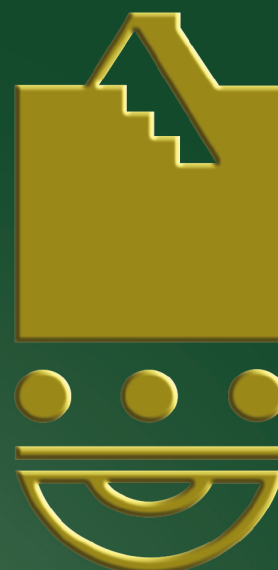


CIENCIA *ergo-sum*

Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva
de la Universidad Autónoma del Estado de México



Volumen 30 Número 3
noviembre 2023-febrero 2024

La competitividad del café
mexicano en el mercado europeo

La importancia del deshielo del
Ártico para México

Elencos de la economía social.
Aproximación prosopográfica a los
emprendedores de San Luis, Argentina

Realidad aumentada como mecanismo para
incrementar el grado de aprendizaje en
individuos con discapacidades

Más allá de escuchar: consideraciones cognitivas y
lingüísticas en niños Sordos

Procesos de comunicación digital: afectividad,
interacción y ética en Tinder

Physicochemical, functional and flow properties of a coffee
husk flour

Identificación de las principales enfermedades
de la planta del café (*Coffea arabica*) a través de
visión artificial

El microscopio bajo mis manos: breve
historia, funcionamiento y aplicaciones de
la microscopía

Teorías de liderazgo en
organizaciones: clasificación
paradigmática y oportunidades de
investigación

Producción masiva de
microorganismos para la
obtención de proteína
sustentable con alto valor
biológico



Universidad Autónoma del Estado de México

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales
Carlos Eduardo Barrera Díaz
Rector

Doctor en Ciencias Computacionales
José Raymundo Marcial Romero
Secretario de Docencia

Doctora en Ciencias Sociales
Martha Patricia Zarza Delgado
Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados

Doctor en Ciencias de la Educación
Marco Aurelio Cienfuegos Terrón
Secretario de Rectoría

Doctora en Humanidades
María de las Mercedes Portilla Luja
Secretaria de Difusión Cultural

Doctor en Ciencias del Agua
Francisco Zepeda Mondragón
Secretario de Extensión y Vinculación

Doctor en Educación
Octavio Crisóforo Bernal Ramos
Secretario de Finanzas

Doctora en Ciencias Económico Administrativas
Eréndira Fierro Moreno
Secretaria de Administración

Doctora en Ciencias Administrativas
María Esther Aurora Contreras Lara Vega
Secretaria de Planeación y Desarrollo Institucional

Doctora en Derecho
Luz María Consuelo Jaimes Legorreta
Abogada General

Doctora en Ciencias de la Educación
Yolanda Eugenia Ballesteros Senties
Secretaria Técnica de la Rectoría

Licenciada en Comunicación
Ginarely Valencia Alcántara
Directora General de Comunicación Universitaria

Doctor en Ciencias Sociales
Luis Raúl Ortiz Ramírez
*Director General de Centros Universitarios
y Unidades Académicas Profesionales / A*

Doctora en Ciencias de la Educación
Sandra Chávez Marín
*Directora General de Centros Universitarios
y Unidades Académicas Profesionales / B*

Doctor en Administración
Jorge E. Robles Álvarez
Director de Publicaciones Universitarias

CIENCIA ergo-sum

Eduardo Gilberto Loría Díaz de Guzmán
Director editorial

Jorge Ramírez Nava
Jefe editorial

Ana Gabriela Bernáldez Fonseca
Diseño y diagramación

Giovanna Miroslava Ramírez Rico
Corrección de estilo

Concepción Mendieta Leyva
Asistente editorial

Virginia Tadeo Verona
Traducción

CIENCIA ergo-sum es una revista académica multidisciplinaria de prospectiva de la Universidad Autónoma del Estado de México, cuyo interés prioritario es que, con base en la rigurosidad académica, los artículos puedan incidir en la **toma de decisiones al extender sus conclusiones** de modo que no se queden en reportes de resultados, sino que **apunten al futuro, den alternativas o adviertan los riesgos de preservar situaciones**. De este modo, se interesa en las colaboraciones que muestren la relevancia práctica, su utilidad y aplicabilidad para dar sustentabilidad social y responder a la problemática actual y futura.

Por lo que toca a los trabajos teóricos o de orden filosófico, el enfoque prospectivo ubicará el método o tratará el estado del arte del tema o de la frontera del conocimiento en cuanto a la discusión de la actualidad y la vigencia del paradigma. Para someter los trabajos a consideración del comité editorial, los colaboradores deberán apegarse a las normas editoriales.



CIENCIA ergo-sum está incluida en:

COMITÉ CIENTÍFICO

Ana María Cetto
Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Alberto Constante
Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Carlos Alberto Ortiz Solorio
Colegio de Postgraduados, México.

Francisco Osorio
Universidad de Chile, Chile.

Jean-Pierre Lévy Mangin
Université du Québec en Outaouais, Canadá.

Lourdes Márquez Morfín
Escuela Nacional de Antropología e Historia, México.

Martin Oppenheimer
Rutgers University, Estados Unidos.

Olga Rusakova
Universidad Estatal de Los Montes Urales, Rusia.

Nikolay Tetryakov
Russian University of Finance, Rusia.

Timur Kamalov
Moscow State Open University, Rusia.

Yuri Petrovich Rybakov
Friendship People University of Russia, Rusia.

Julio Javier Martinell Benito
Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Mario Alberto Rodríguez Meza
Instituto Nacional de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Daniel Miralles
Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Luis María Viega Cázeres
Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Christian Bredemeier
Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Vladimir Serkin
Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México

COMITÉ EDITORIAL

Alfredo Mario Baronio
Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.

Alfredo Coutiño
Moody's Analytics, México.

Ana María Vianco
Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.

Ángeles Sánchez Díez
Universidad Autónoma de Madrid, España.

Antonio Pulido San Román†
Universidad Autónoma de Madrid, España.

Gabriela Mordecki
Instituto de Economía, Uruguay.

Jorge A. Herrera Flores
Universidad de Bristol, Reino Unido.

Juan Carlos Suárez Villegas
Universidad de Sevilla, España.

Oscar González Molina
Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.

Samuel Manickam
University of North Texas, Estados Unidos.

Manuel Ordorica Mellado
El Colegio de México, México.

COMITÉ DE REDACCIÓN

CIENCIAS EXACTAS
Máximo Agüero Granados
Universidad Autónoma del Estado de México, México.

CIENCIAS APLICADAS
Luis Escobar Alarcón
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.

CIENCIAS HUMANAS Y DE LA CONDUCTA
Carmen Álvarez Lobato
Universidad Autónoma del Estado de México, México.

CIENCIAS BIOLÓGICAS, DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
Javier Manjarrez Silva
Universidad Autónoma del Estado de México, México.

CIENCIAS NATURALES Y AGROPECUARIAS
Aurelio Domínguez López
Universidad Autónoma del Estado de México, México.
José Luis Chávez-Servia
Instituto Politécnico Nacional, Unidad Oaxaca, México.

CIENCIAS DE LA SALUD HUMANA
Myrna A. R. Dent
Universidad Autónoma del Estado de México, México.

CIENCIAS SOCIALES
Ma. de la Cruz Castro Ricalde
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Toluca, México.

CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA ATMÓSFERA
Miguel Ángel Balderas Plata
Universidad Autónoma del Estado de México, México.

ESPACIO DEL DIVULGADOR
César Gutiérrez Tapia
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.

HISTORIA DE LA CIENCIA EN MÉXICO
Héctor Favila Cisneros
Universidad Autónoma del Estado de México, México.

PROSPECTIVA
Regina Freyman Valenzuela
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Toluca, México.

ESCI
Emerging Sources Citation Index, Clarivate Analytics

CONACYT
Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica

REDALYC
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

DOAJ
Directory of Open Access Journals

CATÁLOGO LATINDEX
Índice Latinoamericano de Publicaciones Científicas Seriadas

IBSS
International Bibliography of the Social Sciences

IRESIE
Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa, UNAM

CIRC
Clasificación Integrada de Revistas Científicas, España

ERIHPLUS
European Reference Index for the Humanities and Social Sciences

CLASE
Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades

DIALNET
Universidad de la Rioja, España

REDIB
Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico, España

EBSCO

SSOAR
Social Science Open Access Repository

HELA
Catálogo "Hemeroteca Latinoamericana"

OCLC
Online Computer Library Center

BIBLAT
Bibliografía Latinoamericana, UNAM



Editorial

Ciencias Sociales

La competitividad del café mexicano en el mercado europeo

Karina Valencia Sandoval

La importancia del deshielo del Ártico para México

Alondra Yazmin López Medina, Iván López y Mercedes Pardo

Elencos de la economía social. Aproximación prosopográfica a los emprendedores de San Luis, Argentina

Ana Laura Hidalgo

Ciencias Humanas y de la Conducta

Realidad aumentada como mecanismo para incrementar el grado de aprendizaje en individuos con discapacidades

Leslie Isabel García García, Karen Madai García García, Zoila Eudelia Gómez Salinas y Alberto Santillán Fernández

Más allá de escuchar: consideraciones cognitivas y lingüísticas en niños Sordos

Coral Italú Guerrero-Arenas y Guillermo Hernández-Santana

Procesos de comunicación digital: afectividad, interacción y ética en Tinder

María Virginia Bon Pereira

Ciencias Naturales y Agropecuarias

Physicochemical, functional and flow properties of a coffee husk flour

*María Virginia Rebolledo-Hernández, Yolanda Cocotle-Ronzón, Eliseo Hernández-Martínez, Epifanio Morales-Zarate y Laura Acosta-Domínguez**

Ciencias Exactas y Aplicadas

Identificación de las principales enfermedades de la planta del café (*Coffea arabica*) a través de visión artificial

Oscar Eder Flores Colorado, Jair Cervantes Canales, Farid García-Lamont y José Sergio Ruiz Castilla

Espacio del Divulgador

El microscopio bajo mis manos: breve historia, funcionamiento y aplicaciones de la microscopía

Gabriela Rodríguez de la Concha Azcárate, Gustavo López Téllez y Alfredo Rafael Vilchis Nestor

Teorías de liderazgo en organizaciones: clasificación paradigmática y oportunidades de investigación

Daniel Arturo Cernas Ortiz y Patricia Mercado Salgado

Producción masiva de microorganismos para la obtención de proteína sustentable con alto valor biológico

Julián Gamboa-Delgado, Julia Mariana Márquez-Reyes y Daniel Enrique Godínez-Siordia

CIENCIA ergo-sum, Volumen 30, Número 3, noviembre 2023-febrero 2024, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma del Estado de México. Leona Vicario 201, Barrio de Santa Clara. C.P. 50090. Toluca, Estado de México, México. Tels.: (722) 2 77 38 35 y 2 77 38 36. <https://cienciaergosum.uaemex.mx/>, ciencia.ergosum@yahoo.com.mx. Editor responsable: Dr. Eduardo Gilberto Loría Díaz de Guzmán, Dirección de Publicaciones Universitarias. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-071312522600-102, ISSN: 1405-0269, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Licitud de título No. 7955, Licitud de contenido No. 5634 ambos expedidos por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación el 10 de junio de 1994. Impreso por talleres de Cargraphics, S. A. de C. V. Calle Aztecas No. 27, Col. Santana Cruz Acatlán, Naulcapan, Estado de México, C. P. 53150, México. Este número se terminó de imprimir el 15 de noviembre de 2023 con un tiraje de 35 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido aquí publicado sin fines de lucro, siempre y cuando no se modifique, se cite la fuente completa y su dirección electrónica.



Esta publicación utiliza la Licencia *Creative Commons* 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.



La competitividad del café mexicano en el mercado europeo

Valencia Sandoval, Karina

La competitividad del café mexicano en el mercado europeo
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | e205
Ciencias Sociales

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Valencia Sandoval, K. (2023). La competitividad del café mexicano en el mercado europeo. CIENCIA *ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a1>

La competitividad del café mexicano en el mercado europeo

The competitiveness of Mexican coffee in the European market

Karina Valencia Sandoval

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

karina_valencia@uaeh.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-7029-9779>

Recepción: 16 de febrero de 2022

Aprobación: 26 de abril de 2022

RESUMEN

Se analiza el comercio internacional del café mexicano como símbolo de competitividad, en particular en el mercado de la Unión Europea y sus principales destinos (Alemania, Italia, España y Francia), además de la influencia del precio como factor de demanda a partir de datos de importaciones y exportaciones, así como el precio de venta. Se consideran indicadores *ex post* como la ventaja comparativa revelada y el coeficiente de ventaja comparativa de los proveedores, además de la elasticidad precio de la demanda. Se encuentra que la competitividad ha disminuido internacionalmente; sin embargo, en el mercado europeo se reporta una ligera mejora en los últimos años y el consumo del café en los países analizados no responde a las fluctuaciones del precio.

PALABRAS CLAVE: exportaciones, competitividad, precio, elasticidad.

ABSTRACT

The international trade of Mexican coffee is analyzed as a symbol of competitiveness, particularly in the European Union market and its main destinations (Germany, Italy, Spain and France), in addition to the influence of price as a demand factor based on data from imports and exports, as well as the sale price. Ex post indicators are considered, such as the Revealed Comparative Advantage and the coefficient of comparative advantage of the suppliers, in addition to the price elasticity of demand. It was found that competitiveness has decreased internationally; however, a slight improvement has been reported in the European market in recent years and coffee consumption in the countries analyzed does not respond to price fluctuations.

KEYWORDS: exports, competitiveness, price, elasticity.

INTRODUCCIÓN

Las transformaciones en las políticas públicas de México y el mundo han obligado a los productores de diferentes sectores económicos a involucrarse en la dinámica comercial internacional, de tal forma que han buscado incrementar el número de socios mercantiles y disminuir aranceles para ser competitivos y permanecer vigentes en esa dinámica. El sector agrícola ha visto y vivido esta situación de forma cada vez más frecuente.

El consumo del café (*Coffea arabica*) se ha convertido en hábito de miles de personas alrededor del mundo (se estima entre 70% y 80% de la población). Tan sólo entre 2016 y 2017 se comercializaron 159 millones de sacos, cantidad que representa 600 000 millones de tazas de café (Gómez *et al.*, 2021; Alba *et al.*, 2019; Ocampo y Álvarez, 2017). Estos datos sitúan al café como uno de los principales productos de origen agrícola con distribución internacional y que, por su comercialización, tiene efectos de carácter económico y social en los países productores que a su vez impactan en el bienestar y desarrollo de su población.

Para México y otros países, el comercio internacional de café es muy apreciado y representa altos ingresos por su exportación. Por estas razones, ocupa la segunda posición como producto de mayor prioridad en términos de exportaciones, sólo después del petróleo. Con ello, el intercambio de café se ubica como uno de los pilares de la economía nacional que le permite obtener de divisas (López-García *et al.*, 2016).

*AUTORA PARA CORRESPONDENCIA

karina_valencia@uaeh.edu.mx

Pese a su importancia y cotización en la bolsa de valores de New York, la distribución del café no ha exentado de una serie de retos que incluyen enfrentar la volatilidad de sus precios, tanto a nivel nacional como internacional, a consecuencia de las condiciones de la oferta y la demanda, además de los efectos del cambio climático que afectan al desarrollo de su cultivo e incidir en su productividad y venta (Rivera *et al.*, 2013).

Ante este panorama, la hipótesis del trabajo es que el comercio de café de origen mexicano es rentable fuera de sus fronteras, específicamente en Europa; por lo tanto, considerando sus principales destinos (Alemania, Italia, España y Francia) y la influencia del precio como factor de demanda, el objetivo es analizar las exportaciones mexicanas del aromático como símbolo de competitividad en el mercado de la Unión Europea.

1. COMERCIO Y COMPETITIVIDAD

La competitividad es un tópico sin consenso; sin embargo, en palabras de Porter (1990, citado en Méndez *et al.*, 2018: 11) la competitividad es “la capacidad para sostener e incrementar la participación en los mercados internacionales, con una elevación paralela en los niveles de vida de la población”. Al respecto, Bonales *et al.* (2013: 56) añaden que “la competitividad internacional es más comúnmente asociada con una mayor productividad, medida por la penetración en los mercados internacionales”. Así, la competitividad de una nación surge cuando participa de los mercados mundiales y logra mantener o aumentar su presencia en los destinos extranjeros a través de sus exportaciones.

La competitividad engloba el anhelo de crecimiento, vanguardia, posicionamiento y de mantenerse vigente en la competencia internacional y también está determinada por factores de índole económico, geográfico, social y político, además del aprovechamiento de economías de escala. Velázquez *et al.* (2020) indican, también, que un incremento en la competitividad está determinado por las existencias de recursos internos, cambios en la tecnología y los precios internacionales.

Partiendo de las premisas del economista clásico Adam Smith, se puede argumentar que existe una relación cercana entre competitividad y comercio internacional. En este sentido, Smith argüía en su obra *Una investigación acerca de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones* que el comercio internacional favorece la producción eficiente de las naciones y que abogaba por la especialización internacional para que un territorio produjera aquellos bienes en los cuales tuviera una ventaja absoluta (Buendía, 2013; Suárez-Galindo *et al.*, 2019).

David Ricardo, otro clásico de la teoría económica, señalaba que cuando existiera una desventaja en la producción de un bien la nación con menor eficiencia “debería especializarse en la producción y exportación del bien en el cual su desventaja absoluta es inferior” (Suárez-Galindo *et al.*, 2019: 14).

Heckscher-Ohlin (1919, citado en Rangel *et al.*, 2019) aludía a que la única fuente del comercio se encuentra cimentada en las diferencias de los recursos de las naciones, de tal forma que el país cuyo factor de producción abunda más genera una ventaja comparativa aumentando su producción y, por ende, puede disminuir sus costos.

Las teorías y perspectivas del comercio internacional permitieron fincar a Porter (1979, citado por Rangel *et al.*, 2019) su idea sobre la competitividad de la que se ha hablado. Porter va más allá de la dotación de factores y destaca que las condiciones de la demanda, los sectores de apoyo, las decisiones del sector gubernamental y el contexto de rivalidad influyen en el grado de competitividad. Del mismo modo, considera que la prosperidad de un país no es heredable, sino que la innovación permite identificar oportunidades de crecimiento y enfatiza que la competencia es dinámica y evolutiva (Márquez *et al.*, 2020; Galván y Santos, 2019).

2. GENERALIDADES DEL CAFÉ

El café es el cultivo de exportación más significativo a nivel mundial y es el término asociado al fruto y/o grano que se encuentra al interior de la baya de las plantas (cafeto) del género *Coffea*, que se cultivan en regiones

tropicales y se divide en dos especies: *Coffea canephora* P. (robusta) y *Coffea arabica* L. (arábica), siendo la última la de mayor producción; su calidad depende en gran medida del cuidado en su cultivo (Spinoso-Castillo *et al.*, 2021; Duicela *et al.*, 2017).

Teniendo en cuenta a Mesa *et al.* (2017), el café es altamente codiciado por su aroma y sabor, además de considerarse una bebida energizante. De acuerdo con Gil *et al.* (2004: 533), los granos de café se componen por al menos “198 compuestos alifáticos, 119 compuestos aromáticos..., 338 compuestos heterocíclicos, 34 proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos, 28 hidratos de carbono, 54 lípidos...” que le dan su sabor y su textura, además del manejo agroindustrial que tiene su proceso (secado, almacenado, descafeinados, molidos y empaquetados).

Existen diferentes estudios sobre los efectos del consumo de café en la salud. Referente a este punto, Gómez *et al.* (2021: 493) afirman que debido a su alto contenido de cafeína se ha asociado a la “mejoría del rendimiento cognitivo, reducción de la presión arterial y de la resistencia a la insulina y control del peso corporal” y señalan que el consumo excesivo resulta contradictorio para el individuo, ya que, por ejemplo, puede afectar la función reproductiva masculina y causar efectos adversos al embarazo.

3. GLOBALIZACIÓN DEL AROMÁTICO

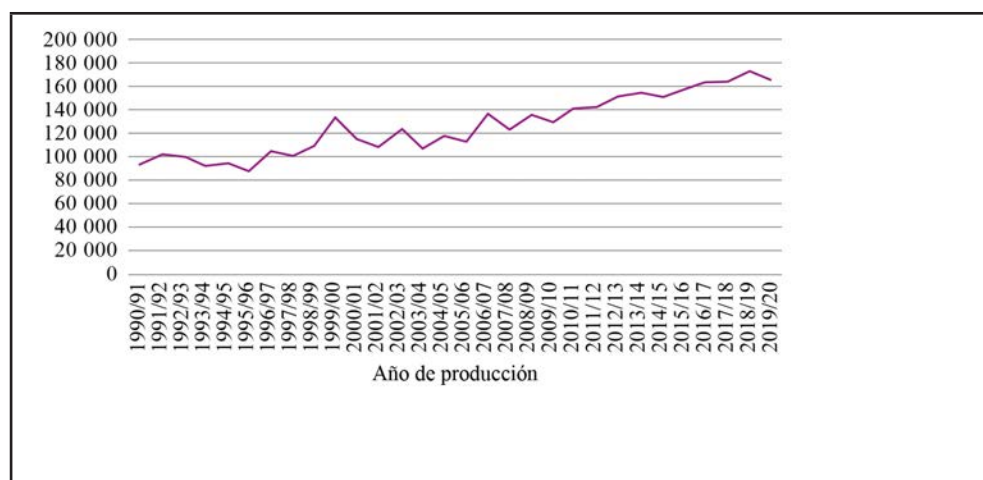
Pérez (2007) destaca la liberalización y control del comercio internacional del café en 1960 por parte de Brasil y Colombia, principales productores del grano en esa época; esta posición orilló a ambas naciones a intentar controlar la circulación del grano como medida para mantener los precios. En 1962, 36 países signaron los Acuerdos Internacionales; después de este marco institucional, los integrantes de la Organización Internacional del Café (ICO por sus siglas en inglés) optaron por terminar el sistema de cuotas de café y dejaron los precios del grano de acuerdo con las fuerzas del mercado.

Una vez entrados en esta nueva liberalización del mercado cafetalero, el periodo comprendido entre 1999 y 2004 se conoció como “la crisis del café”, la cual tuvo su origen a consecuencia de una producción mundial que excedía a lo necesario y que propició una caída en los precios en 1998. Esta situación perjudicó a millones de productores en el mundo que vieron afectados sus ingresos y su calidad de vida y ocasionó problemas de tipo macroeconómico en los países productores (Figueroa-Hernández *et al.*, 2019).

Como señala Valencia (2016), la caficultura involucra a un promedio de 70 países, en especial en vías de desarrollo, de los cuales destacan en producción Brasil (34.4%), Vietnam (16.9%), Indonesia (8.8%), Colombia (6.7%) y, en noveno puesto, México (2.9%). En cuanto a consumo, Estados Unidos es el principal demandante, seguido de Brasil, Alemania, Japón e Italia; en términos generales, siete de los principales países consumidores del aromático pertenecen a Europa, continente que representa 36% del consumo mundial y donde el consumo per cápita varía entre los 8 y 12 kg/persona/año; es decir, el alto consumo del aromático se encuentra relacionado con la buena situación económica del país (Alba *et al.*, 2019; Quintero y Rosales, 2014).

Europa tiene a los mayores consumidores de café, sobre todos los de cafés especiales o *gourmet*. Ocampo y Álvarez (2017: 152) afirman que la tendencia de consumo del aromático en Europa se centra en “la promoción del café como un producto artesanal”, en la búsqueda de la innovación en el aspecto de disminución de costos sin perder la calidad y ser socialmente responsable desde sus tres perspectivas: económico, social y medioambiental.

Existen tres tendencias en la productividad: *a*) aumento constante, *b*) un binomio de volatilidad-estabilidad, *c*) cambios climáticos adversos reflejados en las fuertes lluvias seguida de altas temperaturas y sequías graves con repercusiones en el cultivo y cosecha del cafeto que favorecen el desarrollo de plagas, las cuales muestran la vulnerabilidad y exposición del caficultor (Ocampo y Álvarez, 2017; Jiménez-Torres y Massa-Sánchez, 2015). Como consecuencia, la ICO señala que en el año cafetero 2019-2020 se produjeron 165 053 millones de sacos (de 60 kg cada uno), es decir, 71 823 millones de sacos más que en su equivalente de 1990-1991 (gráfica 1).



GRÁFICA 1

Producción mundial de café (miles de sacos de 60 kg)

Fuente: elaboración propia con datos de ICO (2022).

4. PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN MÉXICO

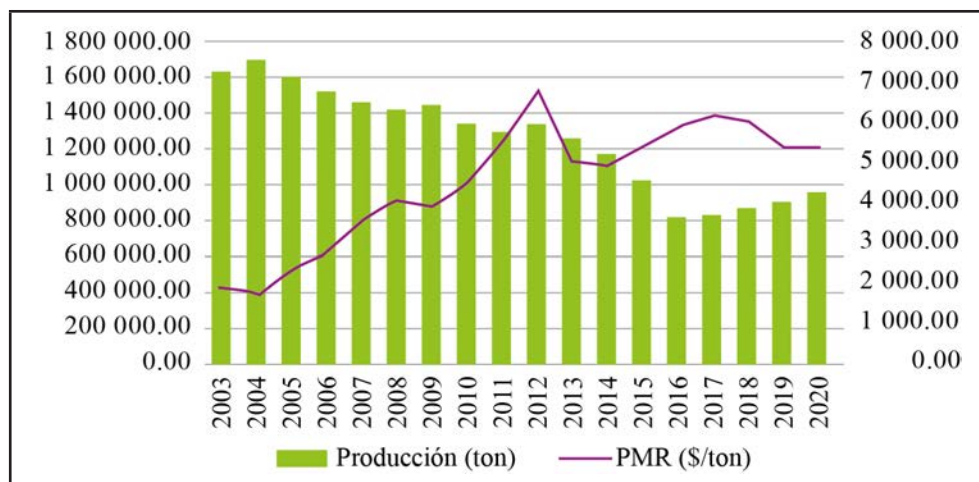
La producción cafetalera de México se centra en las cadenas montañosas del país, como afirman Jiménez-Torres y Massa-Sánchez (2015: 121): “los cafetales mexicanos se encuentran arriba de los 600 metros de altitud”. Por tanto, en 2020 las quince entidades que tuvieron a la caficultura como una de sus actividades prioritarias, representaron una superficie de 710 431.27 ha (SIAP, 2021) y cinco entidades encabezan la producción: Chiapas (41.3%), Veracruz (24.4%), Puebla (15.8%), Oaxaca (8.2%) y Guerrero (4.5%). Esta situación involucra un promedio de 510 544 productores en 480 municipios ubicados en las zonas más pobres del país (CEDRSSA, 2019; Valencia, 2016; Díaz, 2021).

Sin embargo, la producción del café ha disminuido en los últimos años al pasar de 1 621 938.34 t en 2003 a 953 682.9 t en 2020, es decir, casi 41% menos en 17 años; este declive se ha dado a causa de diferentes enfermedades y plagas en los cafetales, cambio climático, además de la falta de políticas públicas que apoyen al productor, factores que lo obligan más bien a mudar de actividad, ya que viven en la marginalidad (CEDRSSA, 2019; Espinosa-García *et al.*, 2016). Además, Díaz (2021: 8) agrega como factores de la baja producción:

el manejo inadecuado de la poda de cafetos en pequeñas superficies, la pobre organización de los productores nacionales, la escasa publicidad de la producción de café tostado y orgánico, así como de las propiedades del cultivo, la exigua diferenciación de la producción y bajo nivel tecnológico con orientación hacia la producción orgánica.

Pese a la disminución de la producción, el precio medio rural (PMR) medido en términos reales,^[1] mostró signos positivos al incrementar paulatinamente, sobre todo en 2012 y 2017 con precios por encima de los \$6 000.00 por tonelada; a pesar de ello, en el último trienio (2018-2020) el precio promedio por tonelada fue de \$5 591.34 con una tendencia a la baja. La ICO (2021) sostiene que la pandemia de COVID-19 tuvo efectos en el sector mundial del café, pues afectó los precios, la oferta y la demanda. Jaramillo-Villanueva y Benítez-García (2016) coinciden al señalar que algunos factores que afectan la formación del precio del café se encuentran sostenidos por la oferta y la demanda (gráfica 2).

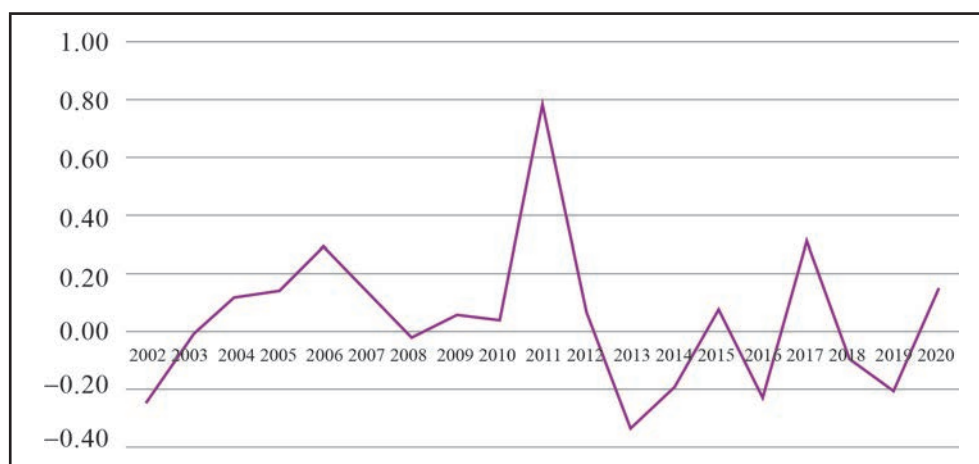
Referente al impacto en el mundo del café de origen mexicano, se estima que el intercambio llega a más de 42 países, lo que representa una participación de 2.1% del volumen de las exportaciones mundiales. Del total exportado, 62.4% se destina a suelo estadounidense y el resto se reparte entre la Unión Europea, Cuba, Japón y Canadá (SAGARPA, 2022; CEDRSSA, 2019). Las exportaciones mexicanas tuvieron su pico más alto en 2011 (80%); sin embargo, la tasa de crecimiento en 2020 era de apenas 15% (gráfica 3).



