y forman parte de una u otra forma del acervo cultural de estas comunidades.

El uso de los recursos naturales, particularmente el de la fauna silvestre, es importante en las comunidades del Macizo Montañoso del Turimiquire y, aunque en la actualidad, el uso de vertebrados no se considera una actividad primaria para los informantes, sigue siendo una fuente de aporte energético a su dieta, como en otras regiones de América Latina [25].

Con respecto al estatus de las especies usadas, 11 de ellas se encuentran amenazadas de extinción según el Libro Rojo de la fauna venezolana, 2015 (Tabla 2). Es importante destacar que la conservación de hábitats y especies bajo alguna categoría de amenaza, debe plantearse desde una perspectiva más amplia que solo los decretos gubernamentales de áreas naturales protegidas, ya que éstas han mostrado no ser la mejor estrategia en algunos lugares de Venezuela. En varios lugares, los habitantes de las comunidades rurales pueden ser aliados en la conservación de la fauna silvestre y, en general, de los recursos naturales.

Se ha observado que las comunidades de América Latina han conservado por décadas los recursos naturales de sus regiones, demostrando que sus prácticas de aprovechamiento que incluyen especies, tipo de individuos, formas de obtenerlos y tiempos, han favorecido la persistencia de las especies [26]. Por lo que es necesario proponer alternativas productivas sustentables de manera de mejorar la calidad de vida de los habitantes locales procurando mantener los procesos ecológicos y la biodiversidad de los ecosistemas.

Tabla 2. Especies en peligro de extinción.

ESPECIE	STATUS DE CONSERVACIÓN, SEGÚN LIBRO ROJO DE LA FAUNA VENEZOLANA (2015)
REPTILIA	
<i>Atractus matthewi</i>	VULNERABLE
AVES	
<i>Amazona barbadensis</i>	EN PELIGRO
<i>Ara militaris</i>	EN PELIGRO
<i>Basileuterus griseiceps</i>	EN PELIGRO
<i>Campephilus pollens</i>	VULNERABLE
<i>Pauxi pauxi</i>	EN PELIGRO
<i>Premnoplex tatei</i>	VULNERABLE
MAMMALIA	
<i>Cuniculus paca</i>	VULNERABLE
<i>Dasypus novemcinctus</i>	VULNERABLE
<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	VULNERABLE
<i>Speothos venaticus</i>	VULNERABLE

4. Conclusiones

Los resultados de esta investigación indican la existencia de 54 especies faunísticas utilizadas por los habitantes de las comunidades rurales de La Fragua y La Loma. Así mismo, ambas comunidades presentan una evidente carencia de bienes de consumo, que puede representar el principal condicionante para la utilización de especies pertenecientes a la fauna silvestre, especialmente para subsistencia, medicina y comercio.

De las 54 especies utilizadas por habitantes de las comunidades de La Fragua y La Loma, once se encuentran amenazadas de extinción, bajo las categorías de Vulnerables (VU) y En Peligro (EN), de acuerdo a lo establecido en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana.

La fauna silvestre en las comunidades de La Fragua y La Loma presenta un patrón de comportamiento similar al registrado en Latinoamérica, y es de vital importancia social. Muchas especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos mantienen una estrecha relación con la economía de varios grupos humanos, donde parte de la producción se destina a la subsistencia y otra parte se utiliza como bien de cambio.

Aunque la fauna silvestre ha sido un recurso alimenticio crucial para muchas comunidades rurales, es importante que su caza y consumo sean realizados de manera sostenible y responsable para garantizar tanto la seguridad alimentaria como la conservación de la biodiversidad.

Es crucial encontrar un equilibrio adecuado entre la necesidad de alimentos, la conservación del medio ambiente y la salud humana. Para ello, es fundamental llevar a cabo campañas educativas y de concientización en las comunidades rurales sobre los riesgos y beneficios de la caza y el consumo de fauna silvestre, y promover la implementación de regulaciones y normas adecuadas para garantizar la conservación de las especies y los ecosistemas naturales.



5. Referencias

- [1] Aquino Rolando, Pacheco Teddy, Vásquez Mauro. Evaluación y valorización económica de la fauna silvestre en el río Algodón, Amazonía peruana. *Rev. Perú biol.* 2007; 14(2): 187-192. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000300003&lng=es.
- [2] Monroy-Vilchis Octavio, Cabrera Leonardo, Suárez Pedro, Zarco-González Martha Mariela, Rodríguez-Soto Clarita, Urios Vicente. Uso tradicional de vertebrados silvestres en la Sierra Nanchititla, México. *INCI.* 2008; 33 (4): 308-313. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000400014&lng=es.
- [3] Claus CA, Chan KMA, Satterfield T. The roles of people in conservation. En: *Conservation Biology for All*. Oxford University Press; 2010. p. 262-83.
- [4] Velarde Mendoza, Tzintia. Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (*Ambystoma dumerilii*) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán [Tesis de Licenciatura]. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2011. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/232210>
- [5] Llorente-Bousquets J, Ocegueda S. Estado del conocimiento de la biota. En: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México; 2008. p. 283-322.
- [6] Pratt DG, Macmillan DC, Gordon IJ. Local community attitudes to wildlife utilisation in the changing economic and social context of Mongolia. *Biodivers Conserv.* 2004;13(3):591-613. <http://dx.doi.org/10.1023/b:bioc.0000009492.56373.cc>
- [7] Giles RH, Wildlife management. San Francisco: W. H. Freeman. 1978.
- [8] Gondelles R, Medina G, Méndez-Arocha JL y Rivero-Blanco C. Nuestros Animales de Caza, Guía para su Conservación. *Fundación de Educación Ambiental (MARNR)*. 1981, 119 pp.