GRÁFICA 2

Producción (t) y Precio Medio Rural (\$/t)

Fuente: elaboración propia con datos de SIAP (2021).



GRÁFICA 3

Tasa de crecimiento de las exportaciones de café mexicano (%)

Fuente: elaboración propia con datos de ITC (2021).

De acuerdo con la SAGARPA, en su documento sobre Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, los países europeos que encabezan la lista como principales destinos del café mexicano son España, Alemania, Italia y Francia (SAGARPA, 2022; SIAVI, 2022).

5. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Por su parte, Ocampo y Álvarez (2017) analizaron la tendencia de producción de café en Colombia y apuntaron como factores que han incidido en su baja productividad al cambio climático, la escasez del factor humano y la volatilidad de sus precios, así como a tendencias decrecientes en el rendimiento de los cafetales de México, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Haití, Jamaica, entre otros.

Hernández y Favila (2019) analizaron la competitividad del café de origen mexicano desde una revisión de literatura. Los autores argumentan que los pequeños productores deben ser visualizados a la par de disminuir el número de intermediarios hacia el consumidor final. Asimismo, expresan que las alianzas deben ser parte estratégica de la competitividad en los mercados internacionales.

Si bien el trabajo de Rodríguez-Hernández *et al.* (2016) se enfoca en la competitividad desde el nivel microeconómico, destacan que en Veracruz las asociaciones de caficultores no promuevan su desarrollo económico ni la construcción de capital social.

En el sentido estricto del análisis de la competitividad en el nivel macroeconómico, Figueroa-Hernández *et al.* (2019) estudiaron las exportaciones y precios del café y postulan que la baja en los precios ha afectado de forma considerable el ingreso de los productores, pero, además, sostienen que el cambio climático y la poca o nula formación de los caficultores perjudican la producción de la semilla. Asimismo, sugieren que las exportaciones no dependen de manera directa de la producción existente en cada país sino de los precios internacionales, el nivel de demanda y tipo de cambio.

Valencia (2016) estudió la competitividad del café mexicano en suelo estadounidense haciendo un comparativo con las exportaciones de Colombia y Guatemala. Entre sus principales resultados sobresale que el producto mexicano ha ganado territorio, pero aún debajo del grano guatemalteco, y que la roya^[2] de los cultivos mexicanos ha influido en la baja productividad y disminución de exportaciones.

Desde otra perspectiva, hay trabajos que validan la competitividad internacional de diferentes productos agropecuarios mexicanos principalmente en Estados Unidos bajo la misma metodología que se usa en este trabajo, como el de Schwentesius y Sangerman-Jarquín (2014), quienes refieren que la fruticultura mexicana ha disminuido su posición competitiva en el ámbito internacional. Ayala *et al.* (2012) hacen lo mismo con el comercio de hortalizas en Estados Unidos y resaltan que los años setenta fueron los de mayor competitividad para el agro mexicano y, aunque las exportaciones tienen una tendencia positiva, las importaciones han crecido de forma vigorosa. Valencia y Zetina (2017) ocuparon los indicadores para evaluar la competitividad del comercio de cebolla y manifiestan liderazgo del producto mexicano en Estados Unidos, pero con tendencia a disminuir.

En Colombia, Cerquera *et al.* (2020) analizaron la competitividad de su café y enfatizan en que el sector cafetalero tiene una gran dependencia de las exportaciones, lo cual sugiere una gran influencia del tipo de cambio para optar por vender el producto fuera de las fronteras.

El interés y relevancia de este trabajo radica en el estudio de la participación del café mexicano en el mercado europeo, ya que la literatura se ha centrado en estudios de competitividad en el mercado estadounidense, incluso, en investigaciones del mismo tenor, pero enfocados a la exportación de productos agrícolas de origen mexicano; sin embargo, no hay estudios hacia Europa en particular.

6. METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo planteado, se utilizó la metodología propuesta por Hernández *et al.* (2008), Omaña *et al.* (2014), Soto (2019) y Montaña *et al.*, (2021), quienes emplean datos de las importaciones y exportaciones totales hacia los principales destinos y permiten analizar la competitividad del comercio exterior de un producto particular o sector hacia un mercado específico; de esta forma, las exportaciones representarán mayor producción y generación de empleos. Las cifras se obtuvieron de la ITC (International Trade Centre). Los autores proponen que la competitividad, medida a través del comercio exterior, puede ser valorada empleando indicadores *ex post*.

6. 1. Participación en el mercado mundial (PM)

Este indicador permite evaluar la participación de cada país en las exportaciones mundiales de un producto y, por lo tanto, el nivel de competitividad; en otras palabras, identifica el peso de cada nación en cuanto al abastecimiento del mercado mundial. Puede expresarse como:

$$PM_{ij} = \left(\frac{X_{ij}}{X_{im}} \right) * 100 \quad (1)$$

Donde i representa el producto enfoque (en este caso es el café), j refiere al país de procedencia (México), m indica el mercado mundial y X es el volumen o valor de las exportaciones.

Los resultados oscilan entre 0 y 100, cifra que es señal de una máxima competitividad en el mercado mundial (Soto, 2019).

6. 2. Participación de importaciones de café en un mercado específico (PM_{ije})

De manera semejante al PM , puede identificarse el nivel de competitividad en un país específico midiendo la participación de las importaciones del producto i .

$$PM_{ije} = \left(\frac{M_{ij}}{M_i} \right) * 100 \quad (2)$$

Donde la ecuación M evoca al volumen o valor de las importaciones, los subíndices i y j coinciden con la descripción de la participación en el mercado mundial.

6. 3. Ventaja comparativa revelada (VCR)

Balassa (1965, citado por Nicolás y Favila, 2019: 102) fue el primero en hablar de ventaja comparativa revelada (VCR) como referente de competitividad basándose en que las estadísticas del comercio internacional pueden evidenciar las ventajas comparativas del desempeño de un país en un mercado definido, lo cual se fundamenta en la premisa de que “las cifras del intercambio comercial real reflejan los costos relativos y las diferencias entre los países participantes”.

Vollrath (1991 citado por Soto, 2019) reformula lo planteado por Balassa y lo representa en la siguiente ecuación:

$$VCR_j^i = \frac{X_j^i / X_j^n}{X_m^i / X_m^n} \quad (3)$$

Donde: VCR_j^i es la ventaja comparativa que se revela de la mercancía objeto de estudio (i) en el país; por lo tanto, el numerador del primer término (X_j^i) hace referencia al valor de las exportaciones del producto i (café) del país j (México) y su denominador (X_j^n) representa el valor de las exportaciones totales de México. De forma subsecuente, X_m^i es el valor de las exportaciones de café en el mundo y X_m^n señala el valor de las exportaciones totales en el mundo.

En este sentido, Montaña *et al.* (2021) sugieren que cuanto mayor sea el resultado, la competitividad está variando de forma positiva. Por su parte, Méndez *et al.* (2018) destacan que puede identificarse el grado de competitividad de acuerdo con el resultado. De este modo, si se encuentra un valor menor a la unidad no existe ventaja competitiva; si el dato obtenido se encuentra entre 1 y 2, se dice que hay una ventaja comparativa débil; cuando el resultado se encuentra entre 2 y 4, la ventaja comparativa es media; y cuando el resultado es mayor a 4 la ventaja comparativa, es fuerte.

6. 4. Coeficiente de ventaja comparativa revelada de los proveedores (importadores) (VCR_{ije})

De forma paralela, reformulando lo planteado por Vollrath (1991 citado por Soto, 2019), Omaña *et al.* (2014) postulan que el VCR puede aplicarse a un mercado en particular. Montaña *et al.* (2021) añaden que, al añadir

los subíndices, i permite calcular la intervención de los proveedores en un mercado determinado a través de la siguiente fórmula:

$$VCR_{je}^i = \frac{M_{je}^i / M_{je}^n}{M_e^i / M_e^n} \quad (4)$$

Donde M representa el valor de las importaciones de café (i) de México (j) por parte de los países europeos (e) y, como en el anterior, n simboliza importaciones totales. Los resultados se interpretan de forma semejante al VCR .

6. 5. Elasticidad precio de la demanda

Por otra parte, Galván y Santos (2019) complementan el estudio de la competitividad con el cálculo de la elasticidad precio de la demanda (ϵ_p^d); al respecto, Guerrero *et al.* (2012) indican que el precio influye en la competitividad y generación de utilidades que posibilitan absorber gastos administrativos y de producción. Así, conocer la ϵ_p^d permite conocer la sensibilidad (cambios porcentuales) de los consumidores (importadores) ante un cambio en el precio. Los datos se complementaron de ICO para conocer el precio de venta en cada país de análisis. Rebollar *et al.* (2021) sugieren que puede calcularse como:

$$\epsilon_p^d = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta P} \right) \left(\frac{P}{Q} \right) = \left(\frac{Q_2 - Q_1}{P_2 - P_1} \right) \left(\frac{P_1}{Q_1} \right) \quad (5)$$

Donde Δ representa un cambio, P es el precio del producto y Q es la cantidad demandada. El resultado se explica de acuerdo con la tabla 1.

TABLA 1
Interpretación de la ϵ_p^d

ϵ_p^d	Descripción	Influencia en los ingresos
$\epsilon_p^d > 1$	Demanda elástica	Los ingresos aumentan cuando el precio baja
$\epsilon_p^d = 1$	Demanda de elasticidad unitaria	Los ingresos no varían cuando el precio baja
$\epsilon_p^d < 1$	Demanda inelástica	Los ingresos disminuyen cuando el precio baja

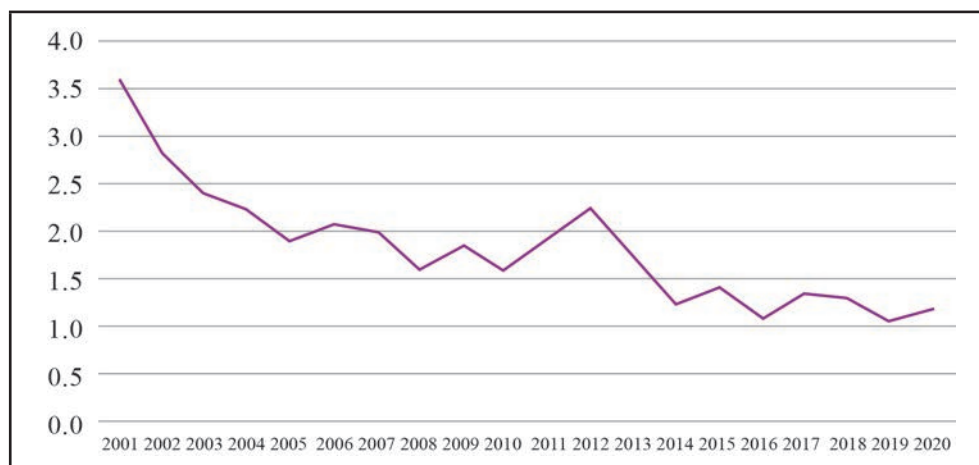
Fuente: Samuelson y Nordhaus (2019).

Nota: los resultados se presentan en términos absolutos.

7. RESULTADOS

7. 1. *PM* de México

La contribución de México al mundo en cuanto a las exportaciones ha disminuido de forma continua, pues ha pasado de 3.6% en 2001 a 1.2% en 2020; es decir, poco más de dos puntos porcentuales perdidos en dos décadas. Los resultados coinciden con los señalamientos de Valencia (2016), quien afirma que las exportaciones de café en México han ocasionado pérdida de competitividad en el contexto internacional (gráfica 4).



GRÁFICA 4

Contribución de las exportaciones de café de México al mundo

Fuente: elaboración propia con datos de ITC (2021).

7. 2. PM de México en la Unión Europea

Pese a que España encabeza la lista de los principales destinos europeos del aromático nacional, las importaciones no han aumentado de forma sustancial. Al respecto, se observa que 2015 fue el mejor año de adquisiciones para el grano en aquel país, lo cual en gran medida se debe a que, de acuerdo con Gómez y García (2017), no hay promoción suficiente para difundir el café de origen mexicano; refieren, incluso, su desconocimiento. En el mercado europeo, Alemania es el principal importador de café cuyo principal proveedor es Brasil; sin embargo, aunque es el tercer país europeo en adquirir el café mexicano el promedio es un punto porcentual en el periodo analizado. En el caso de Italia se encontró que si bien la competitividad en promedio es menor a la unidad (0.4%), se nota un crecimiento mínimo en el valor final. En Francia la situación del grano es preocupante, pues a diferencia de los anteriores, las importaciones disminuyen de forma paulatina (cuadro 1).

CUADRO 1

Participación de las importaciones de café en Europa

Año	Alemania	Italia	España	Francia
2001	0.9	0.3	0.6	1.8
2002	1.6	0.4	0.4	1.5
2003	1.4	0.3	0.3	1.0
2004	1.5	0.3	0.3	1.0
2005	1.4	0.2	0.2	0.7
2006	0.9	0.2	0.2	1.0
2007	1.7	0.2	0.4	0.8
2008	1.5	0.1	0.3	0.4
2009	1.3	0.2	0.4	0.5
2010	0.8	0.2	0.7	0.9
2011	0.5	0.3	0.4	0.7
2012	1.2	0.7	0.3	0.8
2013	0.8	1.0	0.5	0.6
2014	0.7	0.7	1.2	0.5

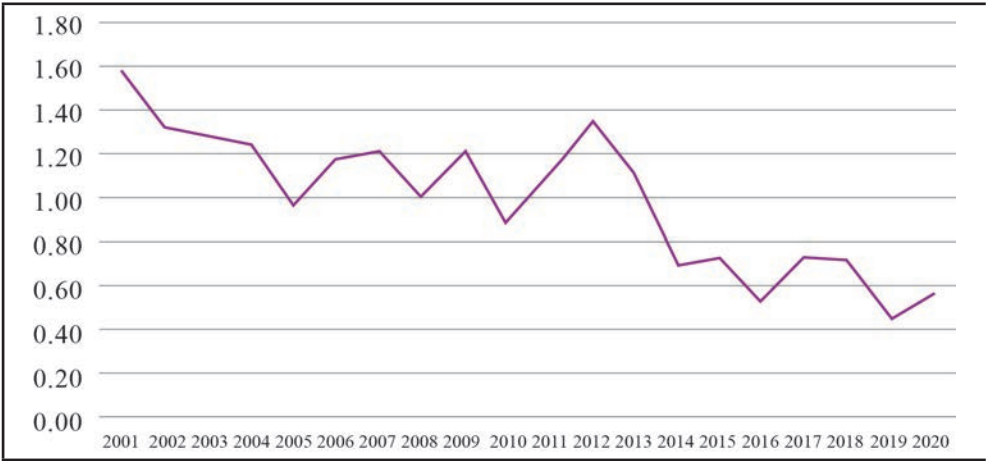
CUADRO 1 (continúa)
Participación de las importaciones de café en Europa

Año	Alemania	Italia	España	Francia
2015	0.5	0.4	2.6	0.5
2016	0.5	0.2	2.5	0.5
2017	0.4	0.3	2.0	0.4
2018	0.6	0.5	0.9	0.5
2019	0.8	0.7	1.1	0.6
2020	1.3	0.8	1.2	0.7

Fuente: elaboración propia con datos de ITC (2021).

7. 3. Ventaja comparativa revelada de México en el mundo

La gráfica 5 muestra la estimación de la *VCR* de México a nivel internacional. Con ello, se identifica la especialización exportadora del país sobre un sector que se encuentra en crecimiento; empero, se aprecia una tendencia a la baja y hasta 2013 con valores mayores a la unidad que indica una ventaja comparativa débil; sin embargo, en el último tramo del gráfico los valores alcanzan en promedio 0.63%, señal de la inexistencia de competitividad. Quintero y Rosales (2014) han descrito un aumento en la producción mundial de café al referir un incremento de 1.6 veces la variable entre 1990 y 2010; no obstante, esto no significa necesariamente un crecimiento de las exportaciones mexicanas ni de su arraigamiento en los mercados internacionales, incidiendo en pérdida de competitividad, lo que permitiría a los países consumidores abrir las puertas a otros países proveedores de café.

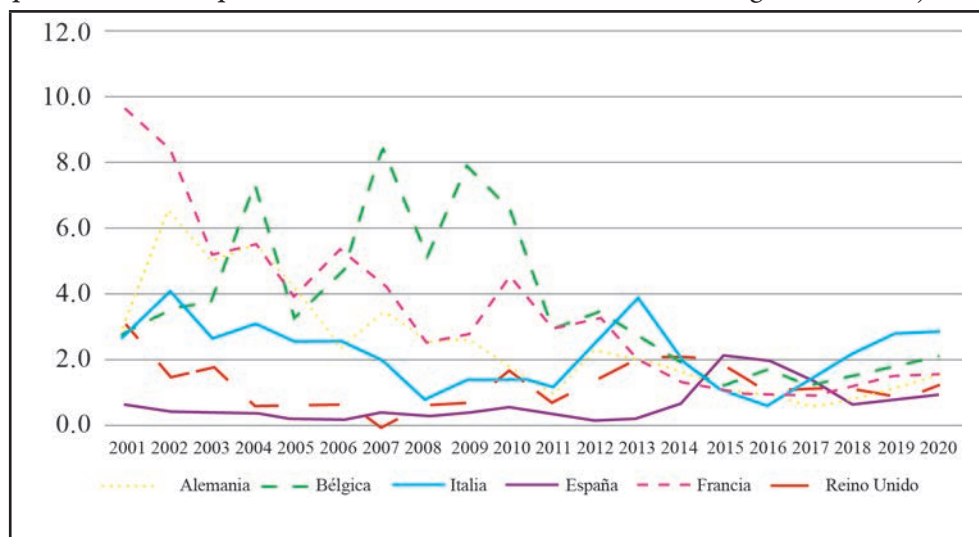


GRÁFICA 5
VCR del café mexicano en el mercado internacional
Fuente: elaboración propia con datos de ITC (2021).

7. 4. Coeficiente de ventaja comparativa revelada de los proveedores

Similar con los resultados anteriores sobre la situación del café de origen mexicano en sus principales destinos europeos, en la gráfica 6 se aprecia que en los diferentes países el aromático ha perdido competitividad, incluso en Francia, donde se mostró ventaja comparativa fuerte con valores de 9.6% y 4.4% hasta 2007, incluso mejor que en Alemania, cuyo valor más significativo se dio en 2002 (6.6%). De este último, es necesario mencionar que los resultados oscilan entre 3.3% en el inicio del periodo y al final del mismo la cifra es de 1.6%; es decir, en casi 20 años se perdió la mitad de la competitividad. En España la competitividad se clasificó como débil entre 2015 y 2016 con cifras de 2.0, pero para 2020 se tuvo una competitividad de 1%; en otros términos, en cuatro años se perdió la mitad de la ventaja competitiva que se tenía de forma similar a lo vivido en Alemania. Por su parte, Italia es el único

país donde al fin del periodo de análisis mantuvo una ventaja comparativa media. Entre 2018 y 2020 se aprecia una ligera recuperación de las exportaciones mexicanas; no obstante, se cataloga como ventaja comparativa débil.



GRÁFICA 6

Ventaja comparativa en los principales países destino de la Unión Europea

Fuente: elaboración propia con datos de ITC (2021).

7. 5. Elasticidad precio de la demanda

En lo referente a la ϵ_p^d , se observa en el cuadro 2 que la demanda se comporta prioritariamente como inelástica, sin responder a las fluctuaciones del precio.^[3] Los resultados coinciden con Yepes (2017), quien afirma que esto se debe a que es el segundo *commodity* más comercializado en el mundo; en el mismo tenor, Rodríguez *et al.* (2021) indican una de las características de la producción agrícola es la inelasticidad de la oferta y la demanda, por lo que recomienda la intervención gubernamental para estabilizar los precios de los productos.

CUADRO 2

Elasticidad precio de la demanda del café mexicano en la Unión Europea

Año	Alemania	Italia	España	Francia
2001	0.6	0.0	0.3	0.2
2002	0.0	0.1	0.1	0.1
2003	0.3	0.1	0.0	0.0
2004	0.2	0.1	0.2	0.2
2005	0.2	0.1	0.1	0.6
2006	1.0	0.3	1.6	0.0
2007	0.0	0.3	0.0	0.3
2008	0.2	0.7	0.0	0.2
2009	0.2	0.1	1.2	1.2
2010	0.1	0.7	0.1	0.0
2011	1.2	1.3	0.4	0.2
2012	0.4	0.2	0.5	0.2
2013	0.1	0.3	1.8	0.2
2014	0.4	0.5	1.4	0.0
2015	0.1	0.5	0.1	0.1
2016	0.2	0.7	0.2	0.1
2017	0.3	0.4	0.6	0.2
2018		0.4	0.2	0.2

Fuente: elaboración propia con datos de ICO (2022).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados logrados, se puede indicar que a pesar de que México es uno de los principales productores de café a nivel mundial, esto no se ve reflejado en su competitividad en el mercado europeo. Al respecto, aunque España y Alemania sean considerados como los principales países destinos en aquel continente, la realidad es que su competitividad ha crecido marginalmente, incluso ha perdido terreno como en el caso del mercado francés, país que se distingue por su alto consumo del aromático.

Los resultados, en este sentido, coinciden con lo dicho por otros investigadores (Ayala *et al.*, 2012; Schwentesius y Sangerman-Jarquín, 2014; Valencia y Zetina, 2017) sobre las exportaciones de alimentos: la competitividad del campo mexicano se está perdiendo de forma paulatina. Entre algunos factores que se asocian a este resultado son el cambio climático y la presencia de la roya en los cafetales.

En lo que respecta a los efectos de los precios en la competitividad puede decirse que en el café no hay tal, lo cual muestra su demanda prácticamente inelástica en los diferentes países. Por lo tanto, se considera a futuro estudiar estos aspectos ante cafés de alta calidad y diferenciados por su origen.

Es pertinente mencionar que, si bien la competitividad de los productos agrícolas ya se ha estudiado con la misma metodología, no se encontró registro del estudio en el mercado europeo; no obstante, las exportaciones del café mexicano al mercado estadounidense sí han sido analizadas con antelación por su cercanía y alta concentración del producto, pero con situación similar a la apreciada en Europa.

ANÁLISIS PROSPECTIVO

El café es uno de los productos cuyas características lo hacen de la preferencia del consumidor en todo el mundo y, por ende, de alto impacto económico y social. La ventaja competitiva en los diferentes sectores incluye el análisis del mercado internacional; sin embargo, al ser los países productores de café economías en vías de desarrollo, habrá que estudiar también la capacitación en cuanto a administración y comercialización. Este estudio reveló la pérdida de competitividad del producto mexicano en Europa, que se ve reflejada en una disminución en su continuidad internacional y constituye un llamado de atención para el Estado y un reto en cuanto a diferenciar el producto para satisfacer las necesidades del mercado internacional.

Como una mejora al estudio se recomienda la posibilidad de analizar la competitividad internamente, es decir, a través de la capacitación de la mano de obra, certificaciones, tecnología, participación de la triple hélice, sostenibilidad de la producción, costos y políticas públicas. Además, en el mismo sentido, habrá que analizar las tendencias de consumo de productos sustitutos de café, la influencia del cambio climático y enfermedades del cafeto, los efectos económicos y sociales del COVID-19, así como la variabilidad en el ingreso de la población.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los árbitros que tuvieron a bien evaluar este artículo, pues con sus aportaciones permitieron mejorar su estructura y contenido.

REFERENCIAS

Alba, L. H., Peñaloza M. J., Gutiérrez V. y Castillo J.S. (2019). Efecto del consumo habitual de café en la salud cardiovascular: protocolo de una revisión de revisiones sistemáticas de la literatura. *Universitas Medica*, 60(2), 1-8. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.umed60-2.café>

- Ayala, A. V., Schwentesius, R. y Carrera, B. (2012). Hortalizas en México: competitividad frente a EE.UU. y oportunidades de desarrollo. *Journal of Globalization, Competitiveness & Governability*, 6(3), 70-88.
- Buendía, E. A. (2013). El papel de la ventaja competitiva en el desarrollo económico de los países. *Análisis Económico*, 28(69), 55-78.
- Bonales, J., Aguirre, J. I. y Cortés, A. (2013). Modelo competitivo de variables jerárquicas de empresas exportadoras. *Mercados y Negocios*, 28, 53-69.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). (2019). [http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/94Ca%C3%A9%20- Comercio internacional del café, el caso de México Producci%C3%B3n%20y%20Consumo.pdf](http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/94Ca%C3%A9%20-Comercio%20internacional%20del%20café,%20el%20caso%20de%20México%20Producci%C3%B3n%20y%20Consumo.pdf)
- Cerquera, O. H., Pérez, V. H. y Sierra, J. (2020). Análisis de la competitividad de las exportaciones del café del Huila. *Tendencias*, 21(2), 19-44. <https://doi.org/doi.org/10.22267/rtend.202102.139>
- Díaz, E. S. (2021). Estrategias de competitividad y contexto actual de caficultores y comercializadores en Hidalgo. *RICEA Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*, 10(20), 1-20. <https://doi.org/10.23913/ricea.v10i20.171>
- Duicela, L. A., Del Rocío, S. y Farfán, D. S. (2017). Calidad organoléptica de cafés arábigos en relación a las variedades y altitudes de las zonas de cultivo, Ecuador. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18(1), 67-77.
- Espinosa-García, J. A., Uresti-Gil, J., Vélez-Izquierdo, A., Moctezuma-López, G., Uresti-Durán, D., Góngora-González, S. F. e Inurreta-Aguirre, H. D. (2016). Productividad y rentabilidad potencial del café (*Coffea arabica* L.) en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 2011-2024.
- Figueroa-Hernández, E., Pérez-Soto, F., Godínez-Montoya, L. y Pérez-Figueroa, R. A. (2019). Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas. Nueva Época/Mexican Journal of Economics and Finance*, 14(1), 41-56. <https://doi.org/10.21919/remef.v14i1.358>
- Galván, E. y Santos, G. (2019). Análisis de la elasticidad precio y ventaja comparativa revelada del sector de cítricos en México. *Mercados y Negocios*, 39, 87-104. <https://doi.org/10.32870/myn.v0i39.7273>
- Gil, J., Moreno, E., Gil, A. y Blanco, J. L. (2004). Efectos del consumo de café para la salud cardiovascular, la diabetes y el desarrollo de cáncer. *Psicothema*, 16(4), 531-547.
- Gómez, B., Díaz, M. T., Valdés, R. C., y Miguel, M. A. (2021). Efectos del consumo de café sobre la salud. *MediSur*, 19(3), 492-502.
- Gómez, A. A. y García J. A. (2017). Análisis del impacto comercial del café mexicano en España, 2013, en Pérez, F., Figueroa, E., Godínez, L. y Salazar, R. (Coord.), *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades. Handbook T-III* (pp. 54-63). ECUFAN.
- Guerrero, P. P., Hernández, D. F. y Díaz, L. G. (2012). Metodología para la fijación de precios mediante la utilización de la elasticidad precio-demanda. Caso tipo: repuestos del sector automotor. *Apuntes del Cenes*, 31(54), 9-36.
- Henderson, T. P. (2019). La roya y el futuro del café en Chiapas. *Revista Mexicana de Sociología*, 81(2), 389-416.
- Hernández, A. y Favila, A. (2019). La mercadotecnia en la competitividad internacional del café mexicano: revisión de literatura. *RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática*, 8(22), 1-18. <https://doi.org/10.36677/recai.v8i22.11454>
- Hernández, J., Rebollar, S., Rojo, R., Cardoso, D., García, J. A., Guzmán, E. y Díaz, M. Á. (2008). Competitividad del comercio exterior de la porcicultura mexicana en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte. *CIENCIA ergo-sum*, 15(2), 126-131.

- ICO (International Coffee Organization). (2021). Panorama general del Informe de la OIC sobre desarrollo cafetero 2020. <https://www.ico.org/documents/cy2020-21/ed-2358c-overview-cdr-2020.pdf>
- ICO (International Coffee Organization). (2022). *Historical Data on the Global Coffee Trade*. https://www.ico.org/new_historical.asp
- ITC (International Trade Centre) (2021). *International Trade Statistics 2001-2020*. <https://www.intracen.org/itc/market-info-tools/trade-statistics/>
- Jaramillo-Villanueva, J. L. y Benítez-García, E. (2016). Transmisión de precios en el mercado mexicano e internacional de café (*Coffea arabica* L.): un análisis de cointegración. *Agrociencia*, 50(7), 931-944.
- Jiménez-Torres, A. y Massa-Sánchez, P. (2015). Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. *Economía*, 40(40), 117-137.
- López-García, F. J., Escamilla-Prado, E., Zamarripa-Colmenero, A. y Cruz-Castillo, J. G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Veracruz, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3), 297-304.
- Márquez, O., Cosío, R., Márquez, F. y Manrique, M. (2020). Competitividad de la tara peruana en el comercio internacional, período 2010-2018. *Telos: revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 22(2), 258-280. <https://doi.org/10.36390/telos222.02>
- Méndez, A. S., Espitia, I. C. y Galeana, E. (2018). Competitividad del comercio internacional de servicios intensivos en conocimiento de México, Chile, Colombia, Costa Rica y Brasil. *Mercados y Negocios*, 37, 7-26.
- Mesa, N. Y., Medrano, J., Martínez, M. L., Grave, M. y Cabrera, Y. (2017). Efecto anticariogénico del café. *Correo Científico Médico*, 21(3), 888-898.
- Montaño, I. E., Avendaño, B., Ávila, A. y González, D. (2021). Competitividad y el desequilibrio comercial de México en el mercado mundial de carne de bovino, 1990-2016. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1), e1742. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1742
- Nicolás, O. y Favila A. (2019). Competitividad de México en la exportación de limón a Países Bajos. *Actualidad Contable Faces*, 22(39), 93-111.
- Ocampo, O. L. y Álvarez, L. M. (2017). Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. *Apuntes CENES*, 36(64), 139-165. <https://doi.org/10.19053/01203053.v36.n64.2017.5419>
- Omaña, J. M., Almora, I., Cruz, B., Hoyos, G., Quintero, J. M. y Fortis, M. (2014). Competitividad de la carne de ganado de bovino entre los países miembros del TLCAN 1997-2008. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), 175-189.
- Pérez, P. (2007). Las transformaciones institucionales en la producción y comercialización internacional del café en el siglo XX e inicios del XXI. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 38(150), 107-132.
- Quintero, M. L. y Rosales, M. (2014). El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. *Visión Gerencial*, 2, 291-307.
- Rangel, M. G., Pinza, J. C., Fajardo, J. P. y Velasco, J. Y. (2019). Principales determinantes de las importaciones en Colombia. 2000-2016. *Tendencias*, 20(1), 130-157. <https://doi.org/10.22267/rtend.192001.111>
- Rebollar, S., Hernández, J., Guzmán, E., Rebollar, E. y González, F. J. (2021). La elasticidad precio de la demanda: caso teórico no corroborado. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 48, 690-699.
- Rivera, M. R., Nikolskii, I., Castillo, M., Ordaz, V. M., Díaz, G. y Guajardo, R. A. (2013). Vulnerabilidad de la producción del café (*Coffea Arabica* L.) al cambio climático global. *Terra Latinoamericana*, 31(4), 305-313.

- Rodríguez, O., Delgadillo, J. y Sánchez, M. (2021). Perfil del productor de nopal de Milpa Alta en el diseño de políticas sectoriales. *Argumentos. Estudios críticos de la sociedad*, 96, 229-253. <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/2021961>
- Rodríguez-Hernández, O., Santoyo-Cortés, V. H., Muñoz-Rodríguez, M. y Rodríguez-Padrón, B. (2016). La posición competitiva de las organizaciones cafetaleras en Huatusco, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, G2965-2979.
- Samuelson, P. y Nordhaus, W. (2019). *Economía con aplicaciones*. McGraw-Hill.
- Schwentesius, R. y Sangerman-Jarquín, D. M. (2014). Desempeño competitivo de la fruticultura mexicana, 1980-2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7), 1287-1300.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2022). *Café mexicano*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256426/B_sico-Caf_.pdf
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2021). *Producción agrícola*. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- SIABI (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet). (2022). Evolución de la fracción arancelaria 09011101. <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- Soto, D. (2019). Análisis de la Competitividad del Tomate Mexicano en el Contexto del TLCAN: Escenario ante el Mercado Chino. *Revista De Economía & Administración*, 15(1), 13-31.
- Spinoso-Castillo, J. L., Escamilla-Prado, E., Aguilar-Rincón, V. H., Morales-Ramos, V., García-de los Santos, G. y Corona-Torres, T. (2021). Respuesta fisiológica de semillas de tres variedades de café a rayos gamma (60Co). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 27(2), 101-112. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2020.07.019>
- Suárez-Galindo, M. L., Vázquez-Ruiz, M. A. y Ramírez-Rodríguez, R. (2019). Integración económica México-Cuba. Consideraciones teóricas. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 29(54), e19827. <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.827>
- Valencia, K. (2016). Competitividad de las exportaciones de café de Colombia, Guatemala y México hacia el mercado estadounidense (2001-2014). *CIENCIA ergo-sum*, 23(3), 239-246.
- Valencia, K. y Zetina, A. M. (2017). La cebolla mexicana: un análisis de competitividad en el mercado estadounidense, 2002-2013. *Región y Sociedad*, XXIX (70), 133-153.
- Velázquez, J., Juárez, J. P. y Ramírez, B. (2020). Percepción y análisis de las políticas públicas de la producción de maíz en el centro oriente de Puebla, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 17. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr17.papp>
- Yepes, C. A. (2017). Aportes teórico-conceptuales acerca del cambio organizacional de la industria cafetera colombiana. *Suma de Negocios*, 8(17), 19-30. doi.org/10.1016/j.sumneg.2016.09.001

NOTAS

[1] Para calcular el precio real se utilizó el Índice Nacional de Precios al Consumidor base diciembre 2020.

[2] Enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*; ataca las hojas, las ramas y hasta los frutos del café, en particular las variedades de la especie *Coffea arabica*, y se considera el patógeno más destructivo y de mayor importancia económica para el sector a nivel mundial (Henderson, 2019).

[3] Con respecto a Alemania, ICO no reporta el precio de venta en 2019.

CC BY-NC-ND



La importancia del deshielo del Ártico para México

López Medina, Alondra Yazmin; López, Iván; Pardo, Mercedes
La importancia del deshielo del Ártico para México
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e206**
Ciencias Sociales

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



López Medina A. Y., López, I., Pardo M. (2023). La importancia del deshielo del Ártico para México. CIENCIA *ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a2>

La importancia del deshielo del Ártico para México

The importance of the Arctic ice melt for Mexico

Alondra Yazmin López Medina*

Universidad Nacional Autónoma de México, México

alondrajazz21@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-7774-4150>

Recepción: 16 de febrero de 2022

Aprobación: 2 de junio de 2022

Iván López

Universidad de Zaragoza, España

ivalopez@unizar.es

 <http://orcid.org/0000-0002-7692-1194>

Mercedes Pardo

Universidad Carlos III de Madrid, España

mercedes.pardo@uc3m.es

 <http://orcid.org/0000-0001-7613-5727>

RESUMEN

Se analiza la importancia del deshielo del Ártico para México. Con este fin, la investigación examina los impactos de este proceso, las políticas ambientales del gobierno mexicano, la percepción de la ciudadanía y el enfoque de los medios de comunicación sobre el cambio climático y el deshielo. Para obtener los resultados, se realiza un análisis de carácter exploratorio, del cual se concluye que, a pesar de la repercusión tanto del deshielo del Ártico como del cambio climático en la crisis climática actual que afecta a todos los países, y específicamente a México, dentro de las agendas políticas de la nación, de la ciudadanía y de los medios de comunicación de masas son temas secundarios.

PALABRAS CLAVE: cambio climático, políticas ambientales, Ártico, México, percepción social.

ABSTRACT

This paper analyzes the importance of the melting of the Arctic ice for Mexico. The research examines the impacts of this process, the Mexican government's environmental policies, citizen's perception and the media's approach to climate change and the melting of the Arctic ice. To obtain the results, an exploratory analysis was carried out, from which it was concluded that, despite the importance of the Arctic melting in the current climate crisis affecting all countries, and specifically Mexico, within the political agendas of the nation, the citizenry and the mass media, both climate change and the Arctic melting are secondary issues.

KEYWORDS: climate change, environmental policies, Arctic, Mexico, social perception.

INTRODUCCIÓN

Antes del siglo XXI el Ártico se consideraba y caracterizaba por ser un gélido océano con temperaturas extremas y factores físicos que en conjunto imposibilitaban el acceso a la región. Sin embargo, en los últimos setenta años el Ártico ha ido cambiando drásticamente debido al intenso aumento de la temperatura como producto del calentamiento global (IPCC, 2021). La transformación ha sido de manera tal que hoy en día la región se ha convertido tanto en un área clave para la comunidad internacional como en un ecosistema en alto riesgo a consecuencia de la pérdida de nieve y hielo.

Derivado de lo anterior, el Ártico se ha erigido como un importante punto de estudio para analizar el futuro climático y ecológico del planeta, en vista de que en esta región es posible observar con mayor velocidad e intensidad los efectos del cambio climático en comparación con cualquier otra parte del mundo. Como evidencia, resalta que en

*AUTORA PARA CORRESPONDENCIA

alondrajazz21@gmail.com

el Ártico se experimenta un aumento de la temperatura a una velocidad dos veces mayor que en el resto del planeta, incluso en algunas zonas de Rusia y Alaska hasta tres o cuatro veces más.

De hecho, el daño acumulado en la región es tal que tan sólo en los últimos setenta años el hielo marino del Ártico del final del verano ha perdido alrededor del 60% de su volumen, lo que ha permitido que lo impenetrable se vuelva accesible y que el sistema climático del planeta en su conjunto se vea afectado significativamente, lo cual propicia la aparición de eventos climatológicos extremos y el aumento en la velocidad del calentamiento global; por ello, la degradación del ecosistema del Ártico ha despertado la urgencia en la comunidad científica (IPCC, 2014, 2021), así como la necesidad por entender y divulgar la información sobre los efectos ambientales que producirá la pérdida de nieve y hielo tanto en la región como para el resto del planeta en distintas organizaciones internacionales.

Sin embargo, al mismo tiempo, como consecuencia de la reducción del hielo marino, distintos países y empresas han mostrado su interés por explorar el Océano Ártico al visualizarlo como un espacio de oportunidades económicas, las cuales desatan así la aparición de conflictos geopolíticos, jurídicos y sociales y ponen a la región en el centro de la disputa geopolítica del siglo XXI (Rivera, 2016).

Desde un punto de vista histórico, el Ártico ha sido tema de interés casi únicamente de los países que lo rodean (Rivera, 2016), también conocidos como *países circumpolares*: Estados Unidos, Rusia, Canadá, Noruega y Dinamarca, por lo que la tendencia del estudio, exploración y explotación de la región ha recaído en ellos. Dicho esto, ¿por qué México debería preocuparse por estudiar una zona tan lejana a la cual es difícil tener acceso y de la cual no forma parte? La razón principal es que el cambio climático ha dejado de ser una amenaza futura para convertirse en un desafío real al cual se debe hacer frente justo ahora y prestar atención a lo que ahí sucede (IPCC, 2014, 2021).

En este sentido, este artículo busca enfatizar la importancia del Ártico para México desde la problemática ambiental resaltando los riesgos ecológicos y climáticos, sobre todo porque se considera que el país cuenta con una población mayoritariamente pobre y muy vulnerable a sufrir las catástrofes sociales (INECC, 2020) derivadas de los efectos del cambio climático, los cuales se recrudecerán con el intenso proceso de deshielo.

Con base en lo anterior, y debido a la todavía escasa investigación sociológica sobre los impactos del cambio climático en el mundo (Pardo y Ortega, 2019; Aldunce *et al.*, 2020), y por supuesto en México, es necesario tener en cuenta para su avance las distinciones conceptuales que el IPCC (2018: 89) lleva a cabo al respecto como son el riesgo, el cambio climático, la vulnerabilidad y los impactos. El *riesgo* se define como el “potencial de que se produzcan consecuencias adversas por las cuales algo de valor está en peligro y en las cuales un desenlace o la magnitud del desenlace son inciertos” (IPCC, 2018: 89). Respecto al *cambio climático*, este concepto se refiere a un peligro que reviste incertidumbre, además se hace referencia a la vulnerabilidad, adaptación y mitigación como cuestiones clave para analizar su impacto.

Por *vulnerabilidad* el IPCC (2018: 92) entiende la propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación; en este caso, dicha capacidad de respuesta de las sociedades se enfoca hacia la mitigación y la adaptación. La mitigación se refiere a “la intervención humana destinada a reducir las emisiones o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero” (IPCC, 2018:85) y la adaptación “en los sistemas humanos, el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos, a fin de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas” (IPCC, 2018: 74), donde distingue entre adaptación gradual, adaptación transformativa, así como límites de adaptación.

Finalmente, los *impactos* se definen como las consecuencias de los riesgos materializados en los sistemas humanos y naturales, donde los riesgos provienen de las interacciones entre los peligros relacionados con el clima (incluidos los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos), la exposición y la vulnerabilidad (IPCC, 2018: 83).

La interrelación existente entre estos tres constructos teóricos (riesgo, vulnerabilidad, impacto) dificulta a veces su distinción más allá de la clasificación formal. En cualquier caso conviene plantearse que el impacto es un resultado no sólo del riesgo (el cambio climático en este caso), sino de la vulnerabilidad o resiliencia del medio ambiente biofísico o social que se trate.

Por *resiliencia* se entiende la “capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosos respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación” (IPCC, 2018: 88). Desde un punto de vista sociológico interesa también el concepto de *fortaleza de las sociedades*, ya que su resiliencia será mayor o menor según la fortaleza que tengan sus estructuras sociales, y busca precisamente mantener e incrementar dicha fortaleza como el mejor sistema preventivo del impacto del cambio climático; al respecto, el IPCC (2018) no indica nada al respecto a la fortaleza. El filósofo escocés Thomas Reid en el siglo XVIII apuntó que una sociedad es tan fuerte como su eslabón más débil. Esta consideración es relevante desde el punto de vista sociológico, pues apunta a la necesidad de considerar cuestiones como la lucha contra la desigualdad social –de rentas, de educación, de edad, de género–, entre otras, dentro del concepto de *resiliencia* (Pardo, 2002).

Por último, conceptualmente también hay que considerar que el impacto puede ser negativo o positivo, como indica el IPCC (2018), o evaluar *a priori* si se trata de impactos directos o indirectos de corto, medio o largo alcance, reversibles o irreversibles o difíciles (Pardo, 2002).

El uso de estas categorías resulta fundamental para el análisis de los impactos del deshielo del Ártico y el cambio climático en México y también para el diagnóstico de la arquitectura institucional y programática –como parte de la mitigación y adaptación (IPCC, 2018: 87)– que ha desarrollado su gobierno. En este sentido, el objetivo general de este artículo es identificar y analizar, en la medida de lo posible según resultados de investigaciones realizadas, la importancia para México del deshielo del Ártico. Dicho objetivo general se concreta en objetivos intermedios como son analizar la arquitectura institucional y programática desarrollada, así como entender de qué manera se percibe el deshielo del Ártico y el cambio climático en la conciencia ciudadana mexicana y el enfoque informativo de los medios de comunicación de masas, ambas cuestiones imprescindibles para tener en cuenta (INECC, 2020).

1. IMPACTOS DEL DESHIELO DEL ÁRTICO EN MÉXICO

El Ártico es más que un océano de hielo y plataformas continentales congeladas; este ecosistema es un pilar fundamental para el funcionamiento del planeta y para la existencia de la vida en él como la conocemos (Watts, 2019). Por sus características biofísicas, es decir, gracias a la existencia de enormes cantidades de nieve y hielo, así como de los suelos congelados, junto con la Antártida, se encarga de regular la temperatura del planeta: *a)* En primer lugar debido a que las capas de nieve y hielo ayudan a reflejar los rayos del Sol que entran al planeta de nuevo al espacio, las cuales impiden que se absorban grandes cantidades de calor. *b)* En segundo lugar porque el proceso natural de deshielo que sufre la región durante el verano y de recuperación durante el invierno controla los patrones climáticos de todo el mundo, mientras que el proceso natural de deshielo de la banquisa ártica (el hielo que permanece en el océano de esta región) permite la circulación de las corrientes marinas (NOAA, 2021).

En este sentido, las alteraciones significativas en la composición del ecosistema ártico tendrán repercusiones en el resto del sistema planetario, pues con la disminución de la nieve y el hielo en la región el planeta absorbe mayores cantidades de energía solar que aumentan la temperatura media mundial y que implican graves repercusiones para todos los ecosistemas. Es decir, una de las consecuencias directas más graves del deshielo del Ártico para el planeta es que intensificará la velocidad con la que se está produciendo el cambio climático, lo que conlleva aumentos significativos en la temperatura de la atmósfera y los mares, en los niveles del mar y en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos, entre otros (IPCC, 2014, 2018, 2021).

Ahora bien, resalta el hecho de que México es considerado un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, condición que se magnifica con las drásticas transformaciones en la región ártica. De acuerdo con el INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático), para determinar el grado de vulnerabilidad de un país se consideran tres aspectos: *a)* se identifica el grado de exposición a los efectos del cambio climático, en

especial a la variabilidad climática y a los eventos extremos, *b*) el nivel de sensibilidad que tienen sus ecosistemas ante las perturbaciones y *c*) se analiza la capacidad adaptativa por parte del gobierno y la sociedad para hacer frente a los impactos negativos del cambio climático (INECC, 2020).

Con base en lo anterior, México reúne las características geográficas y sociales que lo posicionan con un alto grado de vulnerabilidad, puesto que es un país con una gran concurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, dado que se encuentra ubicado en un lugar donde ocurren huracanes tanto en el océano Atlántico como en el océano Pacífico (INECC, 2020), los cuales se prevé aumentarán en frecuencia y en intensidad. Aunado a ello, el país es un punto de encuentro entre dos regiones biogeográficas: el Norte, donde ocurrirán sequías cada vez más intensas y prolongadas, y el Sur, con lluvias torrenciales que producen deslaves e inundaciones (INECC, 2020). Cabe mencionar que en más de once mil kilómetros de costas susceptibles a los huracanes y elevación del mar vive el 18% de la población mexicana (INECC, 2020).

Además, según datos obtenidos en la Estrategia Nacional de Cambio Climático de 2013 –la única realizada hasta el momento, concreción de la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012)–, en México hay aproximadamente sesenta y un millones de personas en peligro de ser afectadas por inundaciones, cincuenta y cuatro millones de personas por sequías agrícolas, cuarenta y tres millones de personas en peligro por olas de calor y quince millones de personas expuestas a la transmisión de enfermedades por eventos climatológicos (CONEVAL, 2018), números que van en aumento y sugieren un estado de emergencia climática crucial para México. Aunado a ello,

el Instituto Nacional de Cambio Climático (INECC) ha encontrado que de los 2 mil 456 municipios en los que se divide el país, 480 (20%) tienen un nivel de vulnerabilidad al cambio climático muy alto o alto, 888 municipios (36%) un nivel medio y los 1,088 restantes (44%) un nivel bajo o muy bajo (CEDRSSA, 2020: 11).

Es decir, que hay un 46% de municipios con una propensión alta a media a los efectos del cambio climático. En suma, de acuerdo con datos del CONEVAL (2018), de ciento veinte millones de personas que habitan en México, más de sesenta millones viven en situación de pobreza o pobreza extrema, lo que significa que más de la mitad de su población se encuentra bajo condiciones desfavorecedoras ante esta situación. Aunque pobreza no es lo mismo que vulnerabilidad al cambio climático, la situación social, política, económica y ambiental se conjugan en el territorio mexicano para crear mayores condiciones de vulnerabilidad para la gente pobre, pues su capacidad para resguardarse y recuperarse de los estragos climáticos es significativamente menor.

Por ello, el deshielo acelerado del Ártico que empuja a velocidades y magnitudes nunca vistas al cambio climático representa un gran riesgo para México, ya que es capaz de desencadenar una serie de impactos negativos directos e indirectos sobre el territorio y en su población que por las condiciones socioeconómicas en las que reside tiene una capacidad de respuesta casi nula a esos efectos.

Ahora bien, desde hace sesenta años el Ártico ha sufrido pérdidas intensas en el volumen y extensión del hielo y la nieve, así como un abrupto aumento de la temperatura en la región, mismo periodo en el que la población mexicana ha enfrentado un número creciente de afectaciones por los fenómenos hidrometeorológicos extremos como ciclones tropicales, inundaciones y sequías (SEMARNAT, 2018), en donde los principales afectados han sido las personas más pobres. El creciente número de eventos hidrometeorológicos extremos se debe, entre otros aspectos económico-sociales, a que la degradación del Ártico causa daños graves a los sistemas de regulación del clima, por lo que se habla de un impacto directo del deshielo del Ártico para el país.

Como otro de los efectos directos, el aumento de la temperatura en el Ártico es capaz de causar alteraciones en la corriente de chorro atmosférica situada en el Norte y en los vientos que atraviesan el territorio nacional y traen, entre otras consecuencias, cambios en la forma en la que llueve. En los últimos años, México atraviesa por una grave crisis climática y ambiental con un creciente número de inundaciones y sequías que lo azotan. Tan sólo en 2020, comunidades marginadas de Chiapas, Tabasco y Yucatán se vieron fuertemente afectadas por inunda-

ciones que dejaron a sus habitantes incomunicados y desprotegidos al menos durante un mes en los tejados de sus casas. En noviembre de 2020 se dio a conocer en diferentes medios de comunicación que fueron alrededor de trescientas mil las personas afectadas por inundaciones en Tabasco (Camhaji, 2020).

En contraste, durante el primer semestre de 2021, el 85% del territorio del país se enfrentó a sequías y falta de agua, “lagos y presas se están secando, incluido el segundo cuerpo de agua dulce más grande del país” (*El Financiero*, 2021). Cabe aclarar que, aunque “la sequía es la principal causa, los habitantes aseguran que las carreteras construidas a través del lago y el desvío de agua para consumo humano también han incidido en el problema” (*El Financiero*, 2021), por lo que ciertamente el impacto del cambio climático presenta consecuencias diferenciadas según el actuar de las sociedades.

Sin duda alguna, los efectos para México son preocupantes, sobre todo considerando que de acuerdo con la Estrategia Nacional de Cambio Climático se estima que “a lo largo de las próximas décadas, México experimentará un incremento de temperatura generalizado superior al 6% respecto a la media histórica, y que éste será superior al incremento global en el mismo periodo” (Gobierno de la República, 2013: 34). En la actualidad, al igual que el Ártico y otras áreas que han aumentado su temperatura media, la Ciudad de México ha experimentado un incremento de casi 4 °C, lo que resulta en un hecho preocupante para la salud de su población.

Este incremento también ocurre en otras partes del país que ocasionan impactos negativos, por ejemplo la región del Norte de México experimenta las épocas de calor de manera anticipada durante prolongados periodos, pues terminan después del tiempo habitual, comparadas con años anteriores (SEMARNAT, 2016). En este punto, es preciso mencionar la importancia de la interdependencia entre los sistemas y el encadenamiento de causas y efectos que trae consigo, pues, como parte de los impactos indirectos del deshielo del Ártico para México, está la afectación de los sistemas y suministros de agua, cambios en la vegetación en la Cuenca, mayor temperatura del agua, desafíos para la purificación y distribución del agua, aumento de la demanda del agua, entre otros, puesto que

a medida que aumenta el calentamiento global, lo que conduce a precipitaciones menos frecuentes y más concentradas, la disponibilidad promedio anual de agua per cápita disminuirá rápidamente y a un ritmo creciente, especialmente en las regiones áridas y semiáridas del país (Montes-Rojas *et al.*, 2015).

Aunado a ello, en México los glaciares ubicados en los volcanes Pico de Orizaba, Popocatepetl e Iztaccíhuatl están desapareciendo (López, 2020). Aunque este proceso no está relacionado de forma directa con el deshielo del Ártico, se indica aquí como un paralelismo debido al calentamiento global del planeta. Este suceso tiene impactos significativos en la disponibilidad del agua, en especial para aquellas poblaciones que viven cerca de los volcanes debido a que estos glaciares son bloques de agua congelada que en época de calor se funden y aportan grandes volúmenes de agua a los mantos acuíferos; además, conservan un mecanismo de reflexión parecido al del Ártico, por lo que si desaparecen, la temperatura se incrementa de manera adicional y habrá más calor y más sequía (López, 2020).

Por otra parte, la población y la infraestructura estratégica social y económica se verá afectada con el aumento de eventos hidrometeorológicos extremos causados por el deshielo del Ártico, lo que incluye huracanes, sequías, deslaves, lluvias torrenciales, inundaciones y temperaturas extremas. Es decir, sectores fundamentales como la energía, unidades médicas, planteles educativos, viviendas, carreteras, puertos, aeropuertos y centrales de abasto y otros sectores productivos como la agricultura están expuestos a eventos peligrosos (Gobierno de la República, 2013). Al respecto, el avance en la investigación deberá distinguir, como ya indicamos, entre impactos directos e indirectos, a corto, medio y largo plazo, reversibles o no, todo lo cual es clave para la mitigación y adaptación al cambio climático.

De acuerdo con los *Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030*, en México, entre 2001 y 2013, se estima que los afectados por los fenómenos meteorológicos fueron de alrededor de 2.5 millones de personas, mientras que los costos económicos sumaron 338.35 mil millones de pesos (Gobierno de la República, 2015: 4), mientras que el estudio *La economía del cambio climático en México*

(Galindo, 2010) indica que para el año 2100 los impactos del cambio climático alcanzarán el 6.22% del PIB (Producto Interno Bruto) actual; “esto sin considerar actividades pecuarias y eventos extremos, el aumento en el nivel del mar, los costos por las pérdidas de biodiversidad y de vidas humanas” (Cárdenas, 2013: 49). *En México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación* “se calcula que para 2050, los costos del cambio del clima pudieran ir desde el 3.71 por ciento a casi 12 por ciento del PIB, mientras que, para fines de siglo, los impactos pudieran representar hasta el 40 por ciento del PIB” (Cárdenas, 2013: 50).

Por último, el Banco Mundial y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos estiman que “alrededor del 68% de la población y el 71% del PIB de México están expuestos a los efectos negativos del cambio climático” (CEDRSSA, 2020:13). Aunado a ello, en la agricultura se prevé que para finales de este siglo entidades federativas como Jalisco, Estado de México, Nayarit, Morelos, Michoacán, Guerrero y Colima podrían perder entre 20 y 40% de su rendimiento de producción de maíz de temporal a causa del cambio climático (México ante el cambio climático, 2021).

Junto con los impactos a los sectores productivos, se espera que el cambio climático en México provoque “un incremento en las enfermedades y la mortalidad asociadas tanto al aumento de la temperatura como a una mayor concentración de gases contaminantes en la atmósfera” (Cárdenas, 2013: 49). Como ya se mencionó, México es un país altamente vulnerable ante el cambio climático; por tanto, es necesaria la creación y seguimiento de estrategias para crear una estructura social, energética y económica capaz de frenar y minimizar los efectos.

2. ACCIONES DE MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL DESHIELO DEL ÁRTICO

Con motivo de la alta vulnerabilidad del país a los efectos del cambio climático, el gobierno mexicano ha creado distintos instrumentos de política nacional dedicados a este tema en sus tres órdenes de gobierno; en este sentido, el eje rector es sin duda alguna el marco jurídico, en el que destacan acuerdos internacionales que lo comprometen a otorgar un medioambiente seguro, reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar los efectos del cambio climático para su población.

Los acuerdos internacionales firmados y ratificados por el gobierno mexicano en materia de cambio climático son los siguientes: *a)* el Convenio de Rotterdam, que versa sobre el Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional (México ante el cambio climático, 2021). *b)* El Convenio de Basilea, el cual busca reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y su movimiento transfronterizo, así como asegurar su manejo ambientalmente racional (México ante el cambio climático, 2021). *c)* El Convenio de Estocolmo, que tiene por objetivo proteger la salud humana y el medioambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes (México ante el cambio climático, 2021). *d)* La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, cuyo objetivo último consistía en reducir las emisiones netas de seis gases de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático por medio de un calendario de cumplimiento (UNFCCC, 2021). *e)* El Acuerdo de París de 2015, instrumento de alcance mundial políticamente vinculante –aunque con compromisos autoestablecidos por cada país– que tiene como propósito mantener la temperatura del planeta por debajo de los 2 °C, respecto a la época industrial hacia finales de este siglo, e incluso promover esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura mundial a 1.5 °C (*El Ágora Diario*, 2021; IMCO, 2016).

Tanto el Protocolo de Kioto como el posterior Acuerdo de París son logros fundamentales en materia de cambio climático por su repercusión mundial. A pesar de que el Protocolo de Kioto no logró alcanzar la reducción de gases de efecto invernadero conforme a lo establecido en su calendario de acción, no deja de ser un instrumento político imprescindible, pues en él se establecen compromisos de mitigación concretos y vinculantes. Por su parte, el Acuerdo de París retoma la esencia del Protocolo de Kioto y en él se reconoce la responsabilidad histórica de los países económicamente desarrollados, los cuales deberían alcanzar su punto máximo de emisión de GEI lo antes posible, y se apoya de mecanismos de transparencia (IMCO, 2016).

Dentro del marco jurídico nacional, México cuenta con normas como la Ley de Transición Energética, la cual busca regular el aprovechamiento sustentable de la energía, la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (2008), la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (1988) y la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012). Esta última se expide en 2012 con la finalidad de establecer las bases para que México cumpla lo dispuesto en el Protocolo de Kioto, es decir, garantizar el derecho a un medioambiente sano y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la elaboración de políticas públicas.

De acuerdo con los objetivos establecidos en el Protocolo de Kioto, México se ha comprometido de manera no condicionada a reducir un 22% la emisión de gases de efecto invernadero para 2030, “lo cual significa una reducción de alrededor de 210 megatoneladas (Mt) de GEI” (Gobierno de la República, 2015: 10). Conforme a lo establecido en el Acuerdo de París, México mantiene este compromiso y además le suma dos más en materia de reducción de gases de efecto invernadero, los cuales consisten en “la reducción del 51% del volumen de sus emisiones de carbono negro, para el 2030, tomando como referencia un escenario tendencial carente de medidas para combatir el cambio climático” (Gobierno de la República, 2015: 9) y disminuir las emisiones del sector industrial y así producir el 35% de energía limpia en 2024 y el 43% al 2030 (IMCO, 2016). En materia de adaptación al cambio climático, de acuerdo con el Acuerdo de París, el gobierno mexicano está comprometido a llevar a cabo las acciones necesarias que permitan garantizar la seguridad alimentaria, el acceso al agua, reducir el número de municipios vulnerables al cambio climático, alcanzar una tasa del 0% en la emisión de gases de efecto invernadero, conservar y reforestar ecosistemas, garantizar y monitorear el tratamiento de aguas residuales, entre otras (Gobierno de la República, 2015).