- [9] Ojasti, J. Vertebrados exóticos invasores en Venezuela. LII *Convención Anual de AsoVAC*. Barquisimeto. 2002.
- [10] Cova M. y Prieto, A. Usos de la fauna silvestre en dos comunidades de la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Acta Biol. Venez.* 2011. Vol. 31 (1-2):11-18.
- [11] Cova M. Plan de desarrollo sostenible de fauna silvestre en dos comunidades de la península de Araya, estado Sucre. 2009-2011. [Trabajo de postgrado]. Cumaná, Venezuela: Universidad Nacional de las Fuerzas Armadas (UNEFA); 2011.
- [12] Ramos, A. Plan de manejo sostenible de fauna silvestre en la comunidad de Guaranache, parroquia San Juan, municipio Sucre, estado Sucre. [Trabajo de Postgrado. Gerencia Ambiental]. Cumaná, Venezuela. UNEFA; 2012.
- [13] Decreto n° 105. Publicado en Gaceta oficial extraordinaria n° 1655, de fecha 27/05/1974, donde el Macizo Montañoso del Turimiquire es decretado Área Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), Zona protectora. 26 de mayo de 1974.
- [14] Pérez, L. Estudio de los subsistemas funcionales del Estado de Sucre. Informe realizado por el MARNR. 1997.
- [15] Rodríguez, J.P. García-Rawlins, A. y Rojas-Suárez, F. Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Cuarta ed. Caracas, Venezuela: Provita y Fundación Empresas Polar; 2015. 470 p.
- [16] Ojasti J. Utilizacion de la Fauna Silvestre en America Latina: Situacion Y Perspectivas Para Un Manejo Sostenible (*Guías Fao: Conservacion*). Roma, Italia: Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 1993.
- [17] Acosta MD. Caza y comercio ilegal de aves silvestres en la provincia de Santa Fe, Argentina. *BioScriba* Vol 6(1). septiembre de 2013; 9-15.
- [18] De Le Ossa, V.J. Manejo de fauna silvestre tropical. Bogotá, Colombia. Programa de Desarrollo Sostenible de la Región de La Mojana, PDSM. Departamento Nacional de Planeación, DNP,



Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. 2003.

[19] Molina M, Peñaloza J. Dog predation on Páramo white-tailed deer: the case Mucubají, Sierra Nevada National Park. *Revista Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. 2000; 154:139–44.

[20] Barbarán F. Usos Mágicos, Medicinales Y Rituales De La Fauna En La Puna Del Noroeste Argentino Y Sur De Bolivia. *Contribuciones al manejo de vida silvestre en Latinoamérica*. 1:1-26 pp. 2004. https://www.academia.edu/290497/Usos_M%C3%A1gicos_Medicinales_Y_Rituales_De_La_Fauna_En_La_Puna_Del_Noroeste_Argentino_Y_Sur_De_Bolivia

[21] Cortez-Gallardo V, P Macedo-Ceja J, Hernández-Arroyo M, Arteaga-Aureoles G, Espinosa-Galván D, F Rodríguez-Landa J. Farmacognosia: breve historia de sus orígenes y su relación con las ciencias médicas. *Rev Biomed*. 2004;15(2):123–36. <http://dx.doi.org/10.32776/revbiomed.v15i2.381>

[22] Vargas, L.; Estrada-Gómez, S. y Vásquez-Escobar, J. Toxinas de venenos de serpientes y escorpiones, una fuente natural de moléculas con actividad antimicrobiana. *Curare* 2 (1). 2015. <http://dx.doi.org/10.16925/cu.v2i2.1166>

[23] Pascual-Ramos, E.; Medina-Torres, S.; Sandoval- Forero, E.; Lara-Ponce, E.; Piña-Ruiz, H.; Martínez-Ruiz, R. y Rojo-Martínez, G. Uso de reptiles entre Yoremes y Yoris en el municipio de El Fuerte, Sinaloa. *Ra Ximhai* 10(3): 195–208. (2014). Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46131111014.pdf>

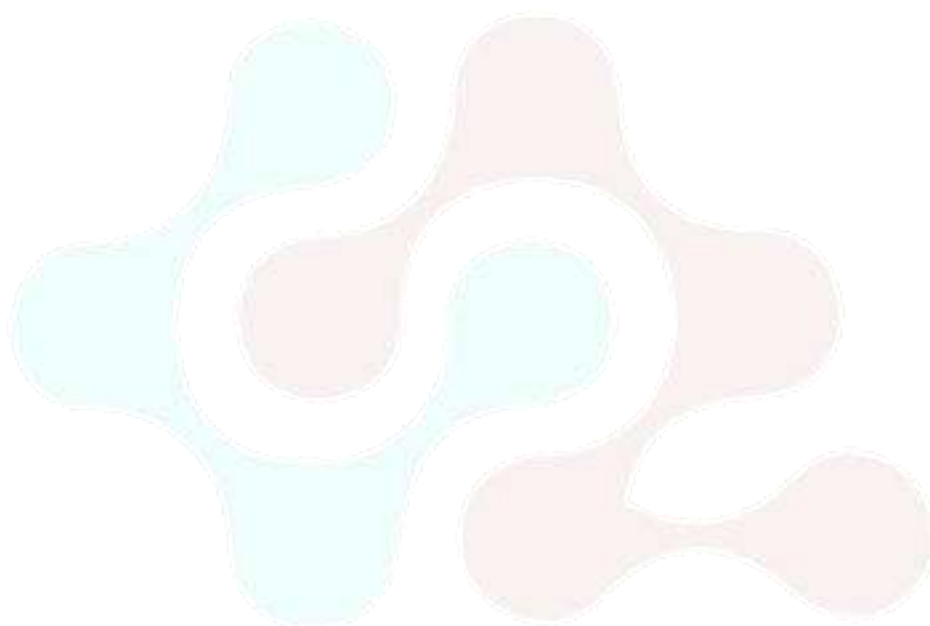
[24] Rodas-Trejo J. Evaluación de la diversidad a través de cámara trampa y uso local de los mamíferos no voladores en el área de protección de flora y fauna metzabok, Chiapas, México. Unpublished; 2014. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.15942.57922>

[25] Retana-Guiascón OG, Aguilar-Nah MS, Niño-Gómez G. Uso de la vida silvestre y alternativas de manejo integral. el caso de la comunidad maya de pich, campeche, méxico. *Tropical and Subtropical*

Agroecosystems. 2011;14(3):885-90.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93921493016>

[26] Toledo VM, Alarcón-Chaires P, Moguel P, Olivo M, Cabrera A, Leyequien E, et al. El Atlas Etnoecológico de México y Centroamérica: Fundamentos, Métodos y Resultados. *Ucr.ac.cr*. https://ccp.ucr.ac.cr/bvp/pdf/cambiodemografico/atlas_etnologico.pdf





Revisión preliminar / Artículo de divulgación

Decodificación de un calendario lunar metónico representado en un petroglifo geométrico de la estación Capubana, en el Cerro de Santa Ana. Edo. Falcón. Venezuela

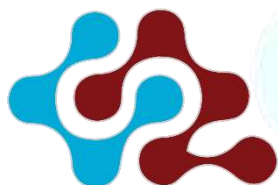
Enrique Acasio^{1*} .