Para alcanzar estos objetivos, México ha emprendido diferentes esfuerzos entre los que destacan la instalación de la CICC (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático) y del Consejo de Cambio Climático (C3), y del INECC, entre otros. Por su parte, en la Ley General de Cambio Climático se establece que “el país debe privilegiar las acciones con mayor potencial de reducción de emisiones al menor costo y que, a la vez, brinden co-beneficios de salud y bienestar para la población” (Gobierno de la República, 2015: 9).

Asimismo, el gobierno mexicano elaboró algunos documentos que funcionan como plan de acción para cumplir los compromisos con el planeta. En 2013 se publicó la Estrategia Nacional de Cambio Climático, en la que se plasma la situación de México respecto al cambio climático, así como acciones y estrategias del gobierno para combatirlo, incluso proyecciones climáticas en el contexto internacional reciente. Más tarde, en 2015, los *Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030* establecen metas acordes con los compromisos fijados en el Acuerdo de París. Entre los objetivos se encuentran crear las condiciones necesarias para que México se adapte al cambio climático en el sector social, ambiental y en los sistemas productivos y de infraestructura energética, generar más energía limpia –lo cual no garantiza que se deje de usar la energía fósil–, reducir las fugas de metano y controlar las partículas negras de hollín (Gobierno de la República, 2015).

En materia de lucha contra el cambio climático no sólo se precisa un cambio del tipo de energía de la fósil a la limpia, sino también conseguir una reducción en el consumo de energía mediante el ahorro y la eficiencia energética: no basta con intentar sustituir la energía fósil, sino que además el gobierno mexicano tendría que buscar cambiar el funcionamiento del sistema energético, que consistiría en aplicar una estrategia decidida que impulse la reducción del uso de energía en sectores específicos como en las grandes ciudades y en los complejos industriales que absorben enormes cantidades de energía, en comparación con la inmensa mayoría de población pobre que radica en el país. Aunque el gobierno mexicano cuenta con una estructura institucional como la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, no es insuficiente, pues no logró llegar a la meta propuesta para 2020 de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (SEMARNAT, 2020).

Entre otras de las líneas de acción dentro del Informe de 2015 se encuentra el abastecer de gasolinas y diésel de ultra bajo azufre, incrementar la flota vehicular a gas natural y disponer de “combustibles limpios”, así como modernizar el parque vehicular y reducir la importación de automóviles usados (Gobierno de la República, 2015). La anotación a este punto consistiría en que, en la lucha contra el cambio climático, el fomento del transporte

colectivo debe de anteponerse al transporte privado; es decir, no se trataría tanto de más autos eléctricos, sino de mejorar la infraestructura en favor del transporte público, además de que el gas natural calienta la atmósfera al ser más contaminante. Es necesaria la creación y uso de transporte público masivo dentro de las ciudades y de trenes de alta velocidad que garanticen seguridad y calidad para los usuarios y usuarias, millones en el caso de la CDMX, que utilizan el transporte público. Esta acción, además de ser una actividad que ayudaría significativamente a cambiar el patrón energético en el sector transporte, que es uno de los más contaminantes del país, permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a corto, medio y largo plazo.

En la Ciudad de México los microbuses, autobuses y combis constituyen el principal medio de transporte; en promedio realizan 11.54 millones de viajes diarios entre lunes y viernes; una de sus principales características es que en su mayoría son unidades viejas y en mal estado, además de que los pasajeros tardan un 54% más de tiempo en llegar a su destino que si lo hicieran en su auto propio (*El Economista*, 2019); en este aspecto, al menos el 42% de los usuarios del transporte público viajan durante más de dos horas al día todos los días (Moovit, 2021).

De acuerdo con el *Análisis de la inversión en movilidad urbana 2011-2017* del Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo en México, en 2017 se destinaron 7 702.76 millones de pesos a la infraestructura vial, 5 137.91 millones de pesos a pavimentación, mientras que en el transporte público sólo se invirtieron 2 547.72 millones de pesos, 487.61 millones en infraestructura ciclista y 1 089.69 en infraestructura vial (ITDP, 2017). Estos datos demuestran que, al menos hasta 2017, el transporte vehicular privado tenía prioridad sobre el transporte público, a pesar de que el gobierno mexicano se comprometió a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante distintos instrumentos jurídicos internacionales, además de que en Ley General de Cambio Climático señala que se deben preferir las actividades que impulsen la mitigación de esos gases.

Las consecuencias de priorizar el transporte privado sobre el público se ven reflejadas en el incumplimiento de los objetivos para mitigar el cambio climático establecidos por el propio gobierno mexicano; al respecto, el transporte público del país tiene todavía mucho camino por recorrer para lograr conectar a las comunidades con centros de salud, hospitales, escuelas y lugares de trabajo. Por su parte, en la Ciudad de México el sistema de transporte colectivo ha registrado varios incidentes que van desde el descarrilamiento de trenes y el desplome de la línea 12 del metro en mayo del 2021, que dejó un saldo de 26 muertos y varios heridos (*Milenio*, 2021).

Mientras tanto, algunas de las acciones del gobierno en turno consisten en unir las redes de transporte público del Valle de México con la periferia y áreas conurbadas del Estado de México, además de continuar con la estrategia de sustituir unidades vehiculares viejas por nuevas y con menor impacto ecológico. Como ejemplo, en el primer semestre del 2021 se han sustituido en Jalisco cincuenta unidades de autobuses y microbuses viejas por autobuses de gas natural.

3. EL ÁRTICO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CONCIENCIA CIUDADANA Y LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN

El cómo se percibe, cómo se entiende e incluso qué emociones despierta el cambio climático en la conciencia ciudadana es crucial para entender el tipo de respuesta que se está dando a la crisis climática, así como el tipo de respuesta que se espera generar; sobre todo, si se toma en cuenta que el cambio climático como crisis se manifiesta de diferentes maneras, por lo que para cambiar el curso actual del planeta se requiere no sólo de la reducción de gases de efecto invernadero, sino también de cambios múltiples en aspectos clave como la explotación de las materias primas, el uso de la energía, el manejo del agua, la producción y consumo de alimentos, entre otros (Janacua, 2020).

La conciencia ciudadana hace referencia a los valores, más o menos vagos, sobre un asunto –en este caso el cambio climático– a los que ha llegado una sociedad; en síntesis, expresa el aspecto moral normativo, el tipo de sociedad deseable. La conciencia ciudadana sobre el cambio climático como problema social y sobre la necesidad de luchar contra el mismo –como expresión de un proceso social histórico–, es condición necesaria para el cambio social, aunque no suficiente (Chulia, 1995). Para que dicha conciencia se concrete en comportamiento, en cambio social –mayor o menor–, se requiere analizar otros factores que inciden en dicho comportamiento,

como actitudes, estructuras económicas, políticas, sociales, la capacitación, información, educación, la experiencia empírica, el capital social de una sociedad, por mencionar algunas. Como concepto multidimensional que es, hay que distinguir cuatro dimensiones de la conciencia ciudadana: cognitiva (grado de conocimiento), afectiva (creencias y sentimientos), conativa (actitudes) y activa (conductas). Estos valores actúan de manera sinérgica y dependen del ámbito geográfico, social, económico, cultural o educativo en donde el individuo se posiciona.

Los medios de comunicación de masas, y en la actualidad las redes sociales, tienen un papel crucial en la concienciación ciudadana sobre los asuntos que abordan, en concreto en cuanto al cambio climático. Qué informan y qué no, cómo lo hacen, a dónde llegan, los intereses que representan, todo ello conforma el ecosistema de influencia de dichos medios como prescriptores que son. Sin embargo, no hay que olvidar que las personas tienden a dar credibilidad a aquellas posiciones que confirman nuestra propia posición sobre los asuntos que se trate, aunque también se produce una retroalimentación. En este sentido, el análisis de la conciencia ciudadana sobre el cambio climático suele llevarse a cabo a través de encuestas de opinión, las cuales tienen la virtud metodológica de concluir con información cuantitativa, que su propia naturaleza no pueden aportar luz sobre los porqués y los cómo, tal como lo hacen posibles metodologías de análisis cualitativo. En México, la manera como la población percibe al cambio climático ha dependido en su mayoría de lo que los medios de comunicación dan a conocer en los periódicos y la televisión. Con el paso del tiempo, le ha seguido la información difundida en internet y en redes sociales, ya sea a través de pequeñas notas, videos e infografías, así como de lo aprendido en los salones de clases y de la experiencia propia mediante la observación de la transformación de los ecosistemas cercanos. Es preciso señalar que la percepción social sobre el cambio climático, así como las repercusiones de este y las acciones que lo han provocado varían

en función de variables como la edad, el género, la personalidad, el nivel de ingreso, la cultura, la experiencia, las motivaciones y la rutina diaria, entre otras, esto significa que cada individuo percibe e interpreta los hechos según su bagaje cultural, social, intelectual y condición económica (Espejel y Flores, 2015: 1278).

Por lo anterior, este artículo retoma tanto trabajos de percepción sobre el cambio climático en distintas partes del país por medio de encuestas propias y comparaciones con otras como estudios que analizan de qué manera los medios de comunicación abordan el tema. En cuanto a los estudios de percepción sobre el cambio climático, la tesis *Percepción pública del cambio climático en México* (Martínez González, 2015) compara encuestas sobre cambio climático en México entre 2008 y 2014, además de una encuesta exploratoria propia, así como un análisis de entrevistas entre expertos y revisión de notas de los periódicos con mayor circulación nacional. Los resultados de este estudio arrojaron que alrededor de un 90% de las y los entrevistados

ha escuchado/le preocupa/cree que entiende sobre el cambio climático. La mayoría (73%-95%) sabe que [este es causado] por actividades humanas, [es decir] que el cambio climático es antropogénico. En cuanto a la percepción del riesgo, la mayoría de los entrevistados (60% - 94%) lo considera una amenaza para ellos o a su estilo de vida, mientras que en la encuesta exploratoria un 90% manifestó creer que los efectos ya han comenzado (Martínez González, 2015: 22).

Por otro lado, tan sólo el 27% de la población entrevistada considera que el gobierno hace algo al respecto. Este dato es

importante porque la inmensa mayoría (90%) cree que el calentamiento global y el desarrollo de fuentes de energías limpias deben ser una prioridad para el Estado. [Sin embargo] en la encuesta propia, sólo el 10% de las personas dicen conocer las acciones del gobierno (Martínez González, 2015: 22-23).

Aunado a esto, las principales críticas que hicieron las y los entrevistados sobre la vulnerabilidad al cambio climático fueron acerca de la tendencia del gobierno en reparar daños o en planes de contingencia en lugar de incentivar más planes de prevención e investigación (Martínez González, 2015).

En contraste, en el artículo “Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México”, el 62% de las y los encuestados dijo saber qué es el cambio climático (Olmos *et al.*, 2013: 9). Tal y como lo menciona su título, las preguntas del cuestionario estaban dirigidas a estudiar la percepción de las y los habitantes sobre los efectos negativos del cambio climático en las áreas naturales protegidas, es decir, investigar qué tanto percibían las comunidades el grado de afectación en zonas costeras, la pesca, la productividad del suelo, la agricultura, la ganadería, el agua, el turismo y la sociedad. Algunos de los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

El 63% de los encuestados señalaron tener efectos negativos por la frecuencia e intensidad de los huracanes, lluvias más intensas y/o menos frecuentes, asimismo el 50% manifestó que el cambio en los patrones de lluvia y vientos también eran efectos negativos, seguido del 18% que han percatado desaparición de cuerpos de agua superficiales, 17% de ellos perciben cambios en el ciclo hidrológico y 12% de ellos asumen cambios en el volumen y calidad de fluidos de agua superficial (Olmos *et al.*, 2013: 13).

En cuanto a los efectos percibidos en las actividades económicas, como lo es la ganadería,

el 63% reveló que uno de los principales efectos es la pérdida del hato ganadero por sequías pronunciadas (falta de alimento al practicar la ganadería extensiva), 18% pérdida de cabezas de ganado por huracanes y tormentas, 17% destrucción de abrevaderos por huracanes y 12% pérdida de corrales de manejo por huracanes (Olmos *et al.*, 2013: 13).

Algunas de las afectaciones nombradas en el tema de sociedad fueron la falta de agua en las casas, el cambio de actividades sociales por climas extremos, el aislamiento de comunidades y dificultad de traslado, destrucción de viviendas por huracanes o tormentas intensas y el decremento en salud por ondas de calor intensas y alta humedad, así como un incremento en enfermedades infecciosas, etc. (Olmos *et al.*, 2013: 14). Se percibe entonces que las personas que viven en las áreas naturales protegidas tienen mayor conocimiento de la forma en la que el cambio climático les afecta debido probablemente a que las transformaciones en el medioambiente, así como la vulnerabilidad y el riesgo, son más visibles y palpables para estas comunidades.

Por su parte, en *La percepción social del cambio climático en el ámbito urbano* (Urbina, 2015) presenta a través del análisis de cinco principales estudios entre 2000 y 2012 la percepción de riesgos ambientales, del cambio ambiental global y del cambio climático en la población mexicana. En este trabajo se encuentra que la percepción del riesgo y la vulnerabilidad al cambio climático va aumentando “en forma centrífuga; mientras más cercanía geográfica, menor vulnerabilidad y a mayor alejamiento mayor vulnerabilidad” (Urbina, 2015: 28); en otras palabras, las personas se colocaban a sí mismos con un menor grado de vulnerabilidad, en comparación con el resto, a medida que la distancia aumentaba (familia, vecinos, población del país, población del continente), lo cual coloca a la población mundial en el máximo grado de vulnerabilidad.

Aunado a ello, en el más reciente estudio de percepción que toma el trabajo de Urbina se preguntó a las y los entrevistados

cuáles eran, a su parecer, los más importantes problemas de nuestro país. Como ocurre desde hace algunos años, la respuesta pone a los aspectos de seguridad en primer lugar, seguidos de los problemas educativos, económicos, políticos y de salud. Los problemas ambientales ocupan el sexto lugar, siendo mencionados en primer lugar por sólo el 7% de los encuestados (Urbina, 2015: 31).

Los principales problemas ambientales percibidos fueron la “basura, contaminación del aire, contaminación del agua, deforestación, desperdicio y escasez de agua y, en séptimo lugar, el cambio climático, seguido de sobrepoblación, ruido y extinción de fauna” (Urbina, 2015: 31).

Otros datos significativos de Urbina (2015) son que el 35% de las y los entrevistados manifestó no conocer cuáles son las causas del cambio climático, el 46% dice conocer algo sobre el cambio climático, el 90% respondió que ha visto algo sobre cambio climático en televisión, 42% de la población muestra se enteró del cambio climático por la radio, el 25% mediante el periódico y sólo el 18% a través de internet. Sobre el trabajo del gobierno mexicano en materia de cambio climático, el 85% de las y los entrevistados dijo no conocer alguna acción. Finalmente,

al cuestionar “sobre su disposición a modificar su comportamiento cotidiano, sus hábitos de consumo para contrarrestar el cambio climático y sus efectos, el 58% de los entrevistados dijo ‘estar dispuesto’” (Urbina, 2015: 34).

Por último, en *Conocimiento y percepción del calentamiento global en jóvenes del bachillerato, Tlaxcala* en el cual “se seleccionó al CBTis 212 de Tetla de la Solidaridad, por encontrarse ubicados en ciudades con mayor número de problemas ambientales” (Espejel y Flores, 2015: 1281). La mayor parte del estudiantado encuestado considera que de diez a veinte años el calentamiento global afectará con mayor magnitud al ambiente, y que esto será consecuencia de no cuidarlo debido a problemas, tales como falta de conciencia ambiental, contaminación, aumento de la temperatura, desarrollo económico e incremento de la población (Espejel y Flores, 2015).

Asimismo, una gran parte del estudiantado manifestó que le preocupa mucho el problema del calentamiento global y los grandes obstáculos para frenar el cambio climático consisten en la pérdida del interés de la humanidad por el cuidado y conservación del ambiente. Dicho esto, el 64% de las y los estudiantes dijo que les gusta preservar mucho el ambiente (Espejel y Flores, 2015).

Cabe destacar que la comunidad estudiantil del CBTis cursó la clase de Ecología, de la cual pudieron tomar herramientas para responder las preguntas del cuestionario. Sin embargo, la misma comunidad estudiantil consideró que su conocimiento sobre el cambio climático no es suficiente, ya que las y los profesores no están capacitados para abordar la complejidad sobre el tema (Espejel y Flores, 2015). En este sentido, a pesar de que la población mexicana ha comenzado a percibir e identificar las consecuencias del cambio climático, la educación ambiental con la que cuenta sigue siendo insuficiente, pues como tema de interés público ha sido minimizado por el interés económico privado (Freyle y Arroyave, 2020), por lo que “los medios suelen estar al servicio de las élites económicas en detrimento del interés general” (Freyle y Arroyave, 2020: 72).

Se precisa abundar en la investigación social sobre la percepción social del cambio climático en la actualidad, a efectos de que se evalúe el avance o retroceso comparativo en la ciudadanía en la concienciación y acción en la lucha contra el cambio climático.

En ese marco, la información y la educación ambiental juegan un papel de suma relevancia (Arias Ortega y Rosales Romero, 2019); sin embargo, la cobertura mediática sobre el cambio climático en América Latina se ha mantenido con picos de interés; se tuvo un aumento de la atención durante las cumbres del clima (COP) (Loose y Fernández Reyes, 2020; Freyle y Arroyave, 2020). En general, la cobertura mediática sobre el cambio climático en América Latina es particularmente escasa si se considera que existen muchos países en una situación de vulnerabilidad grave ante los efectos del cambio climático (Loose y Fernández Reyes, 2020).

Aunque México es uno de los pocos países que cuenta con una mayor cobertura del tema, destaca que la mayoría de las noticias demuestran tener ya sea un tono conformista o un tono dramático (Freyle y Arroyave, 2020): en el primer caso no es un asunto urgente por resolver, mientras que en el segundo se habla de que es tan inminente que no hay nada por hacer. La dirección de ambos tipos de noticias lleva al público lector a tomar una postura en la que no tiene margen de acción (Freyle y Arroyave, 2020).

Entre otros de los problemas que manifiestan las noticias sobre el cambio climático es que la mayoría son presentadas con un enfoque internacional, es decir, que se ve como un asunto ajeno a la realidad local, un problema que se da en otras partes del mundo, como lo es el Ártico, por lo que tampoco permiten apostar por un papel activo y empoderado entre la sociedad (Freyle y Arroyave, 2020). Por otra parte,

cuando se habla de causantes dentro de una de la problemática más discutida a nivel global como es el CC, ningún actor/fuente se declara culpable ante una contrariedad. Por lo tanto, es más fácil atribuir la responsabilidad a otros para desacreditar y cuestionar sus intereses (Freyle y Arroyave, 2020: 84).

En cuanto a la percepción que tiene la población mexicana sobre el deshielo del Ártico se encontró pocas veces en las temáticas de los estudios y en la mayoría de las ocasiones se abordó como un efecto negativo del cambio climático. Esto se debe principalmente a que para los países que se encuentran fuera del círculo polar ártico, y

sobre todo para el caso mexicano, comprender este deterioro consta de un proceso complejo y obstaculizado, ya que la mayor parte de la información se encuentra en lengua inglesa y los datos e informes están dedicados a un público especializado en ciencias naturales; asimismo, tanto para explicar al cambio climático como la degradación del Ártico hay una tendencia de los medios de comunicación por presentar las noticias de forma fatalista e incompleta, que dejan en segundo plano tanto a los responsables como a las dinámicas sociales que merman las condiciones de vida en el Ártico y el resto del planeta.

Sin embargo, dentro de la academia, y en lo relativo a las ciencias sociales, en especial en la formación en relaciones internacionales, surge un renovado interés por estudiar el Ártico (Rivera, 2016) con motivo de los aspectos geopolíticos, geoeconómicos, ambientales, jurídicos y sociales que supone la aparición del océano Ártico como futura ruta navegable; sobre todo, al considerar que países como Estados Unidos, Rusia y China ejecutan proyectos extractivos que ponen en riesgo la integridad del ecosistema, pues esta zona se ve como un punto estratégico y un nuevo abanico de oportunidades de explotación de recursos.

CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

A pesar de que la evidencia científica ha mostrado desde mediados del siglo pasado la magnitud de los efectos negativos del deshielo del Ártico y del cambio climático para todas las formas de vida en el planeta, sigue siendo un tema secundario y de baja política dentro de las agendas de seguridad de la mayoría de los países, y específicamente en la del caso mexicano.

Como consecuencia de lo anterior, se ha obstaculizado la creación de fuertes medidas vinculantes que frenen la crisis climática. Aun cuando México cuenta con instrumentos jurídicos internacionales y nacionales que lo comprometen a brindar un medioambiente seguro, reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar los efectos del cambio climático para su población y brindar la infraestructura necesaria para asegurar la adaptación al cambio climático –a siete años desde la entrada en vigor del Acuerdo de París y diecisiete del Protocolo de Kioto–, no ha logrado cumplir los objetivos establecidos en ambos acuerdos.

Cabe aclarar que el problema de la falta de priorización a la agenda ambiental no ha sido la falta de información, sino, tal y como se exploró en este artículo, de la percepción que tienen sobre el cambio climático y la degradación del Ártico los tomadores de decisiones, las grandes corporaciones y la ciudadanía. Los intereses privados y el desarrollo económico han prevalecido sobre el bien común y el cuidado de nuestro planeta.

La hipótesis general de investigación por profundizar que se desprende de este trabajo exploratorio se centra en la todavía escasa, y a veces deficiente, consideración de cada una de las instancias analizadas, las políticas, los medios, la ciudadanía, de la importancia del ártico para México y la lucha contra el cambio climático, y, en definitiva, la investigación sobre su impacto social.

En este sentido, la percepción de la sociedad mexicana sobre el deshielo del Ártico y el cambio climático es trascendental debido a que a través de ella se puede incrementar o disminuir la vulnerabilidad, pues a medida que la población y los gobiernos lo consideran como un riesgo mayor se puede propiciar o no la creación de políticas públicas y medidas vinculantes en búsqueda de la mitigación y adaptación.

Ante esto, resulta crucial darle visibilidad al problema que representa el cambio climático y el tema central de esta investigación, el deshielo del Ártico. No obstante, también considera que la percepción social también depende en gran medida de la experiencia empírica a través del grado de exposición de una zona en específico.

Por tanto, es fundamental priorizar la divulgación y socialización de conocimiento sobre las causas y consecuencias del cambio climático y el deshielo del Ártico en la agenda de los medios de comunicación y en la agenda ciudadana de México, ya que tras sesenta años de vivir los efectos de la degradación de la abrupta alteración en el sistema climático, de acuerdo con la información obtenida en los estudios analizados, la población mexicana no cuenta con conocimiento suficiente para comprender las interdependencias del sistema planetario y cómo pueden intervenir para frenar la crisis climática.

Asimismo, es necesario mantener una comunicación clara y constante entre la sociedad y el gobierno. En cuanto a esto, los resultados de las encuestas arrojaron que un porcentaje muy pequeño de la población entrevistada, en algunos casos del 8 o 10%, conocía los planes y estrategias del gobierno mexicano para hacer frente al cambio climático. Sólo a través del conocimiento de la situación ambiental la población será capaz de exigir y crear alternativas capaces de enfrentar la crisis climática y ambiental actual.

Por último, es cierto que para hacer frente al cambio climático se necesita de la participación de todos los sectores que componen una sociedad, pero más de quienes históricamente han consumido la mayor cantidad de recursos naturales y producen los desechos (ya sea en forma de gases de efecto invernadero o basura).

Sin embargo, muchos de estos cambios no se generarán por sí solos; como hemos visto, las medidas exclusivamente voluntarias no funcionan, por lo que no pueden ser opcionales, sino que requieren venir desde un marco regulatorio suficientemente estricto que sean apoyados/participados por los diferentes actores sociales, las empresas, las instituciones y, sobre todo, la ciudadanía, actor principal en las democracias.

La hasta ahora insuficiente educación ambiental es resultado del reduccionismo y fatalismo con el que es presentado el cambio climático en las columnas de periódicos, revistas y otros medios de difusión no especializados, que hacen ver a las consecuencias como algo lejano o inevitable. La socialización del conocimiento, la labor de difusión y divulgación de información del tema es necesaria; más que sólo generar datos, es necesario hacer llegar el conocimiento experto a los diferentes actores y agentes sociales económicos y políticos y a la ciudadanía en general.

En resumen, el estudio del Ártico es especial para el caso de México, dado que se trata de un país con alto grado de vulnerabilidad a los eventos climáticos extremos que se derivan en su mayoría del deshielo del hielo, por lo que su población resultará afectada. El conocimiento sobre el avance del aumento de la temperatura en la región ártica tiene la potencialidad de permitirle tanto a la sociedad como al gobierno mexicano construir mejores estrategias para hacer frente a los efectos del cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las observaciones de los árbitros, las cuales permitieron mejorar el artículo con los ajustes técnicos necesarios para publicarse, así como también el apoyo y financiamiento del “Programa de Iniciación a la Investigación CNBBBJ-UNAM-2020”, además de que forma parte del proyecto de investigación PAPIIT IN302221, *Riesgos existenciales para la vida en el planeta: capitalismo fósil, economía de guerra permanente y luchas hegemónicas*, apoyado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico y realizado en el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS

- Aldunce, P., González, M. P., Lampis, A., Pardo-Buendía, M., Poats, S. V., Postigo, J. C., Rosas Huerta, A., Sapiains Arrue, R., Ugarte Caviedes, A. M. y Yañez Fuenzalida, N. (2020). Sociedad, gobernanza, inequidad y adaptación, en J. M. Moreno, C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J. A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.), *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos-Informe RIOCCADAPT* (pp. 49-89). Madrid: McGraw-Hill.
- Arias Ortega, M. A. y Rosales Romero, S. (2019). Educación ambiental y comunicación del cambio climático. Una perspectiva desde el análisis del discurso. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 24(80), 247-269. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140566662019000100247&lng=es&tlng=es
- Camhaji, E. (2020). Tabasco: una tragedia bajo el agua. *El País*. <https://elpais.com/mexico/2020-11-23/tabasco-una-tragedia-bajo-el-agua.html>
- Cárdenas, M. J. (2013). *México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación*. Greenpeace México. <http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/sapu/wp-content/uploads/2013/12/vulnerabilidad-mexico.pdf>

- CEDRSSA (Centro de Estudio para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). (2020). *Impacto Económico del Cambio Climático en México 2020*. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/62Cambio%20Clim%C3%A1tico%20A.pdf>
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2018). *Medición de la Pobreza 2008-2028 Estados Unidos Mexicanos*. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx>
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2012). *Ley General de Cambio Climático*. Cámara De Diputados del H. Congreso de la Unión. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_061120.pdf
- El Ágora Diario. (2021). *Resucitar el Protocolo de Kioto podría ser la solución*. <https://www.elagoradiario.com/ desarrollo-sostenible/cambio-climatico/resucitar-protocolo-kioto-solucion/>
- El Economista. (2019). *9 datos sobre el transporte público concesionado en la CDMX*. <https://www.eleconomista.com.mx/politica/9-datos-sobre-el-transporte-publico-concesionado-en-la-CDMX--20190903-0070.html>
- El Financiero. (2021). *Nos quedamos sin agua: esto es lo que sabemos de las sequías históricas que azotan al 85% del país*. <https://www.elfinanciero.com.mx/estados/2021/04/22/nos-quedamos-sin-agua-esto-es-lo-que-sabemos-de-las-sequias-historicas-que-azotan-al-85-del-pais/>
- Espejel, A. y Flores, A. (2015). Conocimiento y percepción del calentamiento global en jóvenes del bachillerato, Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6).
- Freyle, J. y Arroyave, J. (2020). Cobertura del cambio climático en los medios digitales de América Latina. *Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación*. <https://revistachasqui.org/index.php/chasqui/article/view/4286/3330>
- Galindo, L. (2010). *La economía del cambio climático en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental. http://ceiba.org.mx/publicaciones/Centro_Documentacion/2010_Economia.del.CC_galindo.pdf
- Gobierno de la República. (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41978/Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2013.pdf>
- Gobierno de la República. (2015). *Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2020). *México y el cambio climático*. <https://www.youtube.com/watch?v=z-vAK2C52yE>
- IMCO (Instituto Mexicano para la Competitividad). (2016). *México ratifica el Acuerdo de París sobre el cambio climático*. <https://imco.org.mx/mexico-ratifica-el-acuerdo-de-paris-sobre-el-cambio-climatico/>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2018). *Anexo I: Glosario, en Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). *Summary for Policymakers. In Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group i to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf
- ITDP (Instituto de Políticas de Transporte y Desarrollo). (2017). *Análisis de la inversión en movilidad urbana 2011-2017*. <http://invertirparamovernos.itdp.mx/>

- Janacua, J. (2020). Percepción del cambio climático en estudiantes de educación media básica rural. *Ciencias Sociales Revista Multidisciplinaria*. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/449/4492059004/html/index.html>
- Loose, E. y Fernández Reyes, R. (2020). Periodismo y cambio climático en América Latina. *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña*, 10(3), 150-172. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2020v10i3.p150-172>
- López, R. (2020). El cambio climático amenaza a los glaciares mexicanos. *Gaceta UNAM*. <https://www.gaceta.unam.mx/glaciares-mexicanos-a-punto-de-extinguirse/>
- Martínez González, C. (2015). *Percepción pública del cambio climático en México*. Universidad Iberoamericana. <http://ri.iberomex.mx/handle/iberomex/698>
- México ante el cambio climático. (2021). *Legislación*. <https://cambioclimatico.gob.mx/legislacion/>
- Milenio. (2021). *Concreto distinto, soldaduras incompletas y falta de pernos, esto dice peritaje preliminar del desplome en la L12*. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/peritaje-linea-12-metro-cdmx-causo-accidente-claves>
- Moovit. (2021). *Datos y estadísticas de uso del transporte público en Ciudad de México, México*. Moovit. https://moovitapp.com/insights/es/Moovit_Insights_%C3%8Dndice_de_Transporte_P%C3%BAblico_M%C3%A9xico_Ciudad_de_México-822
- Montes-Rojas, R. T., Ospina-Noreña, J. E., Gay-García, C., Rueda-Abad, C., & Navarro-González, I. (2015). Water-resource management in Mexico under climate change. In *Sustainability of integrated water resources management* (pp. 215-243). Springer, Cham.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). (2021). *The Global Conveyor Belt*. https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_currents/05conveyor2.html
- Olmos, E., Gonzalez, M. y Contreras M. (2013). *Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México*. Centro de Investigación Sociedad y Políticas Públicas (CISPO). <https://journals.openedition.org/polis/9158>
- Pardo, M. (2002). *La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI: teorías, procesos, metodologías*. Madrid: Editorial Fundamentos.
- Pardo, M. y Ortega, J. (2019). *El impacto social del cambio climático: la metamorfosis social como ventana de oportunidad*. Universidad Pontificia Comillas. <https://blogs.comillas.edu/informeespana/wp-content/uploads/sites/93/2019/05/IE2018Cap6-1.pdf>
- Rivera, A. (2016). *La seguridad ambiental en el ártico. Ante los efectos del cambio climático*. México: UNAM.
- SEMARNAT. (2016). *Como afecta el cambio climático a México*. Gobierno de la República. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/como-afecta-el-cambio-climatico-a-mexico>
- SEMARNAT. (2018). *México, territorio vulnerable ante huracanes*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-territorio-vulnerable-ante-huracanes>
- SEMARNAT. (2020). *Hacer más con menos energía*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/hacer-mas-con-menos-energia?idiom=es>
- UNFCCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). (2021) *Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-convention/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>
- Urbina, J. (2015). *La percepción social del cambio climático en el ámbito urbano*. Universidad Iberoamericana Puebla. <https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/244/Lapercepcionsocial-delcambioclimatico-Urbina?sequence=1&isAllowed=y>
- Watts, J. (2019). The end of the Arctic as we know it. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2019/jun/07/oceans-demise-the-end-of-the-arctic-as-we-know-it>



Elencos de la economía social. Aproximación prosopográfica a los emprendedores de San Luis, Argentina

Hidalgo, Ana Laura

Elencos de la economía social. Aproximación prosopográfica a los emprendedores de San Luis, Argentina

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e207**

Ciencias Sociales

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Hidalgo, A. L. (2023). Elencos de la economía social. Aproximación prosopográfica a los emprendedores de San Luis, Argentina. *CIENCIA ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a3>

Elencos de la economía social. Aproximación prosopográfica a los emprendedores de San Luis, Argentina

Casts of the social economy. Prosopographical approach to the entrepreneurs of San Luis, Argentina

Ana Laura Hidalgo

Universidad Nacional de San Luis, Argentina

hidalgo.analaura@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-6900-5120>

Recepción: 3 de mayo de 2022

Aprobación: 4 de agosto de 2022

RESUMEN

Se explora la constitución del grupo de emprendedores de la economía social y solidaria en San Luis, Argentina. Para ello, se lleva a cabo una aproximación prosopográfica de los actores que realizan actividades en el marco del Programa Nacional de Microcrédito para la Economía Social (Ley 26.117). El abordaje prosopográfico se desarrolla en tres ejes de lectura posibles y simultáneos: los aspectos morfológicos del colectivo, las representaciones arquetípicas y los estereotipos que se proyectan. El artículo sistematiza el trabajo de campo efectuado de 2012 a 2019.