¹ Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón, Venezuela.

Resumen

El objeto del presente trabajo de investigación es publicar de manera preliminar la decodificación de un posible calendario astronómico lunar presente en un petroglifo de diseño geométrico-matemático en la estación de arte rupestre Capubana, en la falda del cerro de Santa Ana, en la Península de Paraguaná. Fue tomado como referencia argumental los estudios del investigador Rebullida (1990), la cual posibilitó la debida lectura e interpretación y produjo los contenidos teóricos y el método para ser aplicado en este glifo, así como su posible aplicación en otros petroglifos con alta probabilidad de ser calendarios lunares.

Palabras clave: arte rupestre, petroglifos, Calzadas, metónico, arqueoastronomía, estado Falcón.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Recibido: 15 de mayo del 2023

Aceptado: 25 de mayo del 2023

Publicado: 12 de septiembre del 2023

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335606>

***Autor para**

correspondencia: Enrique Acasio.

e-mail:

deliachi03@gmail.com



Dissemination article / Preliminary review

Decoding of a Metonic lunar calendar represented in a geometric petroglyph at the Capubana station, on Cerro de Santa Ana. Edo. Falcon. Venezuela

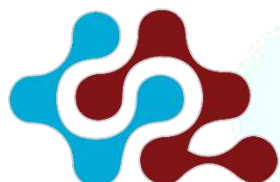
Enrique Acasio^{1*} 

¹ Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón, Venezuela.

Abstract

The purpose of this research work is to publish in a preliminary way the decoding of a possible lunar astronomical calendar present in a petroglyph of geometric-mathematical design in the Capubana rock art station, in the slope of the Santa Ana hill, in the Paraguaná Peninsula. The studies of the researcher Rebullida (1990) were taken as an argumentative reference, which made possible the proper reading and interpretation and produced the theoretical contents and the method to be applied in this glyph, as well as its possible application in other petroglyphs with a high probability of being lunar calendars.

Keywords: Rock art, petroglyphs, Calzadas, Metonic, archaeoastronomy, Falcón state.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Received: May 15, 2023

Accepted: May 25, 2023

Published: September 12, 2023

Conflict of interest: the authors declare that there are no conflicts of interest.

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8335606>

***Corresponding author:**

Enrique Acasio

e-mail:

deliachi03@gmail.com

1. Introducción

El presente estudio tiene por finalidad crear una base sólida de pruebas, de diversas índoles, siendo la arqueoastronomía herramienta fundamental para demostrar que el petroglifo en forma geométrica cuadrangular, ubicado en la falda del cerro de Santa Ana, península de Paraguaná del estado Falcón, es un calendario lunar. Diversas evidencias profusamente sustentadas, y estudios de otros calendarios de similar diseño me dan pie a formular la teoría, de que nuestros arcanos escudriñadores del firmamento, desarrollaron la capacidad intelectual y técnica para diseñar y confeccionar un calendario astronómico lunar para computar el movimiento cíclico del astro selenita. El presente trabajo es una prueba de reconstrucción y correlación del calendario de Las Calzadas, estación Capubana, fue generado en el marco de los estudios arqueoastronómicos que se están realizando en las estaciones de arte rupestre presentes en las inmediaciones del monumento natural Cerro de Santa Ana localizada en el centro de la península de Paraguaná. Se estudia de forma seria, sistematizada y con gran objetividad las diferentes manifestaciones rupestres que presentan un alto contenido de sinología asteromorfa. Es decir, símbolos y figuraciones que denotan las representaciones mentales de nuestros originarios sobre la bóveda estrellada. Se han descubierto una serie de santuarios astronómicos de gran relevancia diseminados en toda la extensión del suelo falconiano, que evidencian el gran poder de abstracción mental de nuestros astrónomos ancestrales, con la capacidad tecnológica e intelectual para diseñar y confeccionar calendarios astronómicos que permiten computar el movimiento de algunos cuerpos de la bóveda celeste; estrellas, planetas, principalmente el movimiento cíclico del astro rey y del

cuerpo selenita. El análisis de este ensayo se fundamenta a partir de las premisas metodológicas empleadas en los diferentes santuarios astronómicos y la experiencia alcanzada por la misma investigación que se viene realizando desde el año 2012, tributando en varios textos de mi autoría sobre arqueoastronomía; Piedras Parlantes de Siraba [1], Piedra de Misaray: Calendario Perpetuo Luni-solar [2] y Cielo Ancestral. Decodificación de la manifestación rupestre de los Santos – El Mestizo [3].

El petroglifo en estudio se encuentra localizado en una roca satélite de 0.76 x 0,70 m de largo y ancho respectivamente, muy cerca de una pieza monolítica de casi 4 metros de longitud, también con una serie de glifos en su superficie. Esta estación rupestre se localiza muy cerca de las calzadas, en el primer piso biótico del monumento natural a una altura de 210 m.s.n.m, enclavada en una topografía con cierta pendiente y un suelo rocoso con poca materia orgánica, como se muestra en la Figura 1. Alrededor de estas piezas líticas predomina la vegetación del tipo xerofita; según Eva Salazar [4] especies como quipito hediondo (*Anagyris foetida*), dividive (*Caesalpinia coriaria*), cují yaque (*Prosopis juliflora*), el buche (*Melocactus caeseus* y/o *Melocactus lobelli*), salvia (*Salvia coccínea*), tuna brava (*Opuntia wentiana*), cardón o dato (*Ritterocereus griceus*), trompillo (*Jacquinia aristata* y/o *Jacquinea revoluta*), urupaguita (*Castela erecta* Turpin), cruceta (*Guettarda divaricata* (Humb. & Bonpl. ex Schult.)) y varios tipos de pastos. Estas plantas están relativamente cerca del soporte que sustenta el petroglifo, sin embargo, no proporcionan sombra debido a la altura de las mismas con respecto al volumen de la roca.

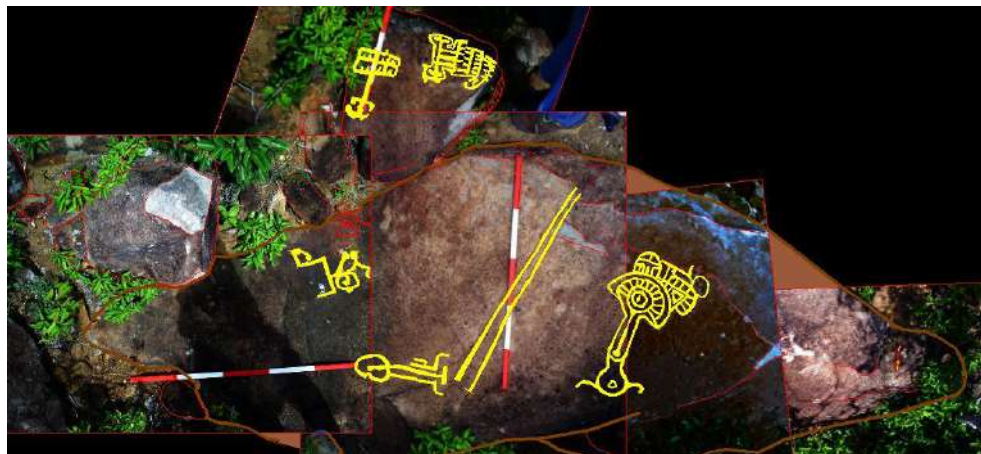


Figura 1. Ubicación del soporte lítico que presenta el tallado del calendario en relación con los otros petroglifos de sus alrededores.
Fuente: Autor

El petroglifo en estudio comparte soporte con otra figura también de contenido geométrico. Un diseño muy similar a éste, e inclusive con alta probabilidad de ser otro instrumento calendárico, pero dado su alineamiento y su posición con respecto al glifo de interés, se infiere fue realizado siguiendo otro ciclo astronómico, como se muestra en la Figura 2.

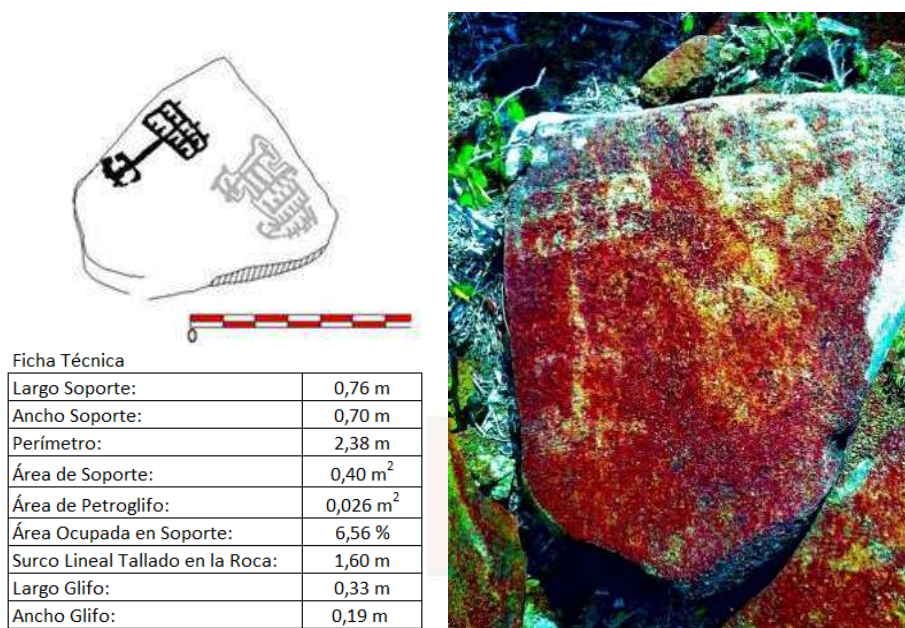


Figura 2. Localización del petroglifo (trazo en negro) en el soporte lítico junto al otro tallado con un diseño mucho más elaborado y del tipo al parecer también calendárico. Así lo evidencian sus perfectos trazos paralelos como cuentas. La imagen derecha fue tratada con el Programa ImageJ/DStretch de la NASA para resaltar su contorno. Fuente: Autor

La presente investigación demostrará que el glifo geométrico cuadrangular es la representación de un calendario que incorpora en su diseño el ciclo metónico. Conocido también como ciclo de Metón o ciclo decemnovental, ciclo que busca las coincidencias del año solar y el año lunar. Descubierta en el siglo V a.C por el astrónomo griego Metón, confirmando que 19 años solares eran el equivalente a 235 lunaciones, es decir, demostró que cada 19 años solares la luna volvía a pasar por las mismas fases en los mismos días y en las mismas horas, con lo cual se ajustaba el comienzo de la luna con el sol [5].

Es así como nuestros ancestros lograron establecer un calendario basado en el ciclo metónico de 19 años solares equivalentes a 235 lunaciones, y por consiguiente, un poderoso instrumento para predecir el movimiento de la luna. El principio básico elemental que emplearon muchas culturas y sociedades en el mundo primigenio era iniciar el modelo desarrollado como primera cuenta calendárica, justo con el primer plenilunio o luna llena que se producía en el solsticio de invierno. También era empleado el novilunio como referencia para iniciar las cuentas calendáricas, logrando de esta manera compaginar el ciclo lunar con el solar, de allí la caracterización de calendarios Luni-solares.

Así también lo referencia Rebullida (1990) en su interesante artículo: *Astronomía en la prehistoria* [6]:

“Obtuvieron dentro de un año cómputos de tiempo más cortos por medio de las lunaciones. Para compaginar la discrepancia en días exactos de un mes sinódico y un año solar iniciaban los años con el primer plenilunio que se producía después del solsticio de invierno, hecho que da lugar a que un año pueda tener 12 o 13 meses según la secuencia de.... Desarrollo del ciclo metónico” [6].