PALABRAS CLAVE: historias de vida, representaciones, economía social y solidaria, emprendedores, prosopografía.

ABSTRACT

This work aims to explore the constitution of the group of entrepreneurs of the Social and Solidarity Economy in San Luis, Argentina. For this, a prosopographical approach is made to the actors who carry out activities within the framework of the National Microcredit Program for the ESS (Law 26,117). The prosopographical approach will be developed in three possible and simultaneous reading axes; the morphological aspects of the collective, the archetypal and the stereotypes representations that are projected. The article systematizes the fieldwork carried out from 2012 to 2019.

KEYWORDS: life stories, representations, social and solidarity economy, prosopography, entrepreneurs.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la llamada *economía social y solidaria* (ESS) ha sido promovida por distintos organismos internacionales, regionales y nacionales con diversos niveles de incidencia en los territorios. Por mencionar algunos, se encuentran las convocatorias propuestas por el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) a partir de 2011, becas orientadas a promover la investigación de temas estratégicos para el desarrollo nacional, entre los que se encuentra la *economía social* (ES). En esta línea destacan también los proyectos adjudicados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación, quien también definió a la ES como un tema estratégico en el Plan Argentina Innovadora 2020.^[1] Estas acciones del Estado pueden enmarcarse en las declaraciones de las Naciones Unidas acerca de la promoción de la ES para el alcance de los ODS (Objetivos del Desarrollo Sostenible), entre otras.

A estos impulsos subyace un paradigma de desarrollo dominante concebido como un proyecto político con sentido único (Madoery, 2012; Hidalgo, 2017). Estas intervenciones del Estado en lo público basadas en estos paradigmas, se constituyen en expresión de otros (¿nuevos?) modos de concebir las relaciones sociales que se establecen en los territorios, y que adquieren materialidad en las múltiples prácticas discursivas que despliegan los elencos de la ESS (Hidalgo, 2016). Estas prácticas expresan alcances materiales y simbólicos en los haceres que se proyectan en los territorios de implementación de la política pública.

En consideración con lo anterior, este artículo tiene como propósito indagar en la conformación del grupo de emprendedores de la ESS en San Luis, a efectos de repensar: ¿quién/es es/son el/los sujeto/s de la ESS promovido/s?

¿Cuáles son sus rasgos comunes que permiten identificarlos como un colectivo? ¿Qué hitos conflictivos se pueden reconocer en sus trayectorias? ¿Qué modelos arquetípicos proyectan los otros actores sobre estos? ¿Qué lugares del sentido común sobre sus *haceres* son estereotipados?

Para dar respuesta a estos interrogantes y con el objetivo de generar otros, este artículo trabajará con una aproximación prosopográfica al grupo de emprendedores de la ESS que desarrollan sus actividades en el Programa Nacional de Microcrédito para la Economía Social (Ley 26.117). El proceso de recolección de datos aconteció entre 2013 y 2019 en la ciudad de San Luis.

El trabajo se organiza en cuatro momentos. En primer orden, se explicitan las decisiones metodológicas asumidas para desarrollar este argumento. En segundo lugar, se presentan los alcances del método en trabajos destacados. En tercero, se articula lo expuesto con la evidencia empírica recogida en el trabajo de campo. Para finalizar, se presentan las consideraciones finales de este recorrido y los interrogantes emergentes del estudio.

1. PRESENTACIÓN DE LA TEMÁTICA

Este artículo forma parte de una problematización de mayor alcance que fue desarrollada en la tesis doctoral *Expresiones de las Desigualdades Sociales Situadas (DSS) en las concepciones de comunicación y desarrollo. Un estudio multiescalar de las prácticas de la Economía Social (ES) en San Luis (2012-2017)* (Hidalgo, 2019). Como se desprende de los propósitos planteados, se trata de una investigación que responde a un diseño cualitativo de abordaje de la cuestión social. De acuerdo con Vasilachis de Gialdino, la investigación cualitativa puede asumir diferentes enfoques, tradiciones, perspectivas, por lo cual

esa presencia simultánea de distintas orientaciones que difieren en cuanto a su desarrollo, presupuestos y métodos, en cuanto a sus concepciones acerca de la realidad social y respecto de aquello que constituye una evidencia cuando se trata de conocerla, determina la imposibilidad de sostener que la validez de la investigación cualitativa está ligada exclusivamente a una determinada forma de hacer investigación, que responda a las prescripciones de una entre esas variadas perspectivas y tradiciones. (Vasilachis de Gialdino, 2007: 25).

De este modo, el hacer del investigador cualitativo requiere una profunda comprensión de los fenómenos sociales, de los entramados, lo significados culturales y de las formas de interacción social de los actores.

Por tanto, la investigación cualitativa se constituye en una forma de pensar antes que en una colección de estrategias técnicas; una cosmovisión unida a una perspectiva de interpretar la realidad que debe analizarse de modo vinculante con las redes de sociabilidad de las cuales forman parte. De este modo,

las narrativas, como género de acción y de representación verbal en la vida cotidiana, deben ser consideradas como instancias de la acción social, como actos de habla o sucesos con propiedades comunes, estructuras recurrentes, convenciones culturales y géneros reconocibles. Las historias personales son, entonces, formas de acción social con sentido, construidas en circunstancias concretas cuya realización tiene lugar en determinados contextos y organizaciones y que ocupan un lugar relevante entre las diversas formas en las que se lleva a cabo la vida cotidiana (Vasilachis de Gialdino, 2007: 31)

De tal modo, en este artículo la propuesta consiste en comprender las trayectorias y los itinerarios de los emprendedores de la ESS de San Luis en relación con su contexto particular en el cual participan; esto conlleva a considerar la incidencia que éste pudiera tener sobre la vida de estos actores, la necesidad de comprender los procesos por los cuales los sucesos y acciones tienen lugar, pero, al mismo tiempo, retoma actos de habla concretos que circulan socioterritorialmente y que proyectan modelos del plano de lo ideal que pugnan por el sentido en esos espacios. Así, el propósito de fondo de esta indagación parcial es explorar las relaciones sociales en un momento como el actual tomando en cuenta la diversificación y pluralidad de mundos de la vida que se desarrollan en un espacio social determinado y los modelos ideales o ingenuos que compiten con la morfología de un colectivo particular.

Por ello, la consideración del reconocimiento del espacio situado donde se desarrolla el proceso social, las acciones, las interacciones y experiencias de los sujetos a efectos de construir una mirada situada adquiere un papel relevante. Si bien este artículo se complementa con el análisis que pretende generar teoría y pondera la identificación de tipologías diversificadas en los emprendedores de la ESS de San Luis (Hidalgo, 2019), a su vez pretende recuperar ciertas homogeneidades entre ellos. De esta manera, se intenta privilegiar “lo profundo sobre lo superficial, lo intenso sobre lo extenso, lo particular sobre las generalidades, la captación del significado y del sentido interno, subjetivo, antes que la observación exterior de presuntas regularidades objetivas” (Vasilachis de Gialdino, 2007: 49).

En conformidad con esto, se señala que el poder no puede explicarse a partir de los atributos que poseen los actores territoriales, sino que es una dimensión relacional entre dos o más partes intervinientes (Massey, 2007). Por este motivo, se procura destacar la centralidad de los actores, sus interacciones y los vínculos establecidos entre ellos. Los abordajes prosopográficos permiten sistematizarse en biografías colectivas; no es sólo cómo los emprendedores se insertan en el sistema, sino que implica el reconocimiento de los lazos de interdependencia recíproca que se establecen, un mapa de interacciones que se reactualiza de manera permanente y que engendra sentidos particulares respecto a lo que es “ser emprendedor de la ESS en San Luis”.

2. ¿QUE ES LA PROSOPOGRAFÍA?

La palabra *prosopografía* se utiliza como sinónimo de *biografía colectiva* e implica “el estudio del fondo común y características de un grupo de actores en la historia por medio de un estudio colectivo de sus vidas” (Rizo Patrón Boylan, 1996: 362). Este término fue empleado por el historiador inglés Lawrence Stone, ^[2] quien estudió fundamentalmente temas vinculados con la elite, la familia, el matrimonio y otros en la Inglaterra del siglo XVI.

Stone definía la prosopografía como un tipo de investigación practicada desde comienzos del siglo XX a través de la cual se recaban las características comunes que hacen al *background* de un grupo de individuos con el objetivo de hacer un estudio de sus vidas en tanto colectivo (Ferrari, 2010: 529).

Para llevar a cabo este tipo de estudio, Stone recomendaba que los grupos sean pequeños y sean identificables con facilidad (Rizo Patrón Boylan, 1996). La prosopografía parte del reconocimiento de un universo por indagar sobre el cual se originen preguntas de investigación. La información obtenida de los distintos sujetos de la muestra debe ser yuxtapuesta a efectos de reconocer elementos significativos y correlaciones.

Respecto a lo anterior, los alcances del trabajo con el método implican una aproximación microanalítica a un corpus de individuos que forman parte de un actor colectivo. De acuerdo con los propósitos, a cada individuo se le aplicó un cuestionario común que indaga en las características y atributos.

En este artículo importa también recuperar particularidades de sus trayectorias que ayuden identificar su multiposicionalidad (Boltanski, 1973). El procesamiento de esta información contribuye a distinguir los perfiles emergentes del colectivo, reconocer las relaciones entre los individuos de la misma tipología u otra, lo cual ayudaría describir rasgos comunes e hitos conflictuantes del actor colectivo como una configuración social histórica y situada que desempeña sus haceres simbólicos y materiales en un tiempo determinado.

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Ferrari (2010) destaca que la prosopografía es tributaria de diversas disciplinas, tales como la historia, la sociología, la ciencia política y la antropología. En este sentido, menciona el desarrollo de la microhistoria propiciado por este método, el cual facilitó un procesamiento de datos en una escala reducida de análisis y el reconocimiento de diversas dimensiones de las relaciones sociales. De tal modo, Stone atribuía a la prosopografía la capacidad de develar el sentido de la acción política, así como también la de ser una ayuda para expresar el cambio ideológico o cultural, identificar la realidad social, describir y analizar con precisión la estructura de la sociedad y el grado y la naturaleza de la movilidad social (Ferrari, 2010).

Este enfoque se diferencia de los alcances propuestos por Christophe Charle, quien centra sus abordajes en las elites políticas; su trabajo da cuenta de un desplazamiento de los grupos –privilegiados por Stone– hacia los actores quienes constituyen el centro de sus trabajos. Charle (1994) reconstruye biografías individuales para luego abordar las colectivas y, de esta manera, describir las lógicas de las estructuras sociales y las formas en las que estas varían con el tiempo; “los condicionamientos que traducen las trayectorias, los lugares de formación, los lazos intelectuales o sociales indican cuáles son los márgenes de juego del sistema” (Charle, 1994:12).

Si bien para ambos enfoques prosopográficos el tiempo es una variable que se debe considerar, existen diferencias entre sus concepciones. Stone planteaba que debía indagarse el *background* de los actores para explicar la intencionalidad de la acción política. Charle por su parte, recuperaba tres elementos simultáneos: la centralidad del actor, las relaciones entre los individuos y cómo éstos configuraban el sistema.

De acuerdo con Ferrari (2010), los estudios de biografías colectivas en Argentina han sido protagonizados por sociólogos y, en un segundo momento, por historiadores. En ocasiones, las aproximaciones a la técnica han sido espontáneas con motivo de describir las características sociales de un colectivo social. De modo más riguroso, Ferrari menciona otros estudios recientes que utilizan algunos criterios prosopográficos en grupos sociales de elite, tales como los trabajos de Losada (2008), los de Aelo (2004; 2002), quien estudia la composición de las legislaturas, Valentina Ayrolo (2007) y su estudio de trayectorias de los miembros del cabildo catedralicio en relación con las afiliaciones políticas. Por su parte, Pilar González Bernaldo (2001) abordó las mutaciones de la sociabilidad entre 1829 y 1862.

Los trabajos de Ferrari (2008) han utilizado el método prosopográfico para estudiar el proceso de profesionalización de la política a comienzos del siglo XX. Acerca de esto, precisa que es necesario determinar quiénes serán los sujetos incluidos en el análisis; “la pertenencia a asociaciones, a una institución o el desempeño de una función suelen ser algunos de los criterios de construcción del colectivo a seguir” (Ferrari, 2010: 541).

El modo de hacer prosopografía varía respecto a su relación con el tiempo. Una variante es la de abordar un colectivo en un determinado momento; esto implica privilegiar un análisis transversal. Otra alternativa es decidirse por un estudio que reconozca su evolución a lo largo de un periodo particular; este tipo se conoce como longitudinal y puede incluir a la anterior si se opta por hacer cortes en momentos significativos y se realizan estudios comparativos, tal como fotografías. En el caso de este artículo se ha elegido un estudio con la primera variante descripta a efectos de conseguir una descripción densa que contenga más variables del corpus seleccionado. Estos alcances serán problematizados por las representaciones de los arquetipos y estereotipos que circulan acerca de los aspectos morfológicos del colectivo con el cual se trabaja.

De este modo, el grupo de emprendedores es caracterizado por varias categorías; no basta con considerar su nivel de estudios, ocupación previa o edad. Estos elementos, sumados a otros microsociales y simbólicos, caracterizan las particularidades de este elenco y lo posicionan en un mapa de poder particular respecto a otros.

4. DESARROLLO EMPÍRICO

En los acápites anteriores se describió el método utilizado para confeccionar este artículo. La muestra está constituida por los emprendedores de la ESS de la ciudad de San Luis, que realizan sus actividades en el Programa Nacional de Microcrédito (Ley 26.117); han sido encuestados 112 y 52 entrevistados. Se incluyen en esos números emprendedores, promotores, referentes de las organizaciones administradoras (OA) y organizaciones ejecutoras (OE), agentes del Centro de Referencia (CDR) del Ministerio de Desarrollo Social (MDS) de la Nación en San Luis y del municipio de la ciudad de San Luis.

En la tabla 1 se observa la población determinada, donde, de un total de 52 entrevistas, el 61.54% correspondió a los destinatarios de los fondos de la ES que dependen de las OA que tienen sus domicilios en la ciudad de San Luis. La diferencia manifiesta se debe a que el grupo de los destinatarios de los fondos es mayor que los otros identificados.

TABLA 1
Clasificación nominal de los actores entrevistados

Entrevistas realizadas	Número	Porcentaje
Destinatarios de los fondos de la ES	32	61.54
Promotores territoriales vinculados con las organizaciones de la ES	6	11.54
Referentes de las OA y de las OE	5	9.61
Agentes del CdR del Ministerio de Desarrollo Social (MDS)	4	7.69
Agentes del municipio de la ciudad de San Luis	3	5.77
Agentes del gobierno de la provincia de San Luis	2	3.85
Totales	52	100.00

Fuente: elaboración propia.

Nota: ES = economía social, OE = organizaciones ejecutoras, MDS = Ministerio de Desarrollo Social.

El programa de financiamiento analizado se implementa en todo el territorio nacional por medio del MDS de la Nación; en su metodología promueve el involucramiento de organizaciones sociales en la descentralización de la implementación de la política. Las organizaciones reciben los fondos directamente del MDS y se encargan de otorgarlas a los emprendedores organizados en grupos solidarios de cinco personas, los cuales se constituyen en garantes solidarios de sus compañeros, aunque desempeñen actividades individuales. Cada grupo es acompañado por un promotor quien percibe una beca por sus tareas. El Programa también prevé un Consejo Nacional integrado por miembros de todos los ministerios nacionales y representantes de las provincias que adhieren a la Ley 26.117 (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 2021a); en la actualidad, San Luis es el único distrito del país que no manifestó su adhesión (Hidalgo, 2014, 2016, 2019).

La muestra que constituye este trabajo responde a un criterio no aleatorio; en consecuencia, los resultados que se presentan a continuación expresan tendencias antes que conclusiones definitivas acerca las características biográficas de los actores.

La información del caso de estudio se encuentra dispersa en diversas fuentes primarias y secundarias: fuentes normativas, legajos de las organizaciones sociales, notas periodísticas, biografías individuales, memorias colectivas, actas de asambleas, historias locales de los actores barriales, entre otras. Por tanto, se confeccionó un instrumento que ayudó a sistematizar las fuentes consultadas y organizar los datos en un programa informático.

El formulario elaborado contempla el registro de cada emprendedor de la ESS en relación con diferentes ejes considerados relevantes: datos personales, edades, sexo, constitución de grupo familiar, nivel educativo alcanzado, lugar de procedencia, tipo de emprendimiento, antigüedad en el Programa, desempeño en las organizaciones, trayectoria laboral, trayectoria en otros programas municipales, provinciales o nacionales, lugar de trabajo, descripción de formalidad o informalidad de las tareas ejecutadas, horas de trabajo dedicadas al emprendimiento, otros satisfactores reconocidos, caracterización de la relación familia/comunidad, necesidades reconocidas y opiniones destacadas. Por otra parte, también se deja un registro particular a las “observaciones”, en el cual se apuntan las preguntas planteadas en el proceso de recolección de datos que fueron volcadas en el cuaderno de campo.

Esta sistematización fue un instrumento complejo que ayudó a condensar un abanico de información dispersa en diversas fuentes, lo cual facilitó leer las condiciones prosopográficas de los emprendedores de la ESS en San Luis. De manera simultánea, se esperó que la cantidad de fuentes consultadas proporcionaran datos acerca de otros espacios a partir de los cuales se recrean las prácticas cotidianas de los individuos; en palabras de Boltanski (1973), es comprender las *multiposiciones* ocupadas por los sujetos emprendedores en San Luis.

Los datos obtenidos se organizaron en tres apartados: la morfología de los emprendedores de la ESS, las representaciones entorno a su arquetipo básico y las representaciones en clave de estereotipos que circulan en las redes de sociabilidad establecidas entre los emprendedores y otros actores. Cabe resaltar una vez más que no hay

una única voz en las versiones presentadas; por el contrario, se constituyen en palabras habitadas por polifonías diversas (Bajtin, 1974); por ende, no quedan ajenas a las contradicciones y variabilidades dentro del mismo colectivo. En este sentido, este artículo intenta expresar tendencias en relación con las categorías presentadas sin pretensiones de generalización de los alcances argumentales de este trabajo de aproximación.

4. 1. Morfología de los emprendedores de la economía social y solidaria: diversidad y desplazamientos en sus trayectorias de vida

Los datos morfológicos de este apartado han sido sistematizados con un *software* informático que permitió organizar el instrumento aplicado a los emprendedores, las entrevistas y las fuentes de datos secundarias. Por ello, en algunas categorías se expresan los datos en referencia a los porcentajes obtenidos a efectos de identificar las frecuencias de las respuestas obtenidas; en otras categorías se ha optado por reconocer la generalidad en las biografías.

Los emprendedores de la ESS constituyen un universo de sujetos de entre 18 a 69 años de edad. Sin embargo, el mayor número se concentra en las edades de 32 a 58 años. Esta franja etaria de sujetos de mediana edad resulta amplia y se destaca por sobre las franjas de los extremos.

Las mujeres en su mayoría desempeñan los emprendimientos, quienes representan el 78.6% de los casos; esto podría advertir que la modalidad del Programa se acerca más a las necesidades de trabajo de estos grupos, lo que favorece la articulación con las labores cotidianas de reproducción de la vida cotidiana y las tareas de cuidado (Hidalgo, 2017).

La mayoría de los emprendedores de la ESS manifestó que no nació en la provincia de San Luis. En sus historias de vida se reconocen diversas provincias de procedencia, tales como Mendoza, San Juan, Buenos Aires, La Pampa, La Rioja, entre otras. En las entrevistas las motivaciones para desplazarse a San Luis están dadas por las oportunidades de trabajo relativas a la promoción industrial en la provincia que tuvo su inicio en 1983 por la Ley 22.021 (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 2021b),^[3] las políticas de vivienda provincial y el entorno natural que rodea a la ciudad.

Los emprendedores de la ESS integran familias numerosas; la mayor frecuencia se registró en las de cuatro a seis integrantes, incluso hasta ocho miembros. En todos los casos, estos grupos comparten la convivencia en el hogar.

En cuanto al nivel educativo alcanzado, la mayor frecuencia se ubica en el nivel secundario incompleto (35.7%), seguido por primario completo (25.9%) y secundario completo (18.8%).

Si bien el Programa contempla el acceso a los microcréditos principalmente de los emprendedores de la ES en los cuales se priorice el trabajo familiar o asociativo, el 72.3% de los emprendimientos es de carácter individual y sólo el 6.3% es de tipo asociativo. Esta característica morfológica será recuperada en particular en los análisis arquetípicos y de estereotipo contruidos en torno a la noción de emprendedor de la economía social.

En cuanto a la antigüedad, se reconoce que hacia 2014, el grupo de emprendedores que por primera vez accedía al Programa era mayor; en ese año, este colectivo representaba el 56.3%. En las operatorias posteriores se reconoce una estacionalización o permanencia de los grupos que han accedido al Programa; esto se evidenció en un bajo nivel de refrescamiento de los actores que integran la operatoria. Pero, por otro lado, los referentes de las OA y las OE manifestaron que ha sido una decisión política de las organizaciones no sumar a nuevos emprendedores, sino garantizar el “re crédito” a los que venían desempeñando tareas. Esto tiene que ver con la discrecionalidad que la política proporciona a las OA; sobre este tema no se profundizará (Hidalgo, 2019).

Los emprendedores no destacan en sus historias de vida una participación activa en organizaciones sociales; entre los hitos que reconocen con mayor incidencia en su sociabilidad ponen en primer lugar sus ambientes de trabajo o relaciones laborales durante su etapa como trabajadores en relación de dependencia. En ningún caso se manifestó que hayan pertenecido a las organizaciones sociales que descentralizan la implementación del Programa con anterioridad.

Por otra parte, destaca que para muchas de las mujeres que desempeñan emprendimientos en el marco de la ESS se trata de su primer trabajo remunerado. En este sentido, las redes de sociabilidad que favorecen crear esta actividad son genuinamente novedosas en relación con su periodo previo. En sus hojas de vida identifican con un lugar central su inserción en esta actividad no sólo por los ingresos económicos que implicaría esto, sino por la posibilidad de construir redes colaborativas y solidarias.

El emprendimiento no es la única actividad que representa ingresos en las familias; el 64.2% declaró percibir otros fondos para el sostenimiento de las familias. Esto implica que la actividad no les posibilita afrontar los requerimientos de las familias; por este motivo, los emprendedores no se dedican en exclusivo al emprendimiento. Un grupo manifestó que posee otros trabajos en relación de dependencia de tipo informales (31.1%), lo que evidencia un porcentaje significativo de sobreocupación. En promedio, el emprendimiento aporta aproximadamente el 50% de los gastos familiares.

En relación con lo anterior, los emprendedores dedican en general unas quince horas a la actividad del emprendimiento por semana; de este modo, las horas productivas no son dedicadas sólo al desempeño de esta actividad, lo que advertiría cierta recursividad en este punto: los ingresos provenientes de sus emprendimientos no alcanzan para cubrir los gastos familiares, o bien estos no bastan porque no se dedican tantas horas a su desempeño. De todos modos, esto también señala la sobreocupación por parte de los actores.

Sólo el 20% manifestó que el emprendimiento cubre los requerimientos de las familias; este dato es significativo si consideramos que el Programa se propone fomentar actividades de la ES como alternativa real de subsistencia de las familias.

El 10.7% de los emprendedores forma parte de otro programa provincial o municipal. Un grupo manifestó pertenecer al Plan de Inclusión Social, un programa que depende de la provincia de San Luis creado en 2003 y con vigencia en la actualidad;^[4] otros perciben pensiones no contributivas y pasantías en cooperativas municipales.

El 62.5% conoce la existencia de otros programas nacionales y el 50% no ha logrado acceder a ellos; entre los principales motivos, el 23% refiere a una falta de conocimiento sobre ellos y otros señalaron que no accedieron por falta de cupo.

Los emprendedores reconocen otros satisfactores asociados al desarrollo del emprendimiento más que los ingresos devenidos de éste, lo cual podría constatar que los sujetos identifican otros beneficios desprendidos de la actividad que superen lo monetario; sobre esto, se mencionan algunas consideraciones respecto a la redes establecidas por parte de las mujeres que acceden al primer empleo a su mediana edad desarrollando actividades en la economía social y solidaria.

Referente a la vinculación con la comunidad, los emprendedores reconocen dificultades, puesto que sienten una situación de marginalidad por desempeñar actividades no reconocidas en la provincia de San Luis. Esta omisión por parte del Estado es recurrente entre sus respuestas e indica estrategias alternativas de producción, circulación, venta y promoción que no serán desarrolladas en este artículo. Sin embargo, se señala que sus tareas relativas a la venta de los productos los ubican en condición de itinerancia en gran medida, pues asisten a ferias y a la estacionalidad. Las tareas de producción, por su parte, son relativamente más fijas y se desarrollan en sus viviendas, lo cual representa el 77.7% de las personas relevadas.

En relación con las necesidades reconocidas, los emprendedores identifican que las mayores carencias están ligadas a las maquinarias, utensilios o herramientas y, en menor medida, la capacitación particular para desempeñar sus tareas como saberes específicos relativos a sus emprendimientos.

En cuanto a la formalidad de la actividad desempeñada, el 75.9% de los encuestados no posee habilitación para sus tareas en el emprendimiento. Un grupo realiza registros personales de los gastos hechos, pero de modo informal en cuadernos o tablas propias (40.2%). Entre las necesidades reconocidas, se encuentra la falta de capacitación para obtener mejores registros que hagan posible tener un seguimiento del desempeño del emprendimiento.

Sólo el 7.1% está inscripto en el MSCC (Monotributo Social Costo Cero), por lo cual las actividades que desempeñan los trabajadores de la ESS son elevadamente informales en San Luis. Entre los motivos, el que más

destaca es el de deber el crédito a las OA y que, por tanto, se encuentran en periodo de evaluación de esas experiencias. Otros números significativos muestran que el 8.9% posee alguna obra social; el 8% aporta ingresos brutos; el 4.5% tiene las liquidaciones impositivas al día; en un porcentaje menor, 0.9% diferencia entre impuestos y requisitos municipales.

En cuanto a las opiniones destacadas de su experiencia en el Programa, sólo el 8% informa que es de mucha ayuda para las familias y el mismo porcentaje solicita mejorar la producción. El 5.4% requiere maquinarias, insumos y herramientas y 4.5% manifiesta la necesidad de acceder a mayor información acerca de otros planes y capacitaciones. El 2.7% pide que se agilicen trámites referidos al MSCC y otros impuestos. El 1.8% demanda conocer la producción de otros emprendedores de la ESS. En menor medida, los emprendedores expresaron que han recibido un apoyo importante de los promotores y también la necesidad de participar en el dictado de talleres acerca de sus oficios o actividades comerciales y que sus opiniones sean consideradas al respecto. Por último, un porcentaje menor indicó que la capacitación recibida por el Centro de Referencia resultó de interés.