2. Análisis del calendario lunar

El glifo en análisis evidencia las cuentas calendáricas, y por lo tanto un posible instrumento astronómico arcano, pero antes de entrar en su decodificación realizaré un breve estudio descriptivo del mismo. Un petroglifo con figura del tipo geométrico; un paralelogramo

horizontal alargado y en el centro de su lado mayor se proyecta un apéndice, en cuyo extremo se posiciona otra figura de forma cuadrangular de proporción menor en estilo abierto, traspasado en su centro por el trazo vertical anteriormente descrito. La figura presenta las dimensiones de 330 mm de altura por 190 mm de ancho. Como se muestra en la Figura 3, el rectángulo mayor está dividido en seis sectores en relación asimétrica; cuatro pequeños cuadrangulares y dos rectangulares. Para graficar mejor dicha distribución podría aportar con decir que es una representación en matriz rectangular de dos filas y tres columnas. El interior de cada paralelogramo está acompañado de una serie de marcas verticales que parten de su base hasta llegar a un tercio de su altura. Lo que, a mi modo de ver, conforman las cuentas calendáricas del instrumento astronómico. Cada rectángulo presenta dos cuentas, mientras que cada cuadrado le corresponde una cuenta, para entregar ocho (8) marcas o cuentas. En el exterior del rectángulo, en su parte superior opuesta a la posición del apéndice se alojan tres trazas verticales; una a cada extremo de la figura, y uno alojado en el centro alineado del primer cuadro interno del diseño. Todas con la altura similar a las cuentas internas. Entregando entonces un total definitivo de once (11) cuentas calendáricas. No se toman en consideración el diseño del apéndice y la caja en su extremo por alejarse completamente del diseño entregado por el paralelogramo principal, es decir, no contiene ninguna marca, tanto interna como externa que pueda asociarse a una cuenta para el modelo. Finalizada la descripción iniciemos entonces con el estudio interpretativo del petroglifo “Calendario de las Calzadas”.

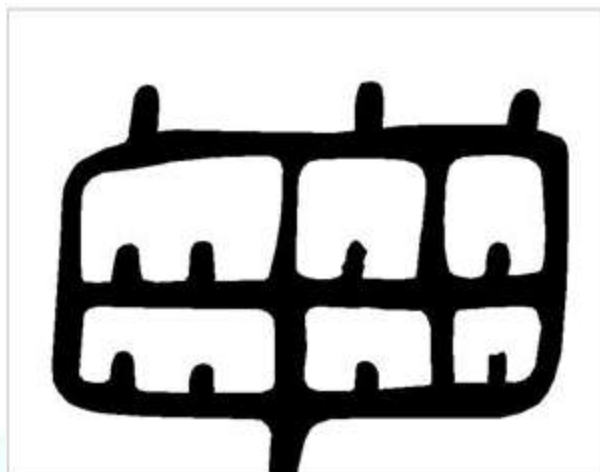


Figura 3. Diseño y estructura calendárica del petroglifo. Fuente: Autor

El diseño geométrico-matemático presenta una cierta similitud con el diseño del calendario de Misaray, aunque en una versión más simplificada. Sus cuentas calendáricas podrían estar referidas a las trazas presentes en el interior de cada cuadrangular, así como de las líneas exteriores del rectángulo que define la forma total del diseño. Aun cuando se sospechaba, formaba parte de un instrumento astronómico para computar el tiempo, se me dificultó su decodificación dado que su estructura o lo que bien podríamos definir como su “arquitectura de diseño” se aleja un poco de los glifos lunares estudiados en la Piedra de Siraba, o del calendario Luni-solar de Misaray. Por lo tanto, debía trabajar en función de “cero”. La iluminación necesaria para lograr decodificar el calendario lunar provino de los estudios de Rebullida (1990) [6], quien me entregó las bases teóricas para establecer, argumentar y validar lo que desde hace mucho tiempo venía sosteniendo sin soporte o metodología alguna, que su diseño estaba enmarcado en un calendario ancestral. El mismo



autor realiza una serie de estudios a diferentes manifestaciones rupestres encontradas en España, y en ellos aplica los principios del ciclo metónico para descifrar el significado de los símbolos inherentes a dichas representaciones astronómicas. Como bien se mencionó en líneas anteriores, el ciclo metónico establece que el ciclo lunar es repetitivo y constante en periodos de 19 años, 18.61 años para ser más exactos, como un modo de ilustrar este ciclo; si se observa la luna nueva en un día del solsticio de invierno en una determinada constelación, por ejemplo, en la cola de Escorpión, este fenómeno solo podrá ser percibido nuevamente después de haber transcurrido 19 años, y así sucesivamente. Este reencuentro del sol y la luna fue de gran preeminencia en el entendimiento de una parte del ciclo celestial, y el de permitir o elevar el desarrollo cognitivo humano para confeccionar calendarios que permitiesen interpretar, y mejor aún, manejarlo con sus ciclos naturales.

Rebullida, 1999 [7] entregó la clave en esta investigación para entender el desarrollo y ejecución de estos calendarios basados en el período metónico. En su libro: “Astronomía y Religión en el Neolítico-Bronce” citado en el artículo presentado en la revista científica española *Tribuna de Astronomía*, pudo establecer, que, debido a las oscilaciones máximas de nuestro satélite natural respecto a los puntos solsticiales, ocasionada por la regresión de los nodos dentro del periodo de 19 años las lunaciones varían en diferentes años, pudiendo tener períodos de 12 y 13 meses, como ya señalamos en líneas anteriores. Sin embargo, el mismo autor logra establecer un patrón referencial con la gran ventaja de poder sintetizar el complejo calendario de un ciclo de 19 años en un período de 4 años. Es decir, se percató que los ciclos de lunaciones en tramos de 4 años se repetían, y mostraban coincidencias, por lo tanto,



podía ser tomado como una base de lunaciones acumuladas durante 4 años, y repetir sus subsecuentes periodos de 4 años para completar el ciclo de 19 años. Dicho en otras palabras, logro minimizar lo más posible el complejo calendario metónico y hacerla funcional con un modelo más simplificado y más entendible. Es así como se logra estructurar un calendario con referencia 4-4-4-4-3 hasta completar el ciclo metónico. Este hallazgo es de suma importancia porque entrega una metodología propia y muy pertinente para lograr descifrar los instrumentos predictores ancestrales. A continuación, presento la Tabla 1 elaborada en función de la aportada por Rebullida (1990) [7], lo cual permite ilustrar adecuadamente el presente principio. Siguiendo con la disertación del mismo autor, afirma que los astrónomos prehistóricos del Neolítico de Europa pudieron elaborar sus calendarios tomando como referente una serie de 50 unidades, siendo las cincuenta lunaciones acumuladas en el periodo de 4 años desde que comenzó a correr el calendario desde su cuenta “uno”. Para un mejor entendimiento, consulte constantemente la tabla entregada. Concluye que en dichos calendarios ancestrales deben aparecer los parámetros 13, 25, 38 y 50.

“Descubrieron que al contar sobre una serie de 50 unidades los meses de los cuatro primeros años (columna 3 de la tabla) y señalar solamente las posiciones 13, 25, 38 y 50 finales de cada año, contando hacia atrás desde 50 los meses últimos de los siguientes años inciden en los números 25, 38, 13 y 1. Los consecutivos ocho años tienen igual sucesión de meses que sus anteriores. Los años 17 y 18 se sitúan igualmente en los números 13 y 25, siendo el año 19 del ciclo con sus 12 meses, el que por apartarse de la regla al ocupar el número 37, indicaba ser el final

del periodo. Esto le permitiría con sólo cuatro puntos desarrollar todo el calendario” [7].

Tabla 1. Tabla de lunaciones acumuladas según el trabajo de Rebullida [7].

1	2	3
Año	Lunaciones en un Año	Lunaciones acumuladas
1	13	13
2	12	25
3	13	38
4	12	50
5	12	62
6	13	75
7	12	87
8	12	99
9	13	112
10	12	124
11	13	137
12	12	149
13	12	161
14	13	174
15	12	186
16	12	198
17	13	211
18	12	223
19	12	235



En síntesis, los antiguos astrónomos lograron diseñar sus calendáricos basados en el ciclo metónico con tan solo 4 puntos referenciales, puesto que, si el instrumento predictor estaba bien diseñado, las demás lunaciones acumuladas deberían coincidir perfectamente en estos cuatro puntos, lo que bien podríamos definir como nodos de control. De no hacerlo, el calendario como instrumento para medir el tiempo y para predecir algunos fenómenos celestes sería inefectiva, y propensa a arrojar errores.

Aplicando el método establecido por Rebudilla (1990) [7] y siguiendo el sistema de conteo empleado en el calendario de Misaray, al igual que muchos calendarios confeccionados en otras culturas, como la mesoamericana, en algunos casos, o los quechuas del imperio Inca; el conteo se realiza de izquierda a derecha. Entonces es de lógica iniciar la cuenta calendárica como la primera luna en la marca exterior de la esquina superior izquierda, como se muestra en la Figura 4. Al realizar el conteo de todas las cuentas en el modelo, podemos apreciar que el segundo valor de lunaciones de la tabla metónica, es decir el número 13 se posiciona justo al lado de la marca inicial registrando así las primeras trece lunaciones en nuestro calendario, o el transcurrir de un año. Continuando con el conteo podemos apreciar que el siguiente número (25), o segundo año se posiciona en la otra marca externa, al lado del valor 13.

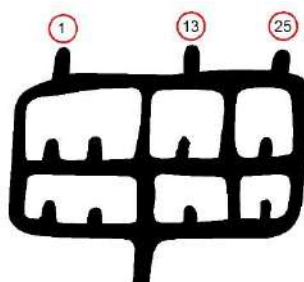


Figura 4. Inicio de la cuenta calendárica y la posición de las lunaciones acumuladas 13 y 25 siguiendo un orden correlativo, evidenciando así un patrón geométrico-matemático. Fuente: Autor

Siguiendo el conteo desde el 25 el nuevo valor de 38 se posiciona así en el primer rectángulo interno del paralelogramo, pero en su segunda marca. Es decir, saltándose la primera marca o cuenta. Realizando el mismo procedimiento podemos ver que los valores de la tabla metónica se “acomodan” en las marcas del diseño en forma ordenada y secuencial, en donde los cuadros de la primera fila reciben los valores 50 y 62 respectivamente. Luego, curiosamente vuelve a suceder lo mismo, es decir el valor que sigue (75) se salta una marca para posicionarse en el segundo vertical del rectángulo inferior. Los valores 87 y 99 ocupan las casillas siguientes. Esto quiere decir, que hasta este punto el calendario ancestral está registrando, computando 99 lunaciones correspondientes a 8 años ó 2.922 días, como muestra la Figura 5.

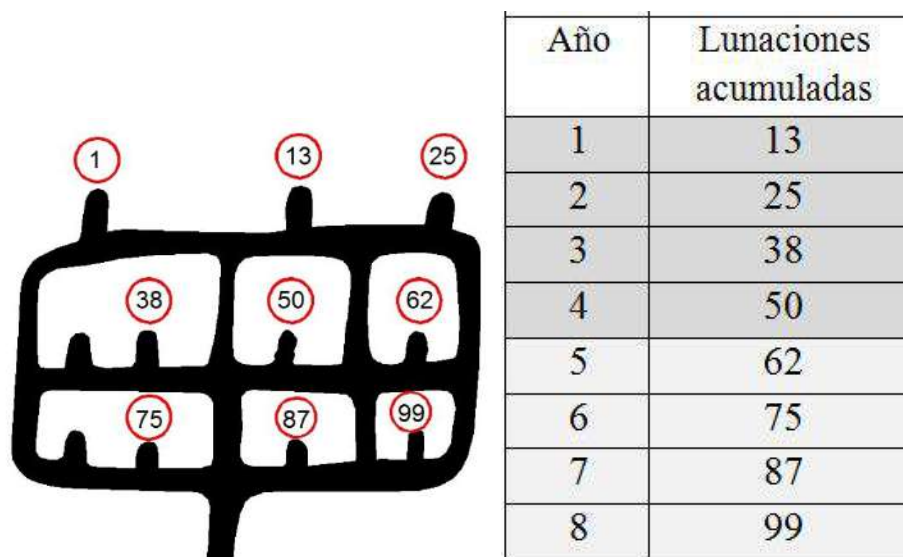


Figura 5. Ubicación de todas las lunaciones acumuladas de 8 años en una perfecta secuencia en el diseño del petroglifo. Fuente Autor.