Entre las demandas solicitadas destaca una mayor cantidad de capacitaciones, la necesidad de conocer la producción de sus pares y también la posibilidad de asociación entre ellos como un mecanismo para fortalecerse en el mercado y para ofrecer sus productos.

4. 2. Aproximación a las representaciones de los actores de la economía social. Hacia un reconocimiento de su arquetipo

En este acápite se indaga sobre los patrones de los cuales derivan otros elementos que permiten reconocer las nociones simbólicas a partir de las cuales se gestan algunas de las consideraciones arquetípicas acerca del ser emprendedor de la economía social y solidaria.

Como emergente del trabajo de campo se reconoce que circulan modelos arquetípicos que moldean conductas y modos de pensar sobre los emprendedores por parte de los otros actores que intervienen en el Programa Nacional de Microcrédito para la ESS, que son los promotores, los referentes de las OE, los referentes de las OA, los agentes técnicos del CDR del MDS de la Nación en San Luis y del municipio, y la articuladora del CDR, quien ejerce el rol directivo. Estas ideas arquetípicas construyen modos de pensar acerca de los haceres simbólicos y materiales de los emprendedores en la medida en que moldean concepciones acerca de los mismos como sujetos trabajadores por búsqueda de semejanzas o imitación. Las nociones acerca de lo que llamamos *arquetipos*, expuestos a continuación, han sido extraídas de las prácticas discursivas y entrevistas desarrolladas con los otros actores relevantes del Programa. Por criterios de extensión no se incluirán fragmentos de sus discursos o citas directas de sus palabras.

Las ideas arquetípicas constituyen pensamientos compartidos de modo colectivo que resultan incuestionables, los cuales emergen como expresiones de pensamientos individuales a partir de los cuales se corresponden acciones puntuales que ordenan y clasifican de algún modo a los emprendedores. Estos tipos ideales derivan en intervenciones concretas y en prácticas discursivas materializadas en diversas instancias.

¿Qué alcances tienen estas disonancias entre lo real y lo ideal? ¿Está pensada la política para generar interfaces entre estas diferentes identidades emprendedoras? ¿Cómo influyen en los elencos de la ESS los modelos arquetípicos que son impulsados por parte de otros actores de la política pública?

De este modo, las bases del Programa destacan como destinatario arquetípico del mismo a los grupos asociativos o familiares; sin embargo, en la evidencia morfológica anterior se recalcó que son minoritarios respecto a los microcréditos de tipo individual. Con esto, se reconoce cierta identidad en los sujetos que reflectan en ellos una transpersonalización: la distancia entre las biografías colectivas arquetípicas y las biografías colectivas reales construyen un umbral de posibilidad que condiciona las bases materiales y simbólicas de los emprendedores de la ESS. Las nociones arquetípicas atraviesan las narraciones y las redes de sociabilidad esperadas. En cierto modo, éstas se refractan con intenciones de cierta equivalencia pero que devienen en una permutabilidad de quienes

efectivamente acceden al Programa; así, los emprendedores, por ejemplo, desempeñan sobre todo funciones de carácter individual que tensionan las condiciones de sostenibilidad de las actividades productivas.

La mayor parte de los emprendedores de la ESS está conformada por mujeres; las tareas de producción se desarrollan en las viviendas donde ellas se encargan de las tareas de cuidado; las horas de trabajo desempeñadas se articulan con otras tareas del hogar; sin embargo, no se les reconoce como sujeto privilegiado de esta política en los modelos arquetípicos. Esto implica considerar que la política podría estar atravesada por una mirada en clave de género en función de los hallazgos enunciados que a la fecha no se reconoce.

La retribución económica es planteada por los otros actores del Programa como suficiente para los requerimientos de las familias; sin embargo, la sobreocupación, mencionada en el apartado morfológico, y la presencia de otros instrumentos de política social en los territorios dan cuenta de que los ingresos no son suficientes para los emprendedores. Asimismo, los objetivos de la Ley 26.117 que indican la necesidad de la promoción de la ES como alternativa para el sostenimiento de las familias se presenta como frágil en una red de interacciones que visualiza vínculos débiles (Granovetter, 1973).

El desarrollo del emprendimiento de ES se inserta en una serie de programas y decisiones de política pública que debieran acompañar su crecimiento en el marco de la formalidad de las tareas que realizan los emprendedores. De acuerdo con los actores consultados en las OA, OE y CDR, se encuentran los resortes para acompañar este proceso; sin embargo, aquí se revela otra idea arquetípica que se aleja de las prácticas morfológicas descritas en el apartado anterior.

Por otra parte, la sociabilidad en el espacio barrial donde se encuentran las OA y las OE que descentralizan la implementación del Programa también se constituye en otro elemento que permite pensar en la presencia de arquetípicos reflejados en las biografías colectivas. Como se apuntó en el apartado morfológico, los emprendedores de la ESS no referencian redes de sociabilidad comunes previas a su participación en el Programa; por el contrario, su inclusión han sido indicada como gestora de espacios sociales de nuevos entramados de actores, relaciones, experiencias, expectativas que configuran su vida cotidiana.

En estos territorios habitados por relaciones de poder social, en palabras de Massey (2007), se establecen vinculaciones de reciprocidad y de disputa, de identificación como de diferenciación o competencia en términos de mercado. Estos espacios de implementación de la política son, asimismo, dinámicos y atravesados por permanentes cambios. En este punto se evidencia un emergente de disonancia con los modelos arquetípicos de la ESS, la cual es calificada como “solidaria” en su nominalidad.

De este modo, el arquetipo de emprendedor en el marco de este Programa al tiempo que tiende a la unidad de los colectivos intervinientes, se caracteriza por su fragmentación y complejidad, por la presencia de prácticas diferentes y no necesariamente contradictorias. Estas dinámicas se gestan en consecuencia atravesadas por las relaciones políticas y las ideologías encontradas que llevan adelante los instrumentos de política pública nacionales, provinciales y municipales.

4. 3. Aproximación a las representaciones. Hacia un reconocimiento de los estereotipos de la economía social

La noción de estereotipo se asocia a predicciones acerca de grupos relativamente homogéneos respecto a alguna de sus cualidades; en este sentido, son pensamientos que imprimen una ilustración caricaturesca sobre un colectivo que se caracteriza por conservar una imagen estructurada de sus cualidades.

Las ideas estereotipadas son aceptadas por la mayoría como representativas de un grupo y se asocia a una conceptualización estática de sus condiciones. Por tanto, se trata de un conjunto de creencias fijas que un grupo tiene a cerca de otro. De este modo, un estereotipo reúne en su interior un conjunto de características que asocia rasgos sociales, culturales, raciales, religiosos en un mismo envase signifiante. Este tipo de ideas circulan en el sentido común y son recreadas y reproducidas haciendo posible una simplificación que se desarrolla sobre los grupos.

Estos pensamientos materializados en prácticas discursivas se constituyen en predicciones, en el caso de los emprendedores; con frecuencia, se han reconocido en los fragmentos discursivos de los actores anticipaciones de

sentido relativas a la permanencia en el Programa, a las condiciones de precariedad en las cuales desarrollan sus tareas de producción o a la comercialización o servicios relativos al emprendimiento, etc. Estas nociones son predictivas respecto a estos colectivos, por lo que anticipan su condición de informalidad e itinerancia de las tareas.

Por otro lado, también se han reconocido estereotipos en los propios emprendedores que conforman el colectivo: la necesidad de manifestar su necesidad para pertenecer al grupo de emprendedores, las estrategias de estetización de la pobreza y las prácticas relativas a la demostración del empobrecimiento estructural a condición de entrar en el grupo. De este modo, los estereotipos internos o externos limitan las posibilidades de despliegue de las condiciones bajo las cuales éstas podrían desplegarse socioterritorialmente; esto caricaturiza las prácticas sociales de los emprendedores y limita a un patrón de comportamiento particular descontextualizando sus alcances.

Además, cabe subrayar que los estereotipos sobre los emprendedores de la ESS no siempre son peyorativos; en ocasiones se ha reconocido un enfoque positivo en las prácticas discursivas de los actores. Así, visiones más ingenuas observan en los emprendedores un espíritu de camaradería y solidaridad en sus redes de sociabilidad que no es tal, lo cual ya se ha mencionado. Como se expuso en el acápite sobre los arquetipos, las redes de interacción entre los emprendedores revelan relaciones de competencia y contradicción profundas que no son resueltas de modo mágico. Por el contrario, revelan, antes que la construcción de estructuras sociales, la simultaneidad de redes en las dimensiones biográficas en la multiposicionalidad (Boltanski y Chiapello, 2002) y en distintos tipos de entramados sociales.

PROSPECTIVA

Los estudios propopográficos en los procesos sociales, desde una perspectiva situada en las particularidades del espacio social de trabajo, posibilitan encontrar regularidades en las historias de vida de los sujetos que contribuyan a generar nudos de sentido problemáticos, los cuales están presentes en los *haceres* simbólicos y materiales de todos los actores de las políticas públicas y condicionan en última instancia los objetivos que procuran garantizar derechos. Así pues, este artículo permite trazar las importantes contribuciones que este tipo de abordajes a recorridos teórico-conceptuales de las biografías individuales y posibilita explorar cómo se vivencian las actividades de la economía social por parte de los actores que le dan vida a las configuraciones sociales situadas.

CONSIDERACIONES FINALES

La propuesta de este artículo consiste en el recorrido de una aproximación prosopográfica de los elencos de la ESS en San Luis y así sistematizar la evidencia empírica recogida en el trabajo de campo en tres momentos. Primero, se indagó en los aspectos morfológicos del colectivo; después, se pusieron a consideración ciertos arquetipos que circulan entre los grupos intervinientes en la implementación de la política y, por último, se discutieron con algunas de las nociones estereotipadas que circulan en el sentido común respecto a los emprendedores de la ESS y en relación con ellos mismos.

Este abordaje se llevó a cabo tomando en cuenta que las investigaciones cualitativas se centran en la práctica real “observando cómo las interacciones son realizadas rutinariamente. Sin embargo, el análisis de cómo las personas ‘ven’ las cosas no puede ignorar la importancia de cómo ‘hacen’ las cosas” (Vasilachis de Gialdino, 2007: 26). De acuerdo con estas consideraciones, el argumento se centra no sólo en las trayectorias de las biografías colectivas que se reúnen en este Programa, sino también en sus prácticas discursivas en torno a las redes de sociabilidad que se evidencian por parte de otros actores con los cuales se establecen entramados sociales sobresalientes. De este modo, la descripción densa a partir de los *haceres* simbólicos y materiales del elenco estudiados que permiten desprenderse en otras con el objetivo de profundizar en su explicación como actor colectivo en los espacios microsociológicos de interacción (Polanyi, 1992).

El elenco de la ESS se configura desde el enfoque social como una entidad histórica y situada tejida en relaciones de poder social cambiantes y de fronteras difusas. Esta opacidad que la caracteriza debe ser situada histórica y espacialmente, nunca armónica ni homogénea, sino que habitada por diversos actos de habla encontrados.

Por esa razón, este abordaje no pretendió aportar enunciados explicativos de la estructura social con intención de generalizar los rasgos destacados, dado que no conlleva intenciones de representatividad de la muestra. Por el contrario, se pretende expresar tendencias en el colectivo con la aplicación de una técnica que permite aproximarse a la configuración social de un grupo desde un sitio situado. Un sitio de indagación que debe ser enriquecido con las preguntas del investigador en relación con la asequibilidad de las fuentes disponibles para la indagación.

De este modo, esta mirada microanalítica del colectivo acerca a una comprensión de los elencos que no pretende agotar el objeto de estudio; vincula las biografías individuales con los trazados institucionales o delimitados por instrumentos de política pública que delinean otras categorías que explican sus comportamientos y prácticas. Así, y siguiendo a Latour, el sujeto también se construye, no sólo el objeto.

Aunado a lo anterior, eso supone un horizonte de comprensión que ubica en el centro a los actores de modo no verticalista que observa cómo se integran en el Programa los sujetos que le dan vida a estas intervenciones en el territorio y sus interacciones, lo cual admite, al mismo tiempo, considerar las trayectorias reales, sus prácticas y comportamiento en diálogo con las configuraciones sociales.

Este artículo partió del reconocimiento de las trayectorias reales de los emprendedores de la ESS y considerar su esfera relacional a partir de la vinculación con otros espacios de sociabilidad al reconocer la mutiposicionalidad de los actores en diversos espacios. Entonces, la prosopografía da la posibilidad de identificar de qué manera la participación en redes de sociabilidad genera en los individuos solidaridades, prácticas y lógicas de acción que, en ocasiones, difieren de las esperables en el espacio donde se desempeñan y a partir del cual fueron seleccionados (Ferrari, 2010: 548).

Así, los arquetipos explorados permiten reconocer la presencia de racionalidades o relaciones en los juegos de poder social que se establecen en relación con otros actores relevantes y con imaginarios propios en una inserción social particular que los supera, relaciona, vincula, contiene. Así pues, no hay una relación directa unilateral entre el origen de los emprendedores, su pertenencia al grupo de estudio y sus trayectorias, lo cual implica superar la mirada estática de los individuos.

De este modo, el espacio de lo posible para estos grupos considera las posibilidades que los emprendedores tienen de sostenerse, los valores con los que cuentan para permanecer y cómo son apreciados. Pero, por otro lado, es oportuno apuntar que este posible desplazamiento hacia otros colectivos que integran el Programa demanda transformaciones y otras demandas en capacidades para los emprendedores de la economía social y solidaria.

Estas consideraciones intentan aportar a la creación de teoría situada a las relaciones de la ESS en San Luis (Glaser y Strauss, 1967). Sin embargo, esto conduciría a que se replanten y problematicen los alcances de los arquetipos y las predicciones de los estereotipos respecto a los *haceres* simbólicos y materiales de los emprendedores en el marco del Programa.

Siguiendo a Vasilachis, este aproximamiento a la temática permite repensar al propio sujeto que investiga, repensar sus propios arquetipos y sus propios estereotipos en relación con el caso de estudio, cada vez que “es, entonces, la completa y compleja identidad de quien investiga, al igual que la de los participantes, la que se pone en juego, la que se transforma en el proceso de conocimiento” (Vasilachis de Gialdino, 2007: 36). Finalmente, quisiera señalar que este tipo de estudio que procura el reconocimiento de las regularidades en las historias de vida se complementa con uno ulterior acerca de las discontinuidades que favorecen la identificación de itinerarios y trayectos diferenciadores.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los árbitros pares anónimos por el compromiso manifiesto en las devoluciones y las observaciones enviadas a este manuscrito, las cuales mejoraron significativamente este artículo, así como también a los actores sociales que formaron parte de este estudio.

REFERENCIAS

- Aelo, O. (2002). Elites políticas en la provincia de Buenos Aires: peronistas y radicales en las elecciones de 1948. *ELAL*, 13(2).
- Aelo, O. (2004). Apogeo y ocaso de un equipo dirigente: el peronismo en la provincia de Buenos Aires, 1947-1951. *Desarrollo Económico*, 44(173), 85-107.
- Ayrollo, V. (2007). *Funcionarios de Dios y de la República. Clero y política en la experiencia de las autonomías provinciales*. Buenos Aires: Biblos.
- Bajtin, M. (1974). *La cultura popular en la Edad Media y el Renacimiento. El contexto de François Rabelais*. Barcelona: Barral Editores.
- Boltanski, L. (1973). L'espace positionnel, multiplicité des positions institutionnelles et habitus de classe. *Revue Française de Sociologie*, 14(1), 3-26.
- Boltanski, L. y Chiapello, E. (2002). La generalización de la representación en red, en *El nuevo espíritu del capitalismo*. Barcelona: AKKAL, 204-239.
- Cerioni, G. (2000). *Impacto del régimen de promoción industrial en San Luis*. Ponencia presentada en las XXX Jornadas Tributarias. San Luis: CPCESL.
- Charle, C. (1994). *La République des Universitaires, 1870-1940*. Paris: Seuil.
- Ferrari, M. (2008). *Los políticos en la república radical. Prácticas políticas y construcción de poder*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Ferrari, M. (2010). Prosopografía e historia política. Algunas aproximaciones. *AntiTESES*, 3(5), 529-550.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research*. http://www.sxf.uevora.pt/wpcontent/uploads/2013/03/Glaser_1967.pdf
- González Bernaldo, P. (2001). *Civilidad y política en los orígenes de la nación Argentina: las sociabilidades en Buenos Aires, 1829-1862*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Granovetter, M. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360-1380.
- Hidalgo, A. L. (2014). *Análisis de la Implementación de CoNaMi en la ciudad de San Luis. Aproximaciones a las problemáticas de la ejecución de Políticas Sociales*. Mendoza: UNCuyo.
- Hidalgo, A. L. (2016). *Política y territorio. Análisis de las correlaciones de las nociones de comunicación y desarrollo en las prácticas discursivas de los actores del Programa Nacional de Microcrédito para la ESS de San Luis*. Mendoza: UNCuyo.
- Hidalgo, A. L. (2017). Comunicación y desarrollo como categorías políticas. *Revista Internacional de Comunicación y Desarrollo*. España: Universidad de Santiago de Compostela.
- Hidalgo, A. L. (2019). *Expresiones de las Desigualdades Sociales Situadas (DSS) en las concepciones de comunicación y desarrollo. Un estudio multiescalar de las prácticas de la Economía Social (ES) en San Luis (2012-2017)*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Losada, L. (2008). *La alta sociedad en la Buenos Aires de la Belle époque*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Madoery, O. (2012). El desarrollo como categoría política. *Revista Crítica y Emancipación*, 7. Buenos Aires: CLACSO.
- Martínez, C. y Aguirre, F. (2016). La radicación industrial y su impacto en la población sanluiseña. *Revista Entrevistas*, 8.
- Massey, D. (2007, 17 de septiembre). *Geometrías del poder y la conceptualización del espacio*. Conferencia. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (2021a). *Ley 26.117. Promoción del Microcrédito para el desarrollo de la Economía Social 2006*. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=118062>
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (2021b). *Franquicias. Régimen especial de franquicias tributarias que tiene por objeto estimular el desarrollo económico de la Provincia de la Rioja*. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/32191/norma.htm>

- Polanyi, K. (1992). *La Gran Transformación. Crítica del liberalismo económico*. Madrid: La Piqueta.
- Rizo Patrón Boylan, P. (1996). De la genealogía a la prosopografía: de los estudios de Riva-Agüero a nuestros días. *Boletín del Instituto Riva-Agüero*, 23, 353-363.
- Vasilachis de Gialdino, I. (2007). La investigación cualitativa, en I. Vasilachis de Gialdino (Coord.), *Estrategias cualitativas de investigación* (pp. 23-64). Buenos Aires: Gedisa.

NOTAS

- [1] Disponible en <http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar/>. Recuperado el 29 de noviembre de 2017. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/argentina-innovadora-2030/plan-argentina-innovadora-2020>. Recuperado el 8 de abril de 2020. La información es retomada de dos sitios de modo complementario.
- [2] Entre sus obras se destacan *La crisis de la aristocracia*, *Familia, sexo y matrimonio en Inglaterra de 1500 a 1800*, *Una elite abierta* y *El pasado y el presente*.
- [3] La ley fue promulgada en 1979 y solamente otorgaba estos beneficios a la provincia de La Rioja. Luego, entre 1982 y 1983 se sancionó la extensión y vigencia del régimen de promoción fiscal para Catamarca, San Luis y San Juan (Martínez y Aguirre, 2016; Cerioni, 2000). Hasta 1973 no se registró radicación en la provincia de industrias de modo considerable. Las fuentes de trabajo de la población urbana estaban ligadas en general a actividades comerciales, de administración pública y, en menor medida, servicios. Por tanto, por estos años la urbe transitó por una relativa meseta en términos de cantidad de habitantes. De acuerdo con los datos oficiales propiciados por el INDEC, de 1914 a 1980 su población se incrementó en poco menos de cien mil.
- [4] De acuerdo con el gobernador de la provincia, “el Plan de Inclusión es el centro de las políticas sociales en la provincia de San Luis”. <http://agenciasanluis.com/notas/2017/06/07/el-plandeinclusion-social-es-el-centro-de-las-politicas-sociales-del-gobierno/>

CC BY-NC-ND



Realidad aumentada como mecanismo para incrementar el grado de aprendizaje en individuos con discapacidades

García García, Leslie Isabel; García García, Karen Madai; Gómez Salinas, Zoila Eudelia; Santillán Fernández, Alberto

Realidad aumentada como mecanismo para incrementar el grado de aprendizaje en individuos con discapacidades

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e208**

Ciencias Humanas y de la Conducta

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



García García, L. I. García García, K. M. Gómez Salinas, Z. E. Santillán Fernández, A. (2023). Realidad aumentada como mecanismo para incrementar el grado de aprendizaje en individuos con discapacidades. *CIENCIA ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a4>

Realidad aumentada como mecanismo para incrementar el grado de aprendizaje en individuos con discapacidades

Augmented reality as a mechanism to increase learning rate in individuals with disabilities

Leslie Isabel García García

Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, México

leslie.garcia@itsvc.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-7866-3136>

Recepción: 14 de septiembre de 2020

Aprobación: 9 de marzo de 2021

Karen Madai García García

Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, México

karen.garcia@itsvc.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-6946-0617>

Zoila Eudelia Gómez Salinas

Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, México

zoila.gomez@itsvc.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-0837-1829>

Alberto Santillán Fernández*

IxM Conahcyt-Colegio de Postgraduados campus Campeche, México

asantillanf@conacyt.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-9465-1979>

RESUMEN

Se evaluó una aplicación didáctica, diseñada como apoyo progresivo del lenguaje y comunicación, en niños de preescolar, primaria y secundaria con alguna discapacidad mediante la integración de realidad aumentada y objetos tridimensionales animados. La aplicación se programó en un dispositivo móvil en forma de cuento infantil. El instrumento de evaluación incorporó variables asociadas a capacidad visual, auditiva, atención, concentración, imaginación y vocabulario medidas mediante una escala del 1 al 10. Se encontró un mayor grado de aprendizaje en variables relacionadas con el vocabulario, capacidad visual y auditiva en niños de primaria y secundaria y en atención e imaginación en niños de preescolar, que se asociaron con su conocimiento previo en la manipulación de dispositivos móviles.

PALABRAS CLAVE: aplicación móvil, cuento infantil, índice de aprendizaje, *software* educativo.

ABSTRACT

The article aims to evaluate a didactic application, designed as progressive support of language and communication in children with disabilities of the nursery, elementary and secondary school by the integration of augmented reality and animated three-dimensional objects. The application was programmed on a mobile device in the form of a children's story. The evaluation instrument incorporated variables associated with visual and auditory capacity, attention, concentration, imagination, and vocabulary, measured by a scale of 1 to 10. A higher degree of learning was found in variables associated with vocabulary, visual and auditory capacity in elementary and secondary school children; and in attention and imagination in nursery children, which were associated with children's prior knowledge in the manipulation of mobile devices.

KEYWORDS: mobile application, children's story, learning index, educational software.

INTRODUCCIÓN

En el mundo existen más de mil millones de personas con algún tipo de discapacidad, lo que representa el 15% de la población total; para el caso de México existen poco más de seis millones de personas (4.9% del total de la población

*AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

asantillanf@conacyt.mx

en el país) (INEGI, 2020). Padilla-Muñoz (2010) identifica a las personas con discapacidad como aquellas que tienen dificultad para llevar a cabo una o más actividades consideradas básicas: observar, escuchar, caminar, recordar, concentrarse, comunicarse o cuidar de su salud.

Por la naturaleza y frecuencia de las discapacidades, las asociadas con alguna limitante física como observar, escuchar y caminar han sido históricamente las que más se han estudiado (Quintana-García, 2014). Sin embargo, con el avance de las tecnologías de información y el desarrollo de nuevas técnicas en pedagogía, las discapacidades relacionadas con la comunicación y aprendizaje comenzaron a ser objeto de estudio recurrente a partir de finales del siglo XX (Hernández-Sánchez *et al.*, 2020).

Dentro de las tecnologías de información más usuales para el tratamiento de discapacidades asociadas con la comunicación y aprendizaje se encuentran los libros digitales y el *software* de arte gráfico y audiovisual (Viquez-Alfaro *et al.*, 2019). Sin embargo, el uso de las tecnologías de información en la atención de discapacidades de comunicación y aprendizaje se dinamizó cuando aparecieron los dispositivos móviles para facilitar la manipulación del *software* (Pascuas-Rengifo *et al.*, 2020).

La aparición de los dispositivos móviles en complicidad con el desarrollo de tecnologías que ofrecen la posibilidad de interactuar con componentes de un mundo real y uno digital han permitido mejorar la calidad de vida de individuos con discapacidades de comunicación y aprendizaje (Martín-Sabarís y Brossy-Scaringi, 2017). Dentro de estas técnicas, la realidad virtual, que crea un ambiente totalmente nuevo y desprendido del mundo real, y la realidad aumentada, que incluye componentes digitales en un ambiente real, tienen las mejores evaluaciones para incrementar los niveles de comunicación y aprendizaje (Campos-Soto *et al.*, 2020).

Camacho-Conde y Magán-Alvite (2021) exponen que individuos con problemas de aprendizaje y comunicación al proporcionarles dispositivos móviles con aplicaciones desarrolladas a partir de realidad aumentada tuvieron un progreso significativo en su nivel de conocimiento al incrementar su participación dentro del grupo e incluso apoyaron a sus compañeros. Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación es evaluar una aplicación didáctica diseñada como apoyo progresivo del lenguaje y comunicación en niños de preescolar, primaria y secundaria con alguna discapacidad mediante la integración de realidad aumentada y objetos tridimensionales animados. La aplicación fue programada en un dispositivo móvil en forma de cuento infantil.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1. 1. *Software*

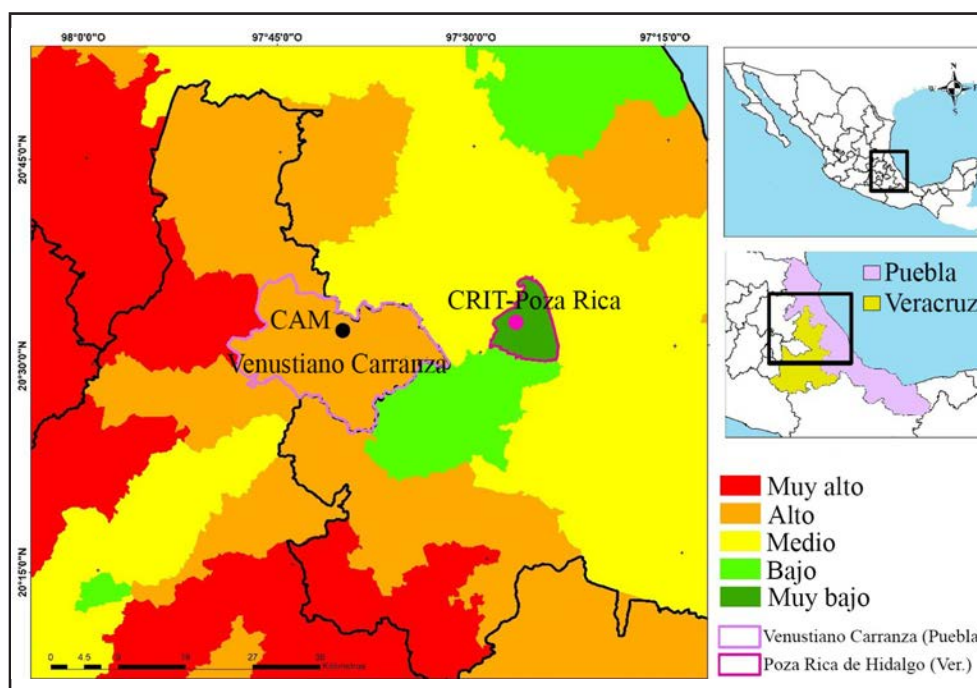
Mi Cuento de Terapia de Lenguaje (MiCTL) es una aplicación (*app*) de realidad aumentada desarrollada para dispositivos móviles con sistema operativo Android® con contenido multimedia en tercera dimensión (3D) basado en un cuento infantil. MiCTL fue diseñado con asesoría de personal especializado en comunicación humana del área de rehabilitación de lenguaje y comunicación de niños con discapacidad del CRIT (Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón) con sede en la ciudad de Poza Rica de Hidalgo, Veracruz.

El diseño de MiCTL busca incrementar los niveles de aprendizaje en individuos con alguna discapacidad como lesión cerebral, parálisis cerebral, niños con diagnóstico de trastorno por déficit de atención/hiperactividad (TDAH), déficit cognitivo leve o déficit intelectual, autismo, déficit visual leve, déficit auditivo leve y síndrome de Down. Para ello, se siguió la metodología propuesta por Chávez y Chávez (2019) y se creó la aplicación móvil en la plataforma Unity, en conjunto con un *kit* de desarrollo Vuforia para la parte de realidad aumentada y Blender para las animaciones y objetos 3D; el lenguaje de programación fue C# y JavaScript.

1. 2. Área de estudio y validación de Mi Cuento de Terapia de Lenguaje

Para medir el impacto que MiCTL tuvo en los niveles de aprendizaje de lenguaje y comunicación en niños con alguna discapacidad, en septiembre de 2018 se evaluaron a niños de preescolar, primaria y secundaria del CAM

(Centro de Atención Múltiple) en el municipio de Venustiano Carranza, Puebla, México. El estado de Puebla se caracteriza por ocupar el sexto lugar en el país con mayor población infantil (4.5%) con algún tipo de discapacidad (INEGI, 2020). Además, este municipio presenta un grado de marginación alto que se asocia con limitado acceso a servicios de educación, salud, vivienda, y empleo (CONEVAL, 2020) (mapa 1).