Continuando el conteo en el instrumento, la precisión y validación del modelo geométrico-matemático es tal, que todo el proceso se repite. Siendo así, que el número que sigue (112) se posiciona justo en la cuenta del valor 13, es decir, en la marca exterior central, y el valor 198 se ubica justo en el cuadro final del calendario, indicando de esa manera la lunación número 198, entendiéndose como el paso del tiempo de 16 años o 5.844 días, entregando de esta manera la segunda lectura del ciclo metónico, como muestra la Figura 6. Cabe destacar en este punto del estudio, que nuevamente quedan libres de valores las primeras cuentas de los rectángulos. Esto evidencia claramente el porqué de este diseño asimétrico. Del porqué nuestros originarios no diseñaron el instrumento con una matriz de ocho cuadrados perfectos, sino de dos rectángulos y cuatro cuadrados. Fue confeccionado de esta manera

con total intencionalidad. Evidenciando también, a mi modo de ver, que efectivamente el conteo inicia en la marca exterior superior, en sentido izquierda-derecha, y de arriba hacia abajo.

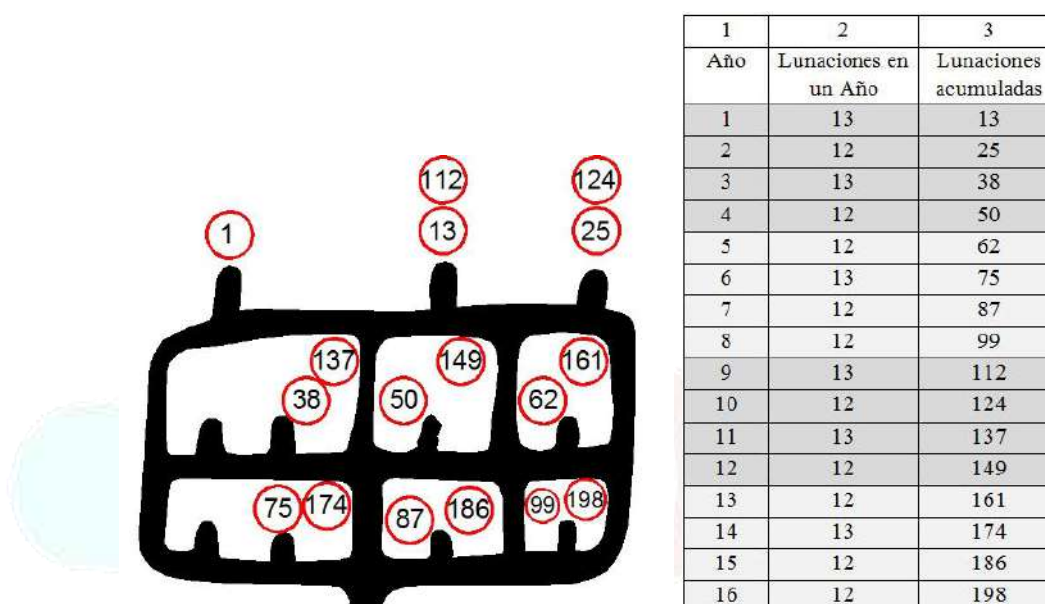


Figura 6. Distribución de las lunaciones para un periodo de otros ocho años, posicionando el parámetro 198 en la esquina inferior derecha del calendario, cerrando así el ciclo de 16 años. Puede apreciarse que quedan dos cuentas calendáricas sin asignación de valores. Fuente: Autor

Continuando con el conteo, los valores de lunaciones 211 y 223 se posicionan en los dos últimos trazos exteriores del cuadrangular.

En la Figura 7, podemos observar que, en la lectura del calendario, viene un hecho bastante interesante, siguiendo el conteo, el valor 235 se

posiciona justo en el primer trazo del primer rectángulo, marca que hasta ese momento se encontraba completamente libre. Éste es un indicativo claro e irrefutable de que el ciclo metónico llega a su fin, por apartarse de la regla y colocarse en una marca, prácticamente asignada para ella. Indicando entonces el final del periodo, y el momento exacto cuando se realiza el encuentro entre el sol y la luna, para nuevamente repetir el ciclo de 19 años.

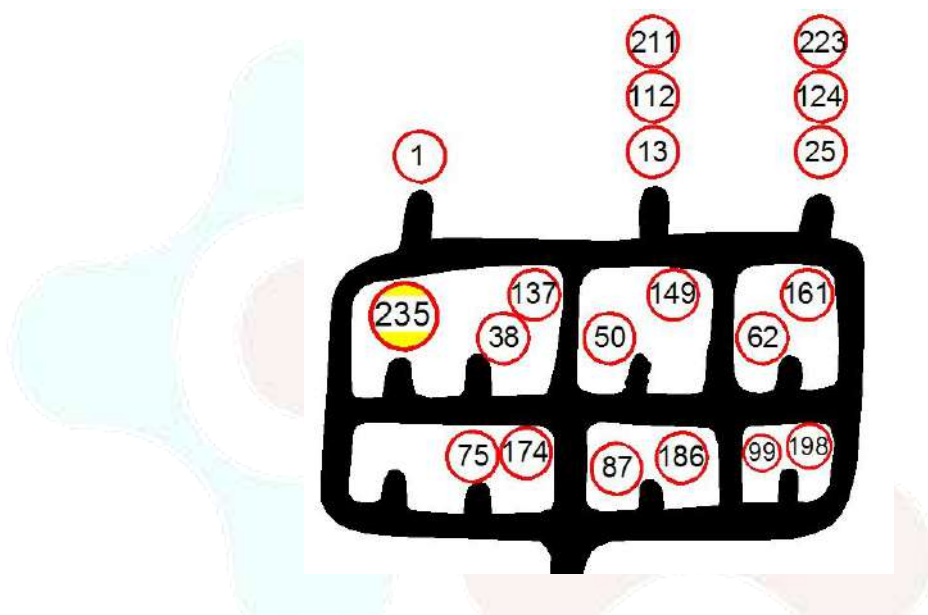


Figura 7. Posicionamiento de la cuenta calendárica 235 lunaciones o 19 años en el modelo geométrico-matemático de Las Calzadas. Fuente: Autor

En el diseño del instrumento calendárico se presenta una cualidad bastante interesante, y se encuentra de forma inherente en todos los calendarios originarios o de arte rupestre diseminados en todo el planeta. La cuenta que da inicio al comienzo del ciclo, es decir la primera luna, casi siempre debe estar asociada a la finalización del ciclo

metónico. En este caso se puede notar que el acumulado de las lunaciones de 235 se ubica justo debajo del inicio.

Como podemos apreciar, el modelo geométrico-matemático nos entrega un trazo o cuenta vacía, siendo el rectángulo de la fila inferior, en otras palabras, no le correspondió ninguno de los diecinueve (19) valores de la tabla metónica. Pudiéramos apresurarnos y pensar que se trata de una marca reservada para algún cómputo predictivo, algún valor de lunaciones que nos permita predecir algún fenómeno del cuerpo selenita, pero como científicos debemos aplicar el principio de la Navaja de Ocan, un precepto que dicta que la explicación más simple es la que tiende a ser la correcta. Ahora bien, si dicha marca se ubica en la columna lateral izquierda, junto con los valores de inicio y final del ciclo metónico, entonces es de entender que a la cuenta sin valor asignado le corresponde un valor significativo, de gran peso en el modelo. Entonces por inferencia, debería ser la mitad del ciclo metónico, y dicho valor no se presenta tabulado. Por ello, simplemente tomamos el valor de las lunaciones al final del ciclo, siendo 235 y lo dividimos entre dos y obtenemos el valor de 117,5.

Puesto que se presume que nuestros matemáticos ancestrales trabajaron los números enteros, es decir no conocieron las fracciones redondeamos por exceso a 118.

Al realizar la debida corrida del conteo en el instrumento astronómico, dicho valor se posiciona en la traza o cuenta faltante, justo en el espacio libre. La hipótesis ha sido comprobada con total propiedad. Completando de esta manera la decodificación del “Calendario de las Calzadas”, como se muestra en la Figura 8.

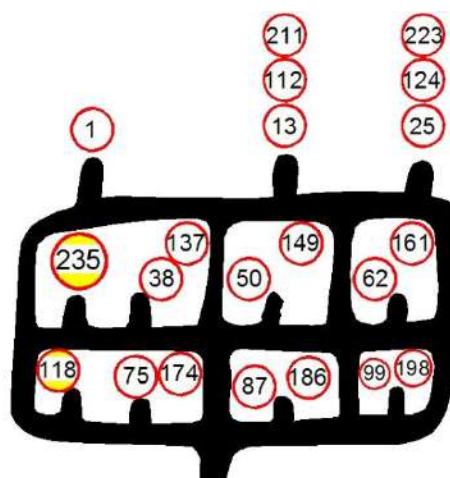


Figura 8. Posicionamiento de la cuenta calendárica 118 lunaciones coincidiendo con la mitad del ciclo metónico y completando el modelo geométrico-matemático de Las Calzadas, evidenciando así su fiabilidad para computar el tiempo. Fuente: Autor

Inclusive el diseño agrupa muy armónicamente; el inicio, la final y la media del ciclo en una columna del lado izquierdo de la cuadrangular. En definitiva, un diseño calendárico muy bien estructurado.

4. Conclusiones

Con este innovador estudio se espera abrir nuevas líneas de investigación, y de solidificar los trabajos relacionados con calendarios primigenios y su debida lectura e interpretación logrando con ello una objetiva decodificación y extracción del mensaje inherente en ellos.



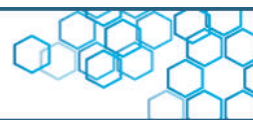
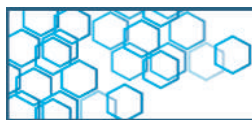
El calendario de las Calzadas en su diseño y concepción, ejemplifica la conexión ontológica entre el hombre y el orden del universo. Se trata de un auténtico calendario Lunar. Un instrumento astronómico arcano para computar el tiempo basado en el ciclo metónico, el cual establece que el ciclo lunar es repetitivo y constante en periodos de 19 años. Como un modo de ilustrar este ciclo; si se observa la luna nueva en un día del solsticio de invierno, este fenómeno solo podrá ser percibido nuevamente después de haber transcurrido 19 años, y así sucesivamente. Este reencuentro del sol y la luna fue de gran exención en el entendimiento de una parte del ciclo celestial, y el de permitir su debida implementación en la vida social de las culturas pretéritas: la caza, pesca, la cosecha, la siembra, la tala etc.

Sin temor a equivocarme, este estudio arqueológico bien podría estar catalogada como un descubrimiento de gran precedencia en nuestro estado Falcón y en el país. Abre las puertas a una innovadora metodología para estudiar y comprender en cierta medida los calendarios rupestres lunares diseminados en todo lo ancho y largo de Venezuela. Lo que bien podría ser tomado como una verdadera “Piedra Rossetta” de estos importantes instrumentos de cómputo para su debida lectura e interpretación.

5. Referencias

[1] Acasio E. Piedras Parlantes de Siraba. *Wordpress.com*. 2013 <https://obrasliterariasacasio.wordpress.com/piedras-parlantes-de-siraba/>

- [2] Acasio E. Piedra de Misaray. *Wordpress.com*. 2016.
<https://obrasliterariasacasio.wordpress.com/piedra-de-misaray/>
- [3] Acasio E. Cielo Ancestral. Decodificación de la manifestación rupestre de los Santos – El Mestizo. INCUDEF: Fondo Editorial Oikos. 2022. Instituto de Cultura del Estado Falcón.
- [4] Salazar E. Primera Caracterización de los Petroglifos de la estación Capubana – Santa Ana. *Inparques: Instituto Nacional de Parques*; 2017.
- [5] Universidad de Barcelona. Ciclo de Metón o Calendario lunar. *Edu*. 2023
https://www.ub.edu/contrataedium/taediumcast/recursos/eines/cronologies/iframes/cicle_meto.htm
- [6] Rebullida A. Astronomía en la prehistoria. *Fortunecity.ws*. 1990.
<https://folkva.fortunecity.ws/astrono1.htm>.
- [7] Rebullida A. Astronomía y Religión en el Neolítico-Bronce. Madrid, España. 1999. Tribuna de Astronomía.



“El amor que alberga el corazón de una mujer (Científica)
es fuerza sublime para salvar la causa humana.”

Hugo Chávez.

www.cntq.gob.ve

Síguenos en nuestras redes



@CNTQ_Vzla



Centro Nacional de Tecnología Química



CNTQ