MAPA 1

Ubicación espacial de las instituciones donde se diseñó y aplicó el software MiCTL

Fuente: elaboración propia con datos del CONEVAL (2020).

La población atendida se consideró con base en su disponibilidad y se agrupó según su nivel escolar (preescolar, primaria y secundaria). La población atendida presenta alguna de las siguientes discapacidades: intelectual (dificultad cognitiva), auditiva (pérdida total o significativa del sentido auditivo), visual (ceguera o baja visión), motriz (deficiencia en el aparato locomotor), Down (discapacidad intelectual y genética), autismo (entre los síntomas discapacidad de aprendizaje), lenguaje (dificultad del habla o lenguaje) y múltiple (más de dos de las anteriores).

El instrumento de evaluación incorporó 23 variables asociadas a capacidad visual, auditiva, atención, concentración, imaginación y vocabulario; en todos los casos, la escala de medición se construyó de manera heurística y fue del 1 al 10, donde los valores mínimos denotaron los niveles de aprendizaje más bajos y los valores máximos los niveles más altos. Las variables seleccionadas para medir el nivel del aprendizaje se basaron en las recomendaciones del personal especializado del CAM, las cuales se han usado ampliamente en observaciones previas.

Las variables contempladas fueron las siguientes: comprensión lectora (CL: capacidad de entender o dar el correcto significado de lo que se está leyendo), atención (AT: aplicación voluntaria de la actividad mental o de los sentidos a un determinado estímulo), motivación (MO: iniciativa y actitud positiva hacia las actividades que se dependen de la lectura del cuento), imaginación (IM: facultad del individuo de realizar dibujos mentales de algún objeto que se ha visto con anterioridad), dibuja (DI: trazar figuras de personas, animales o cosas en una superficie), copia figuras sencillas (CF: dibujar una figura idéntica a partir de otra), copia palabras (CP: copiar textos), identifica objetos mediante imágenes (IO: reconocer figuras, objetos o personajes), asocia palabras con imágenes (AP: ligar la palabra con la imagen correspondiente), asocia imágenes con objetos reales (AI: ligar imágenes (caricaturas) con la imagen real a la que corresponda), lee secuencia de dibujos (LS: con base en la narrativa, ordenar de manera cronológica los eventos mediante imágenes), responde instrucciones gráficas (RI: sigue alguna acción escrita), mantiene la mirada

y la postura de su cuerpo en dirección a la persona que le habla (MM: comunicación corporal), comprende gestos (CG: comunicación corporal facial), señala objetos cuando se le nombran (SO: sigue alguna acción oral), comprende instrucciones mediante fotos o dibujos señalados (CIN: comunicación pictográfica), sigue órdenes verbales sencillas (SOR: comprende instrucciones verbales sencillas), observa con atención un cuento completo y responde preguntas sencillas sobre su contenido (OA: adquiere información a través de la vista y responde coherentemente al contenido del mismo), escucha con atención cuando se le relata un cuento y responde preguntas sencillas sobre su contenido (EA: adquiere información cuando oye y responde coherentemente al contenido), inicia una comunicación espontánea con adultos y niños (ICE: comunicación voluntaria y sin previa planificación), sonríe apropiadamente a los demás (SAD: comunicación corporal facial adecuada), con gestos afirma o niega tarjetas de imágenes o voz (AN: gesto emblemático o emblema. Para indicar: sí o no) y nombra o señala objetos o personajes de un cuento (NOP: enfatizar o distinguir un objeto o personajes de un cuento).

1.3. Impacto de Mi Cuento de Terapia de Lenguaje en los niveles de aprendizaje en individuos con alguna discapacidad por grupo académico de atención

Los datos recabados en la encuesta se capturaron en una hoja de cálculo y con ayuda del *software* R (R-Project, 2021) se comprobaron las diferencias estadísticas en los niveles de aprendizaje por grupo atendido mediante un análisis de varianza múltiple (MANOVA) y prueba de medias por Tukey con una confiabilidad del 95 %, recomendada para este tipo de estudios según Marín-Díaz y Muñoz-Asencio (2018). En virtud del número de variables estudiadas (23) se aplicó un método multivariado (análisis de componentes principales) para agrupar a las variables que más explican la varianza total de los datos. Este análisis permitió observar por grupo atendido el impacto que el *software* representó en el nivel de aprendizaje.

Para medir de manera categórica el impacto que la aplicación del *software* MiCTL tiene sobre los niveles de aprendizaje y hacerlo comparable entre cada grupo (preescolar, primaria y secundaria), se construyó un índice dado por la siguiente ecuación, donde el intervalo de acción es 0-1, lo que implica que entre más cercano a 1 sea el valor, el nivel de aprendizaje es mayor.

Índice de aprendizaje = (Σ_{i=1}^{23} n_i) / N (1)

Donde:

n_i : valores obtenidos en cada variable

N: suma de los valores máximos por variable (230)

Siguiendo la metodología de Canto-de Gante *et al.* (2020), se consideró como valor mínimo al 0 y máximo al 1 para construir un indicador cualitativo conforme a la escala de Likert con intervalos de clase homogéneos (cuadro 1).

CUADRO 1
Escala de Likert para recategorizar los valores de niveles de aprendizaje en individuos con alguna discapacidad que utilizaron el *software* MiCTL

Valores		Nivel de aprendizaje
Mínimo	Máximo	
0.00	0.20	Muy bajo
0.20	0.40	Bajo
0.40	0.60	Medio
0.60	0.80	Alto
0.80	1.00	Muy alto

Fuente: elaboración propia.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En septiembre de 2018, en las instalaciones del CAM, se aplicaron 36 encuestas a individuos no mayores de 14 años con alguna discapacidad. Del total de registros, 15 correspondieron a un nivel educativo de secundaria, 14 a primaria y 7 a preescolar. De acuerdo con Alsina (2012), una muestra con más de 30 observaciones se considera suficiente, y se garantiza que los estimadores obtenidos sean insesgados y confiables. Entre las discapacidades más representativas, los resultados indican que el 52.78% (19) correspondió a intelectual, 13.89% (5) a lenguaje y 11.11% (4) a auditiva (cuadro 2). No se presentaron individuos con discapacidad visual ni individuos con problemas de síndrome de Down.

CUADRO 2

Porcentaje de individuos encuestados por tipo de discapacidad y nivel académico que utilizaron el *software* MiCTL*

Tipo Discapacidad	Nivel académico							
	Secundaria		Primaria		Preescolar		Total	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Intelectual	12	80.00	6	42.86	1	14.29	19	52.78
Auditiva	2	13.33	2	14.29	0	0.00	4	11.11
Visual	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Motriz	1	6.67	1	7.14	0	0.00	2	5.56
Down	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Autismo	0	0.00	2	14.29	1	14.29	3	8.33
Lenguaje	0	0.00	0	0.00	5	71.43	5	13.89
Múltiple	0	0.00	3	21.43	0	0.00	3	8.33
Total	15	100.00	14	100.00	7	100.00	36	100.00

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos por encuestas.

Nota: *diseñado mediante realidad aumentada para evaluar el aporte del software en los niveles de aprendizaje

2. 1. Impacto de Mi Cuento de Terapia de Lenguaje en los niveles de aprendizaje en individuos con alguna discapacidad por grupo académico de atención

La prueba de MANOVA y de medias por Tukey resultó ser significativa en 18 de las 23 variables (cuadro 3). Los niveles más altos de aprendizaje estuvieron presentes en secundaria y primaria con el mismo rango; la diferencia se dio con respecto al grupo de preescolar. Este hecho se explica debido a que el *software* requiere en algunos pasajes de *saber leer*. Sin embargo, destaca que en las variables de motivación (MO), imaginación (IM), cortesía (SAD) y comprensión de lenguaje corporal (CG) y pictográfico (NOP) los tres grupos académicos no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Al respecto, Mercader *et al.* (2017) detectaron que la actitud positiva y el interés que el infante muestre hacia la tecnología propicia la formación de bases sólidas para la adquisición del aprendizaje permitiendo al desarrollar actividades que consoliden el conocimiento.

La técnica multivariada de análisis de componentes principales (ACP) determinó que en el primer componente (Prin1), que explica el 67.36% de la varianza total de los datos, se agruparon las variables que se asocian con el aprendizaje académico, mientras que en la componente 2 (Prin2), que explica el 22.87%, se agruparon las variables relacionadas con atención, motivación, imaginación y comprensión de lenguaje corporal y pictográfico (cuadro 4). De acuerdo con Mendoza-Méndez *et al.* (2017) y López-Aguado y Gutiérrez-Provecho (2019), el signo de los eigenvectores en un ACP indica la dirección del aporte que tiene la variable dentro de la componente donde

se agrupa; de esta forma, para nuestro análisis, los signos positivos se asociaron con un aporte directamente proporcional, lo que indica un crecimiento significativo en los niveles de aprendizaje de los individuos encuestados en el momento de aplicado el *software* MiCTL.

Sin embargo, también resalta el hecho de que para las variables que implicaron alguna secuencia de actividades, los signos de los eigenvectores fueron negativos, lo que indica que, aunque el *software* MiCTL impacta en los niveles de aprendizaje en el momento de la aplicación, existe dificultad para retener información y aplicarla en un segundo momento; este hecho se puede explicar por la naturaleza de la población atendida que en un 52.78% presentó discapacidad intelectual. Rodríguez-Mariblanca y Cano de la Cuerda (2021) encontraron que en individuos con discapacidad intelectual la mejor manera de estimular la retención del conocimiento es mediante aplicaciones móviles y, dentro de estas aplicaciones, las desarrolladas mediante realidad aumentada tienen las mejores evaluaciones (Cadavieco *et al.*, 2020).

CUADRO 3

Diferencias significativas por variable analizada y nivel académico de los individuos encuestados que utilizaron el *software* MiCTL*

Variable	Secundaria	Primaria	Preescolar	P-value	R ²
CL	12.4000A	11.7857A	4.7143B	<0.0001	0.817406
AT	10.0000AB	9.6429AB	9.0000 B	0.0818	0.140756
MO	10.0000A	9.5714A	9.1429A	0.1483	0.109244
IM	10.0000A	9.6429A	9.1429A	0.1389	0.112756
DI	9.8000A	9.5714A	3.2857B	<0.0001	0.901681
CF	9.9333A	9.5714A	5.1429B	<0.0001	0.901575
CP	10.0000A	9.5000A	0.0000B	<.00001	0.982674
IO	10.0000A	10.0000A	9.1429B	0.0503	0.165714
AP	9.9333A	9.5714A	0.0000B	<0.0001	0.981102
AI	10.0000A	9.5714A	7.7143B	<0.0001	0.551995
LS	9.4667A	9.2143A	3.8571B	<0.0001	0.881237
RI	9.6000A	9.4286A	5.0000B	<0.0001	0.884667
MM	9.6667A	9.5714A	8.4286B	0.0256	0.199217
CG	10.0000A	9.7857A	9.2857A	0.2001	0.092918
SO	9.9286A	9.7333AB	8.8571B	0.0266	0.197364
CIN	9.9286A	9.7333A	5.1429B	<0.0001	0.963347
SOR	10.0000A	9.8571A	8.4286B	<0.0001	0.454928
OA	10.0000A	9.7857A	8.1429B	<0.0001	0.846125
EA	10.0000A	10.0000A	5.0000B	<0.0001	1.00000
ICE	9.64290A	9.5333A	7.1429B	<0.0001	0.630202
SAD	10.0000A	10.0000A	9.2857A	0.1251	0.118367
AN	10.0000A	10.0000A	8.8571B	0.0043	0.280872
NOP	10.0000A	10.0000A	9.2857A	0.1251	0.118367

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos por encuestas. Medias con la misma letra por fila no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Nota: diseñado mediante realidad aumentada para evaluar el aporte del *software* en los niveles de aprendizaje.

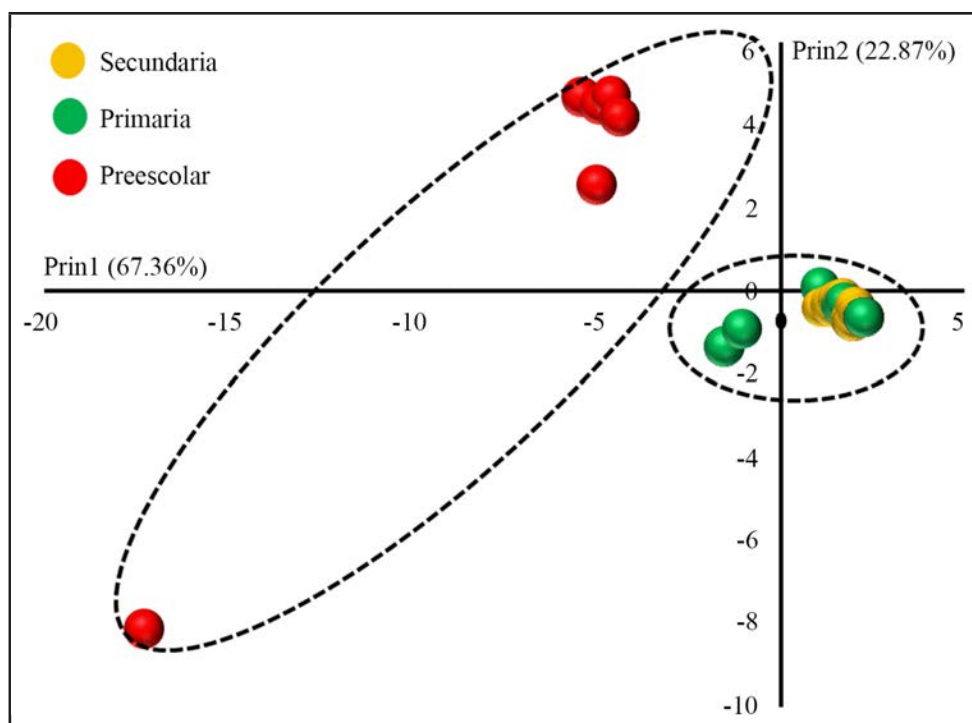
CUADRO 4
Eigenvectores para las Prin1 y Prin2 por variable analizada.

Variable	Prin1	Prin2
CL	0.225832	-0.159334
AT	0.193931	0.229798
MO	0.186553	0.248936
IM	0.191334	0.252871
DI	0.216751	-0.194281
CF	0.212265	-0.216826
CP	0.217407	-0.219957
IO	0.199307	0.231953
AP	0.217188	-0.219504
AI	0.237728	0.008309
LS	0.199515	-0.24874
RI	0.216995	-0.209485
MM	0.201653	0.133909
CG	0.192958	0.277098
SO	0.188013	0.182392
CIN	0.209673	-0.226436
SOR	0.23045	0.096394
OA	0.217262	-0.192102
EA	0.211077	-0.226436
ICE	0.222671	-0.061528
SAD	0.191273	0.264491
AN	0.213427	0.185805
NOP	0.191273	0.264491

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos por encuestas. Nota: eigenvectores obtenidos mediante el análisis de componentes principales (los valores absolutos más altos indican en que componente se agrupó cada variable analizada).

Con ayuda de los eigenvalores obtenidos por el ACP para cada uno de los individuos encuestados, se construyó un diagrama de dispersión. La suma de Prin1 (67.36%) y Prin2 (22.87%) explicó un 90.23% la varianza total de los datos. Como se observa en la gráfica 1, se formaron dos grupos. En el primero se ubicaron los individuos con nivel académico de preescolar y en el segundo los de primaria y secundaria (estadísticamente al mismo nivel). Los individuos que lograron mejores desempeños académicos con la aplicación del *software* MiCTL fueron los de primaria y secundaria (parte positiva del eje x). Sin embargo, aunque los de preescolar no mostraron el mismo rendimiento académico, sí superaron a los de primaria y secundaria en aspectos como motivación, imaginación y comprensión de lenguaje corporal y pictográfico (parte positiva del eje y).

Franco-Justo y Justo-Martínez (2009) y Muñoz *et al.* (2009) identificaron un mayor nivel de motivación al aprendizaje en niños de preescolar asociado al uso de lenguaje no verbal (gestos) que estimula su imaginación; por el contrario, Di Mauro *et al.* (2015) encontraron en niños de primaria un mayor nivel de comprensión académica asociado al desarrollo de las habilidades para leer y escribir. En el caso de este artículo, los mayores niveles de aprendizaje que mostraron los individuos de primaria y secundaria en el momento de interactuar con el *software* MiCTL se atribuyeron al hecho de que eran individuos con capacidad para leer.

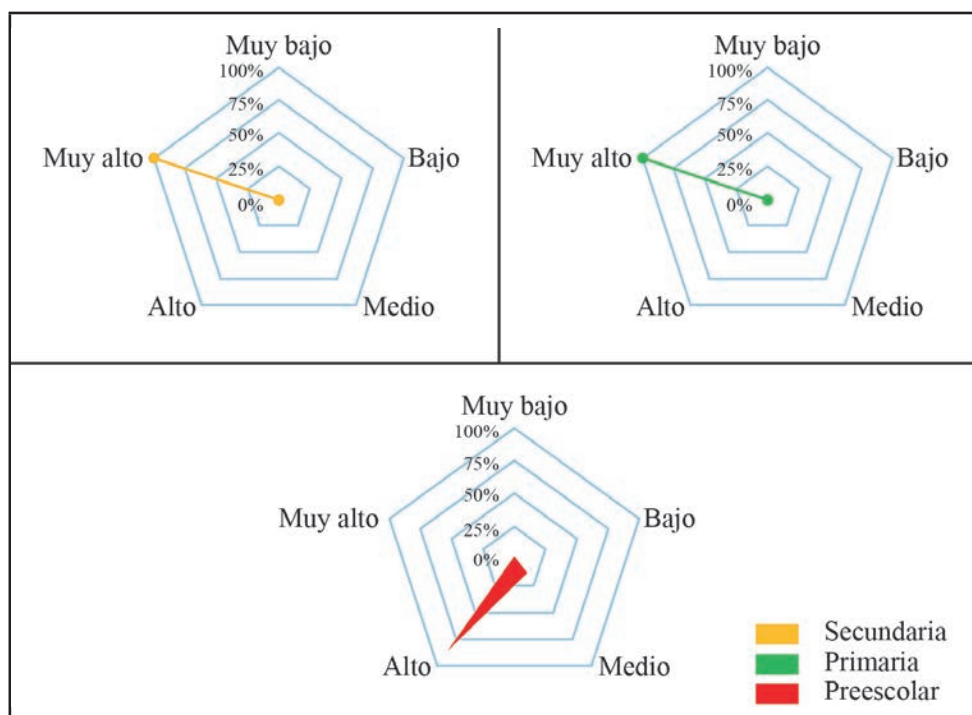


GRÁFICA 1

Diagrama de dispersión del análisis de componentes principales que agrupó a los individuos encuestados por nivel académico

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos por encuestas.

Nota: en el eje de las abscisas (x) al pasar de la parte negativa a la positiva, el nivel de aprendizaje académico es mayor; en el eje de las ordenadas (y) al pasar de la parte positiva a la negativa disminuyen los niveles de motivación, imaginación y comprensión de lenguaje corporal y pictográfico.



GRÁFICA 2

Índice de aprendizaje por nivel académico de los encuestados que utilizaron el *software* MiCTL

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos por encuestas.

Finalmente, al elaborar el índice de aprendizaje propuesto, se encontró que los niveles de aprendizaje logrados al aplicar el *software* MiCTL fueron de medio a muy alto. Se lograron los mejores niveles de aprendizaje en los grupos de primaria y secundaria (gráfica 2), por lo que se intuye que el *software* construido mediante la narrativa de un cuento con realidad aumentada tiene mejor desempeño en individuos con capacidad para leer. Al respecto, Sarabia-García (2012) apuntó que los métodos educativos mediante la narración de cuentos orientados al desarrollo progresivo del lenguaje y comunicación en la etapa infantil son de utilidad siempre y cuando docentes y terapeutas resuelvan el desafío de la lectura que limita la atención de los receptores cuando carecen de esta habilidad.

3. CONCLUSIONES

El *software* MiCTL diseñado con realidad aumentada en un dispositivo móvil demostró ser adecuado para mejorar por medio de la narración de historias la conjugación de palabras y sonidos, aumentar la audición y vocabulario y estimular las expresiones corporales e imaginación en individuos con alguna discapacidad. Se encontró un mayor grado de aprendizaje en variables asociadas al vocabulario, capacidad visual y auditiva en niños de primaria y secundaria y en atención e imaginación en niños de preescolar, que se asociaron con el conocimiento previo de los niños en la manipulación de dispositivos móviles. Al parecer esta manera lúdica de enseñanza aumenta los niveles de aprendizaje, ya que el infante percibe el *software* como un momento de juego sin percatarse de que está aprendiendo de manera natural los conceptos fundamentales del lenguaje y comunicación.

PROSPECTIVA

La dependencia hacia la tecnología para actividades lúdicas tiene una aplicación de provecho si se canaliza de manera correcta; un caso de éxito es el desarrollo de *software* manipulados mediante dispositivos móviles que mejoran la calidad de vida de las personas con algún tipo de discapacidad. Con la creación de recursos tecnológicos, como la realidad aumentada y realidad virtual que permite a individuos con alguna limitante física o neuronal interactuar con ambientes ficticios, se han mejorado paulatinamente sus limitaciones. Un aporte importante de estas tecnologías ha sido el desarrollo progresivo del lenguaje y comunicación en la etapa infantil de individuos con alguna discapacidad, donde las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han permitido incrementar estos niveles de comprensión y han resuelto el desafío de la lectura que en el pasado impedía captar la atención completa de los receptores al simular ambientes mediante imágenes digitales entre lo real e imaginario sin necesidad de seguir instrucciones. Las TIC en la educación, y específicamente en la educación de niños especiales, tiene un amplio campo de aplicación con resultados contundentes; sin embargo, se debe tener cuidado con los contenidos creados para no desvirtuar la realidad de los ambientes donde coexisten los individuos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las autoridades del Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza (ITSVC-Puebla), al personal especializado en comunicación humana del área de rehabilitación de lenguaje y comunicación de niños con discapacidad del Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón (CRIT) con sede en la ciudad de Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, y al Centro de Atención Múltiple (CAM) del municipio de Venustiano Carranza, Puebla, por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, a los revisores anónimos que ayudaron a enriquecer este artículo.

REFERENCIAS

Alsina, A. (2012). La estadística y la probabilidad en educación infantil: conocimientos disciplinares, didácticos y experienciales. *Revista de Didácticas Específicas*, 7, 4-22.

- Cadavieco, J. F., Sevillano, M. A. P. y Sevillano, M. L. (2020). Construcción del conocimiento en los niños basado en dispositivos móviles y estrategias audiovisuales. *Educação & Sociedade*, 41, e216616. <https://doi.org/10.1590/ES.216616>
- Camacho-Conde, J. A. y Magán-Alvite, L. (2021). Diseño de una plataforma de comunicación multimedia móvil (PCMM) en educación especial. *EDMETIC: Revista de Educación Mediática y TIC*, 10(1), 73-99. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v10i1.12469>
- Campos-Soto, M. N., Navas-Parejo, M. R. y Moreno-Guerrero, A. J. (2020). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus. *ALTERIDAD. Revista de Educación*, 15(1), 47-60. <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.04>
- Canto-de Gante, Á. G., Sosa-González, W. E., Bautista-Ortega, J., Escobar-Castillo, J. y Santillán-Fernández, A. (2020). Escala de Likert: una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. *Revista de la Alta Tecnología y Sociedad*, 12(1), 38-45.
- Chávez, H. y Chávez, J. (2019). Aplicación móvil en realidad aumentada de apoyo para el aprendizaje de verbos irregulares en inglés. *Revista Científica UNE*, 3(3), 34-39.
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2020) *Medición de la Pobreza: pobreza a nivel municipio 2010-2020*. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx> Consultado en enero de 2022
- Di Mauro, M. F., Furman, M. y Bravo, B. (2015). Las habilidades científicas en la escuela primaria: un estudio del nivel de desempeño en niños de 4to año. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 10(2), 1-10.
- Franco-Justo, C. y Justo-Martínez, E. (2009). Efectos de un programa de intervención basado en la imaginación, la relajación y el cuento infantil, sobre los niveles de creatividad verbal, gráfica y motora en un grupo de niños de último curso de educación infantil. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49(3), 1-12. <https://doi.org/10.35362/rie4932095>
- Hernández-Sánchez, B. Vargas-Morua, G., González-Cedeño, G. y Sánchez-García, J. C. (2020). Discapacidad intelectual y el uso de las tecnologías de la información y comunicación: revisión sistemática. *Revista INFAD de Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 2(1), 177-188. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2020.n1.v2.1830>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020). *La discapacidad en México*. <https://www.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=discapacidad>
- López-Aguado, M. y Gutiérrez-Provecho, L. (2019). Cómo realizar e interpretar un análisis factorial exploratorio utilizando SPSS. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 12(2), 1-14. <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.227057>
- Marín-Díaz, V. y Muñoz-Asencio, V. P. (2018). Trabajar el cuerpo humano con realidad aumentada en educación infantil. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 9(1), 148-158. <https://doi.org/10.51302/tce.2018.177>
- Martín-Sabarís, R. M. y Brossy-Scaringi, G. (2017). La realidad aumentada aplicada al aprendizaje en personas con síndrome de down: un estudio exploratorio. *Revista Latina de Comunicación Social*, 72, 737-750. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2017-1189>
- Mendoza-Méndez, R. V., Dorantes-Coronado, E. J., Cedillo-Monroy, J. y Jasso-Arriaga, X. (2017). El método estadístico de análisis discriminante como herramienta de interpretación del estudio de adicción al móvil, realizado a los alumnos de la Licenciatura en Informática Administrativa del Centro Universitario UAEM Temascaltepec. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 7(14), 222-247. <https://doi.org/10.23913/ride.v7i14.282>
- Mercader, J., Presentación, M. J., Siegenthaler, R., Molinero, V. y Miranda, A. (2017). Motivación y rendimiento académico en matemáticas: un estudio longitudinal en las primeras etapas educativas. *Revista de Psicodidáctica*, 22(2), 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2017.05.007>

- Muñoz, M. T., González, C. y Lucero, B. (2009). Influencia del lenguaje no verbal (gestos) en la memoria y el aprendizaje de estudiantes con trastornos del desarrollo y discapacidad intelectual: Una revisión. *Revista Signos*, 42(69), 29-49. <http://doi.org/10.4067/S0718-09342009000100002>
- Padilla-Muñoz, A. (2010). Discapacidad: contexto, concepto y modelos. *International Law: Revista Colombiana de Derecho Internacional*, 16, 381-414. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=82420041012>
- Pascuas-Rengifo, Y. S., García-Quintero, J. A. y Mercado-Varela, M. A. (2020). Dispositivos móviles en la educación: tendencias e impacto para la innovación. *Revista Politécnica*, 16(31), 97-109. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v16n31a8>
- Quintana-García, I. (2014). Discapacidad en el siglo XXI. *Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios*, 29(107), 26-41.
- Rodríguez-Mariblanca, M. y Cano de la Cuerda, R. (2021). Aplicaciones móviles en la parálisis cerebral infantil. *Neurología*, 36(2), 135-148. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2017.09.018>
- R-Project. (2021). *The R Project for Statistical Computing: R version 3.6.1*. <https://www.r-project.org/>
- Sarabia-García, A. F. (2012). El cuento como herramienta psicoterapéutica en el manejo emocional de niños con discapacidad. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 15(4), 1209-1223.
- Viquez-Alfaro, C., López-Garbanzo, L., Cordero-Salas, M. y Alpízar-Alfaro, P. (2019). Fortalecimiento de la autonomía de jóvenes con discapacidad intelectual mediante la aplicación de las TIC. *Innovaciones Educativas*, 21(30), 48-61. <https://doi.org/10.22458/ie.v21i30.2484>

CC BY-NC-ND



Más allá de escuchar: consideraciones cognitivas y lingüísticas en niños Sordos

Guerrero-Arenas, Coral Itálú; Hernández-Santana, Guillermo
Más allá de escuchar: consideraciones cognitivas y lingüísticas en niños Sordos
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e209**
Ciencias Humanas y de la Conducta

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Guerrero-Arenas, C. I. y Hernández-Santana, G. (2023). Más allá de escuchar: consideraciones cognitivas y lingüísticas en niños Sordos. CIENCIA *ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a5>

Más allá de escuchar: consideraciones cognitivas y lingüísticas en niños Sordos

Beyond Listening: cognitive and linguistic considerations in Deaf infants

Coral Italiú Guerrero-Arenas

Universidad Nacional Autónoma de México, México

italuguerrero@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-3253-6574>

Recepción: 23 de marzo de 2022

Aprobación: 15 de agosto de 2022

Guillermo Hernández-Santana*

Universidad Autónoma de Baja California, México

guillermo.santana@uabc.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-0367-357X>

RESUMEN

Se lleva a cabo una revisión de la literatura a partir de la convergencia entre los aspectos educativos y socioculturales y su relación con el desarrollo de habilidades cognitivas en sordos. Además, se presenta un breve panorama de los estratos neuroanatómicos que subyacen a los procesos cognitivos y las diferencias entre sordos y oyentes como consecuencia de la privación sensorial. La mayoría de las investigaciones revisadas indican que sí hay diferencias en algunas funciones cognitivas, aunque no hay acuerdo si es debido al contexto sociocultural, la adquisición lingüística tardía o por la reconfiguración cerebral. Por último, se discute la necesidad de estudiar los contextos educativos, sociales e individuales en donde se desenvuelven los niños Sordos de manera interdisciplinaria con el fin de proponer herramientas que fomenten su desarrollo cognitivo óptimo.

PALABRAS CLAVE: educación, sordera, cognición, infancia.

ABSTRACT

We review the literature on the convergence between educational and sociocultural aspects and their relationship with the development of cognitive skills in deaf people. We present a brief overview of the neuroanatomical layers that underlie cognitive processes and the differences between deaf and hearing people due to sensory deprivation. Most of the research indicated that there are differences in some cognitive functions, although there is no agreement whether this is due to factors such as sociocultural context, late language acquisition, or brain rewiring. Finally, the need to study the educational, social and individual contexts where Deaf children develop in an interdisciplinary way is discussed in order to propose tools that promote their optimal cognitive development.

KEYWORDS: education, deafness, cognition, childhood.

INTRODUCCIÓN

Esta revisión narrativa de la literatura presenta un panorama de los aspectos educativos y socioculturales en los que se desarrollan los niños Sordos^[1] a partir de un enfoque cualitativo. Se expone evidencia acerca de los cambios neurales debido a la reorganización de áreas sensorio-multimodales con el fin de abordar cómo éstos soportan de alguna manera la consolidación de los procesos cognitivos asociados a la falta de audición. El objetivo de esta revisión es analizar y reflexionar la evolución lingüística y cognitiva de niños Sordos desde una perspectiva multidisciplinaria que contemple las posibles implicaciones para su potencial desarrollo que pudieran ser subyacentes a la sordera y a la consecuente adquisición tardía del lenguaje. Para ello, se revisó literatura relacionada con los procesos de adquisición del lenguaje, los sustratos neuroanatómicos en personas Sordas y la cognición. Además, se integró información acerca de los aspectos socioculturales en los que se desenvuelven los niños Sordos, los cuales son típicamente en contextos de familias oyentes. A partir de esta revisión y conforme

*AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

guillermo.santana@uabc.edu.mx

a la experiencia con la comunidad Sorda mexicana,^[2] los autores consideramos la necesidad de converger desde diferentes perspectivas para la comprensión y replanteamiento de los abordajes multidisciplinares que puedan incidir en aproximaciones prácticas, las cuales puedan favorecer el desarrollo en niños Sordos, tal como explicamos en las conclusiones y alcances.

1. CONTEXTO CULTURAL DE LAS PERSONAS SORDAS

Una perspectiva desde la que se aborda la sordera es la sociocultural. Es común que cuando una persona Sorda se desarrolla en una comunidad silente adquiera una lengua de señas. Desde este punto de vista, la falta de audición no representa realmente una limitación comunicativa, pues una lengua de señas sería una solución. Sin embargo, las redes sociales de las personas Sordas son limitadas en comparación con una persona oyente y sus oportunidades laborales también porque no encuentran trabajos adecuados o, en su defecto, los empleadores desconocen sus habilidades.

Un caso representativo de la sordera se da dentro de familias oyentes. En estos contextos, los familiares no siempre aprenden una lengua de señas para comunicarse con el infante. Por el contrario, en algunas ocasiones, recurren a terapias de oralización o incluso procesos quirúrgicos como un implante coclear. En otros casos, los adultos se comunican con el niño a través de señas caseras, es decir, aquellas que nacen en un contexto familiar y no social, las cuales resultan efectivas en algunos casos, pero no siempre son las ideales para hacer justicia a expresiones de comunicación complejas o abstractas. Asimismo, los niños Sordos dentro de contextos de familias oyentes suelen tener serias dificultades para adquirir la lengua oral de sus progenitores y suelen adquirir solo una parte de la comunicación que se reduce al sistema gestual de sus cuidadores, *e. g.* señas icónicas o representacionales y deícticas (Kendon, 1997). En ese sentido, los niños que no tienen acceso a un sistema comunicativo corren el riesgo de estar privados de lenguaje y caen en la estigmatización social contra el aprendizaje de una lengua de señas. En consecuencia, se crean de esta manera ambientes naturales de privación lingüística (Lillo-Martin y Henner, 2021). Lo anterior es relevante en cuanto a que la sordera no sólo afecta el plano comunicativo, sino que influye en el ámbito social y en otros ámbitos como el cognitivo, quizás porque los Sordos no siempre tienen la posibilidad de acceder a una lengua de modalidad visogestual desde los primeros años de vida. Es decir, adquieren tardíamente un sistema lingüístico, lo cual influye en la consolidación de estructuras básicas del pensamiento y, por ende, en su identidad lingüística y cultural (Cruz-Aldrete, 2019; Dellamary, 2015; Jambor y Elliot, 2005; Pérez de la Fuente, 2014).

Es sabido que la lengua y la cultura son entidades que casi siempre están ligadas entre sí y que una persona Sorda no siempre cuenta con la posibilidad de adquirir una lengua de modalidad visogestual. Esta situación puede acarrear riesgos como no poder desarrollar muchas habilidades comunicativas y efectivas en el contexto de un grupo social identitario. En este sentido, los Sordos no deberían ser vistos como personas con discapacidad, sino como individuos cuya etnicidad radica en una lengua y cultura compartida.

La conformación cultural y social también tiene implicaciones negativas, pues un Sordo suele vivir en su propio país como un extranjero donde pocos comparten su sistema de comunicación, entre los cuales se encuentran los mismos Sordos, intérpretes, algunos educadores, familiares y personas que aprenden la lengua de señas por *motu proprio*.

En este artículo nos enfocamos en la sordera que se presenta desde el nacimiento y en los primeros años de vida, ya sea congénita o adquirida, pues la conformación cortical de los infantes es modulada por la maduración cerebral y por los contextos familiar y sociocultural, que son cruciales para propiciar la optimización y fortalecimiento de habilidades relacionadas con el neurodesarrollo. Además, esta etapa es en la cual los Sordos comienzan a crear una identidad grupal e ideológica.

En este punto cabe destacar que ninguna parte del cerebro trabaja de forma aislada, por lo que la pérdida de un sentido afecta a otros sistemas sensoriales e incluso a aquellos relacionados con otras funciones cognitivas (Kral *et al.*, 2016). Por lo tanto, la limitación de las oportunidades educativas, sociales, recreativas y artísticas de niños

Sordos implica restringir las experiencias que se vinculan a la funcionalidad cerebral, lo que parece reforzar la hipótesis de que la pérdida auditiva impacta más en el neurodesarrollo de lo que se tenía contemplado.

2. REORGANIZACIÓN NEURAL: CÓMO SE RECONFIGURAN LAS NEURONAS SENSORIALES

La apropiación de la cultura es resultado de la experiencia del niño a través de los sentidos. De hecho, los estímulos desde el exterior son captados mediante los órganos sensoriales para ser procesados en el nivel cortical, donde se les otorga un significado e interpretación, y que servirán para aprender patrones del entorno que modularán el comportamiento (Del Olmo, 2021). El desarrollo y funcionamiento del cerebro depende en gran medida de la efectiva funcionalidad de la sinapsis y las proyecciones neurales. Es decir, que exista una buena comunicación globalmente; por lo tanto, las experiencias en los primeros años de vida se vuelven sumamente relevantes (Kral *et al.*, 2016) para la adquisición de un sistema lingüístico.

Se sabe que, en el nivel neural, puede haber una reorganización a partir de una pérdida sensorial. En el caso particular de las personas Sordas se evidencian ajustes en los sentidos que parecen adaptarse para ganar información acerca de los objetos o su entorno, lo que incidiría en el desarrollo de una mayor interacción, apropiación y vinculación con el ambiente en comparación con las personas oyentes (Merabet y Pascual-Leone, 2010; Trumpp y Kiefer, 2018). De hecho, la audición parece ser responsable de reunir la información y monitorear eventos en el ambiente circundante (Good *et al.*, 2014); en personas Sordas esta información parece estar compensada con un mayor procesamiento visual, en especial en el campo periférico (Good *et al.*, 2014; Bosworth y Dobkins, 1999), el cual se encuentra lateralizado en el hemisferio izquierdo donde los oyentes procesan la mayor parte del lenguaje oral.

En el neurodesarrollo, una de las experiencias con mayor peso en la reorganización neural parece ser la adquisición del lenguaje, sobre todo si se consolida en los llamados *periodos críticos* que son ventanas de tiempo donde se concretan las habilidades y se habilitan las redes neurales que determinarán la funcionalidad de ciertas regiones cerebrales; en esta etapa el cerebro es más receptivo. De hecho, las investigaciones señalan que entre más temprano haya una pérdida sensorial, los efectos neuroplásticos parecen ser mayores (Merabet y Pascual-Leone, 2010). Para comprender cómo suceden estos cambios neurales es fundamental resaltar que las áreas cerebrales destinadas a la codificación de signos y significados del lenguaje son las mismas en el procesamiento de lenguas de modalidad oral y visogestual a pesar de las diferencias sensoriomotoras entre ambas (Mayberry *et al.*, 2018), pero sólo en los casos en los cuales se ha adquirido una LS en las mismas etapas de adquisición que una lengua oral.

Lo anterior explicaría que en niños Sordos exista un acoplamiento posnatal similar al de un niño que desarrolla una lengua oral. De hecho, una vez adquirida una lengua, los patrones de actividad neural sí cambian en el inicio de la modalidad sensorial. En el caso de personas oyentes, el procesamiento cortical inicial de palabras habladas se presenta en la corteza auditiva primaria (CAP) y en el caso de aquellas que adquieren una lengua de señas de forma temprana el procesamiento cortical inicia en la corteza visual primaria (CVP) (Leonard *et al.*, 2012). Es decir, en una persona que emite palabras orales el inicio de la actividad neural estará focalizado en las áreas auditivas, mientras que en una persona Sorda, la actividad iniciará en las áreas visuales.

El lóbulo temporal (LT), el giro frontal superior (GFS) y el giro temporal superior (GTS), todos izquierdos, están involucrados en la comprensión de la lengua de señas, no sólo en cuanto al movimiento asociado a ésta, sino también en el uso de los articuladores manuales (MacSweeney *et al.*, 2008). Lo anterior resulta interesante, pues justamente los dos tercios posteriores del GFS izquierdo corresponden al área de Broca, que planifica los mapas motores para la articulación del habla, lo que supone que también está involucrado para la modalidad visogestual. Este acoplamiento de las funciones y sistemas neurales destinados a la experiencia lingüística se da al inicio de la etapa del neurodesarrollo, pero sólo se puede establecer siempre que la modalidad de la lengua sea apropiada para el niño. En el caso de niños Sordos que se desarrollan en una familia de Sordos y en los oyentes que se desarrollan en una familia oyente el curso de las vías lingüísticas en el cerebro se da con naturalidad, pero en niños Sordos en un entorno oyente este proceso se da manera tardía.

3. LAS VÍAS VISUALES DEL DÓNDE Y DEL QUÉ

El trabajo de Mayberry (2018) reporta el caso de un adulto con discapacidad auditiva que no adquirió una LS de manera temprana. En este caso particular, observa una menor actividad neural en las áreas canónicas del lenguaje ante tareas lingüísticas. Sin embargo, en esta persona se describe que la vía dorsal visual respondía a las palabras señas. ¿Qué significa esto?

La vía dorsal o también llamada vía del *dónde* recorre desde la corteza occipital (visual) hacia la corteza parietal (relacionada sobre todo con la espacialidad). A esta vía se le atribuye el reconocimiento de cosas, pero no un significado completo, sino sólo su ubicación dentro de un contexto espacial. La vía que complementa el significado se denomina vía del *cómo* o vía del *qué*, la cual corresponde a la vía ventral que va desde la corteza visual y continúa hacia la corteza temporal. Las observaciones de Mayberry tienen sentido dado que en el lóbulo temporal es donde se albergan las estructuras canónicas del lenguaje, y también contiene a la formación hipocampal que está íntimamente relacionada con la memoria. Dicho estudio observa que si la persona no pudo consolidar un sistema lingüístico durante su infancia, es probable que las vías que llevan información del *qué* (vía ventral) se encuentren afectadas y por esa razón sólo tenga mayor activación en la vía dorsal, la vía del *dónde*.

Dentro del procesamiento espacial, la vía dorsal de la visión se recluta para asumir la tarea de procesar señas en personas Sordas cuando el cerebro madura sin haber experimentado la red de forma-significado (Cheng *et al.*, 2019). Esta vía procesa información entre objetos visibles en el espacio y aspectos más sofisticados como la disposición espacial de una escena visual (Ramachandran, 2012). En personas Sordas se ha observado que hay cambios en esta vía en respuesta a tareas visuales de atención (Corina y Singleton, 2009), lo cual es coincidente con hallazgos previos acerca de que la visión se amplía debido a la pérdida auditiva y, dado que las lenguas de señas hacen uso del espacio para codificar los elementos del discurso, esta expansión de la función en la corteza parietal sería concordante con los procesos lingüísticos de las lenguas de señas.

4. URGENCIA DE LA ADQUISICIÓN TEMPRANA DE UNA LENGUA DE SEÑAS

Como se observa, la adquisición temprana de una lengua es primordial para el desarrollo y establecimiento de un sistema lingüístico y la madurez cerebral en infantes con sordera, pero esto último no es excluyente ni se restringe sólo a la experiencia lingüística, también es necesario un procesamiento multisensorial efectivo que module los procesos neurales, conductuales y sensoriales (Murray *et al.*, 2016). Dicho de otro modo, es necesario integrar una variedad de estímulos y desarrollar asociaciones entre el entorno físico y su significado.

Para entender lo anterior de manera muy general, sabemos que hay áreas cerebrales que integran estímulos sensoriales específicos. Como ya se ha mencionado, los estímulos acústicos son procesados principalmente en la corteza temporal y los visuales en la corteza occipital; sin embargo, esto no es restrictivo ni excluyente porque puede haber reorganizaciones en dichas áreas cerebrales, en personas con divergencias sensoriales. Esta reorganización es conocida como *plasticidad cruzada* (*cross-modal plasticity*) y se trata de una incorporación que hace el cerebro en un intento por compensar o aumentar el procesamiento derivado de la pérdida sensorial por medio del estímulo de áreas adyacentes que pueden responder a otros estímulos. Quizá uno de los mecanismos que explicarían esta reorganización es que el cerebro dirige las conexiones neuronales hacia las áreas sensoriales que se encuentran intactas (Merabet y Pascual-Leone, 2010).

En personas Sordas se ha reportado que la corteza temporal, en especial el giro frontal superior (que en personas oyentes suele procesar aspectos relacionados con el habla), se encarga del procesamiento de estímulos visuales. Este es el caso del movimiento que ejecuta otra persona cuando emite un mensaje en lengua de señas (Finney *et al.*, 2003; Finney *et al.*, 2001; Merabet y Pascual-Leone, 2010) cuando se realiza una lectura en silencio y también cuando se reciben estímulos visuales no lingüísticos como el movimiento biológico (Que *et al.*, 2018).

Otro ejemplo de plasticidad cruzada se da al realizar tareas visuales periféricas, donde se observa mayor activación en las áreas temporales mediales y superiores en personas Sordas (Bavelier *et al.*, 2000; Bavelier *et al.*, 2001).

Esto refuerza que la estimulación visual activa el surco temporal superior y la circunvolución temporal superior, así como el *planum temporale*, localizado en la parte posterior del giro de Heschl dentro de la cisura de Silvio (Trumpp y Kiefer, 2018), lo cual es relevante dado que son áreas que participan en el procesamiento de estímulos auditivos. Para que lo anterior se haga evidente en personas con discapacidad auditiva, Bosworth y Dobkins (1999) sugieren que es necesaria la adquisición de una lengua de modalidad visogestual, la cual está relacionada a la organización de funciones visuales de bajo nivel tales como el procesamiento del movimiento.

Dada esta evidencia, podría explicarse que este tipo de reorganización o plasticidad cruzada se dé entre las modalidades visuales y auditivas, pero no es así. Se ha observado que la corteza temporal modula estímulos vibrotáctiles que normalmente estarían relacionados al área somatosensorial en la corteza parietal. Al respecto, se ha observado que en personas Sordas hay un aumento en la percepción de estímulos vibrotáctiles en el GTS (Levänen y Hamdorf, 2001), así como en la corteza auditiva secundaria, en particular cuando se estimulan la palma de la mano y las yemas de los dedos (Good *et al.*, 2014). Una de las probables explicaciones de por qué la corteza auditiva se activa en presencia de estímulo vibrotáctiles en individuos con sordera es porque en ambos sistemas, tanto el oral como el visogestual, se perciben vibraciones de baja frecuencia (Caetano y Jousmäky, 2006); por ejemplo, algunos Sordos pueden percibir las vibraciones del lenguaje oral al tocar a alguien más e interpretan las vibraciones que emiten al hablar o incluso percibir estímulos más complejos, como la música (Sharp *et al.*, 2020). Esto parece tener su explicación en el hecho de que los receptores vibrotáctiles de la piel son similares biomecánicamente a las células ciliadas de la cóclea (Good *et al.*, 2014). Pero no sólo los estímulos vibrotáctiles están encaminados a un umbral relacionado con la sensibilidad en la percepción, sino que esto subyace a un incremento en el proceso de atención dirigida, quizá causado por la necesidad de detectar cambios táctiles repentinos, tales como las vibraciones causadas por el ruido. Dados estos casos, el cerebro compensa la pérdida auditiva identificando eventos importantes o peligrosos en el medio (Levänen y Hamdorf, 2001).

En varios contextos como el educativo y el social, la atención dirigida y conjunta es relevante para advertir de los eventos que suceden en el entorno. A diferencia de los niños oyentes, un niño Sordo no siempre se da cuenta de algunas cosas que pasan a su alrededor. Dos casos para ejemplificar esto son cuando un objeto cae fuera de su campo visual o cuando una persona está hablando detrás. En estos ejemplos se vuelve relevante la atención visual para percatarse de estas acciones.

En cuanto a otros procesos, se ha observado que en personas Sordas hay activación del surco temporal superior ante tareas donde se presentan imágenes de expresiones faciales, lo que, en oyentes, se procesaría en el giro fusiforme izquierdo, localizado en la cara basal del LT y muy cercano al occipital (Corina y Singleton, 2009). Lo anterior daría las bases para una respuesta preferencial al reconocimiento de rostros en el caso de las personas Sordas (Courtin *et al.*, 2010), pues el giro fusiforme típicamente está asociado al reconocimiento facial y a la clasificación de objetos (Ramachandran, 2012). Estos datos refuerzan la idea que el procesamiento visogestual de la lengua de señas puede dirigir la diferenciación funcional especializada y organizada dentro de regiones del LT. Desde una visión lingüística, la LSM (Lengua de Señas Mexicana), la *American Sign Language* (ASL) y posiblemente otras lenguas de señas, suelen codificar las categorías de TAM (tiempo, aspecto y modo) mediante rasgos no manuales marcados con el rostro y movimientos del cuerpo. Un dato sociolingüístico que complementa esta observación es que los Sordos no tienden a dialogar mirando las manos del interlocutor sino viendo su rostro. Esto indica la relevancia de la gesticulación para la producción y comprensión de las lenguas de señas.

Una característica de las LS es el uso del espacio señante, el cual es definido como el lugar frente al individuo en el que se expresa el discurso. En este espacio se pueden ejecutar descripciones icónicas de objetos, representar mapas descriptivos del espacio físico, construir expresiones gramaticales, pronominales y referenciales no presentes mediante los denominados *locus* que son aquellas referencias a objetos y lugares que se describen en el discurso (Liddel, 1996). Aunado a este contexto, cuando se predica información de un sujeto no presente, el señante puede utilizar el movimiento del cuerpo para ubicarse ligeramente hacia un lado o dirigir su mirada hacia determinado *locus* con el fin de denotar al sujeto del discurso. En relación con el manejo del espacio, se ha mostrado que hay una incorporación del LPS (Lóbulo Parietal Superior) en usuarios Sordos de una LS (Courtin *et al.*, 2010); por lo tanto, es posible una relación con la ejecución de los significados dentro del espacio señante.

5. LA AUDICIÓN: MÁS ALLÁ DE SOLO ESCUCHAR

En una comunidad silente, ya sea conformada por un núcleo familiar, escolar o social, un niño Sordo cuenta con más oportunidades de desarrollo cognitivo que dentro de un contexto oyente donde una de las principales barreras es la comunicación. Además de la limitación auditiva, la sordera tiene otras consecuencias a lo largo de la vida del individuo más allá de que la privación del sentido de la audición origine una reorganización en el cerebro. Por supuesto, esto ocurre de manera distinta dadas las características individuales y los contextos específicos de cada persona.

La pérdida de un sentido trae consecuencias sobre algunas funciones cognitivas, en especial porque la conectividad neural se encuentra alterada entre el sistema auditivo, los otros sistemas sensoriales y los centros que subyacen a la cognición (Kral *et al.*, 2016). Dicho en otras palabras, para el procesamiento sensorial multimodal es necesario que emerja óptimamente la cognición del individuo; por lo tanto, un funcionamiento sensorial “atípico” puede afectar las capacidades cognitivas (Monroy *et al.*, 2019), en particular en personas que no adquieren una lengua. Además, la falta del sentido de la audición también se ha relacionado con una menor coordinación dinámica motora, así como retraso en el desarrollo de la producción de secuencias motoras complejas (Monroy *et al.*, 2019; Schlumberger *et al.*, 2004).

Los hijos Sordos de padres Sordos sí suelen adquirir una lengua de señas durante su neurodesarrollo cuando tienen hitos sociales y lingüísticos comparables a los de niños oyentes que adquieren una lengua oral. Sin embargo, el panorama más típico lo encontramos en niños Sordos al interior de familias oyentes. En este contexto, los familiares oyentes no suelen establecer lazos sociales con personas, instituciones, grupos u organizaciones de personas Sordas; por lo tanto, el desarrollo, educación y relaciones sociales de estos infantes se torna más reducido que para un niño oyente.

Una de las explicaciones que sustentaría el porqué hay mayor riesgo en el desarrollo de las funciones cognitivas en términos neuroanatómicos es porque la privación auditiva parece afectar las conexiones entre la corteza temporal y la corteza prefrontal (CPF). Esta última está vinculada con procesos cognitivos complejos como la planeación, resolución de problemas, inhibición y atención. También, hay una profunda relación entre el sentido de la audición y otras funciones que se enmarcan en el tiempo y la secuencialidad, y que son fundamentales para el desarrollo de otras habilidades ejecutivas. Esto es explicable debido a que la corteza prefrontal se encarga de integrar pistas sensoriales mediante acciones cognitivas dentro de una secuencia temporal (Conway *et al.*, 2011). En este sentido, podemos decir que el andamiaje auditivo que subyace a la consolidación de los procesamiento temporal y secuencial serían los componentes centrales de otro dominio cognitivo como la planeación (Conway *et al.*, 2009; Kral *et al.*, 2016).

Por otra parte, el procesamiento temporal se da dentro de una línea de tiempo que permite predecir y anticipar hechos, mientras que el secuencial es el resultado de procesar los estímulos en serie. De estos dos tipos de procesamiento, el sentido fundamental que provee información secuencial es la audición, mientras que la vista procesa los estímulos de manera simultánea atendiendo al principio de la Gestalt (Lacunza *et al.*, 2010). Sin embargo, Hall *et al.* (2018) sugieren que quizá la adquisición de habilidades y aprendizajes implícitos, descritos como aquellos que se adquieren sin intención y que subyacen a otras habilidades, como las sensoriomotoras, dependen en su mayoría de la falta de exposición a patrones naturales del lenguaje y esto provoca una disrupción en la habilidad para detectar patrones. Dicha investigación hace énfasis en que las características temporales, jerárquicas y sociales del lenguaje son más relevantes para el desarrollo del aprendizaje implícito al igual que sus funciones subyacentes, como las habilidades sensoriomotoras en comparación con el sonido *per se*.

La memoria de trabajo, la organización perceptiva o la ejecución de acciones en órdenes específicas tienen una estrecha relación con ambos tipos de procesamiento, que a su vez dan soporte a otras funciones como la comprensión y producción del lenguaje (Arlinger *et al.*, 2009). La memoria de trabajo es un tipo de memoria a corto plazo que permite manipular la información mentalmente, o que no está en el momento presente (Diamond, 2013), lo cual

también se relaciona con la formación de conceptos, es decir, la habilidad de categorizar y diferenciar estímulos basados en sus características particulares (Kral *et al.*, 2016). Si un niño no concreta esta habilidad, esto repercutirá en áreas como la comprensión lingüística y la resolución de problemas, que requiere de razonamiento y pensamiento abstracto. Este panorama refuerza el argumento de que la privación auditiva va más allá de la escucha, puesto que se trata de un sentido que permite identificar y procesar secuencias de acciones.

Otras funciones que parecen estar afectadas en niños Sordos, además de la memoria de trabajo, son el control inhibitorio y la atención (Mason *et al.*, 2021; Pisoni y Cleary, 2003; Horn *et al.*, 2005; Kral *et al.*, 2016; Merabet y Pascual-Leone, 2010; Corina y Singleton, 2009). Sin embargo, no hay un consenso en torno a si el bajo control en la inhibición y la atención son consecuencia directa de la sordera o a causa de la poca sociabilización y el contexto sociocultural y sensorial restringido desde la infancia, o bien se trata de la suma de ambos factores.

En cuanto al control de la atención, se vuelve relevante la función de la atención visual conjunta a partir del seguimiento de la mirada compartida entre cuidador e infante (Corina y Singleton, 2009). Los niños Sordos inmersos en una comunidad oyente adquieren el sistema gestual de sus cuidadores, lo cual les facilita la interacción con sus familiares oyentes, pero esto no representa un sistema lingüístico completo, sino sólo una parte de la comunicación de la lengua oral con la que convive el infante. Además, la comunicación en los primeros años de vida se da a través de señalar objetos cuyo fin es la identificación de elementos presentes. De hecho, las primeras expresiones comunicativas que producen los infantes Sordos implican el uso del índice para señalar objetos a los que se hace referencia. La señalización representa una forma lingüística que depende del contexto de interacción para la comprensión de su significado (Silverstein, 1976). En este sentido, los primeros sustantivos en lenguas de señas anteponen el dedo índice a la seña, incluso cuando las primeras producciones lingüísticas de un niño Sordo sean señas familiares.

En los primeros años de vida de los infantes, la habilidad para seguir los objetos con la mirada representa una entrada al mundo psicológico porque no nada más atienden a las propiedades físicas de un objeto, sino que también siguen la referencia hacia otros elementos presentes en el contexto (Corina y Singleton, 2009). Esto se explica en el sentido de que si un cuidador oyente está con un infante oyente le puede comunicar con la mirada que atienda hacia el objeto/lugar/persona que pretende al tiempo que hace uso de una etiqueta lingüística oral, una seña o una reacción emocional. En este sentido, el niño puede escuchar mientras explora visualmente el escenario. Sin embargo, en el caso de los niños Sordos esto no ocurre, pues necesitan mirar a su cuidador para atender los elementos lingüísticos y aprender acerca del mundo. Siempre que su cuidador haga uso de señas para describir los objetos del entorno, el infante necesitará atender primero al cuidador y después mirar al objeto (Corina y Singleton, 2009). Es decir, el niño Sordo tiene un doble reto perceptual, pues debe dar cuenta de la atención visual hacia su cuidador y luego del objeto al que se le pide atender.

Corina y Singleton (2009) también señalan que alrededor de los 12 y 18 meses, los infantes conceden un estatus especial a los ojos que acompañan al movimiento de cabeza. Este desarrollo de las habilidades de atención visual conjunta servirá de base para otros procesos de socialización en los niños, además de ser sostén para el desarrollo de otras funciones como el control inhibitorio y atencional. Sin embargo, como se había advertido, los cuidadores oyentes de niños Sordos no cuentan con las estrategias necesarias para acompañar este proceso de atención conjunta, lo cual restringe la apropiación del medio al disminuir las oportunidades de desarrollo de manera significativa.

En México, la media para aprender Lengua de Señas Mexicana (LSM) para los Sordos es de alrededor de los 15 años cuando ya se ha pasado por mucho el periodo crítico de adquisición del lenguaje. A pesar de ello, hay evidencia de que en la edad adulta, las personas Sordas muestran habilidades superiores en tareas perceptuales de discriminación visual y atención periférica, quizá porque los recursos atencionales hacia la periferia se adaptan para dirigir la atención hacia objetos fuera del campo visual (Merabet y Pascual-Leone, 2010). Esto podría deberse a que, al final, los individuos Sordos sí logran desarrollar habilidades comunicativas, lo cual ayudaría al establecimiento de habilidades atencionales relacionadas con la visión.

5. DISCUSIÓN

Uno de los rasgos que más resaltan de una persona Sorda es el uso de una LS, lo que conlleva a enfrentarse a uno de los mayores obstáculos en la vida: la comunicación. Para un niño Sordo, no tener la oportunidad de adquirir una lengua de señas desde la primera infancia representa un factor de riesgo que puede ir desde la reconfiguración de áreas cerebrales hasta dificultades para consolidar procesos cognitivos.

Si bien, en personas Sordas se esperaría una reorganización neural que favorezca la visión y la espacialidad, estos procesos de neuroplasticidad no se dan sólo por la privación auditiva, sino que intervienen otros factores como la etiología, la edad en que la persona perdió la audición, la exposición a algún fármaco e incluso el contexto familiar y sociocultural. Es decir, la reorganización se da siempre que las condiciones sean propicias para ello. Lo anterior da cuenta de varias áreas cerebrales que participan en el procesamiento de los diferentes estímulos que son captados a través de los órganos sensoriales y de la intrincada red de regiones corticales y subcorticales que interactúan unas con otras. Por otro lado, también es relevante el procesamiento multisensorial: aunque el sentido de la audición esté comprometido, la apropiación del entorno a través de los sentidos restantes es primordial para el desarrollo cognitivo del infante.

Otro de los factores indispensables en la modulación neural es la adquisición de lenguaje (oral o visogestual), el cual subyace indiscutiblemente a la socialización. Si no se favorecen las condiciones sociales adecuadas para la adquisición de una lengua en infantes Sordos, la reorganización neural se podría ver limitada y, por ende, el desarrollo cognitivo. Sin embargo, se debe considerar que los cuidadores presentan creencias socioculturales que guían las prácticas comunicativas entre ellos y sus hijos, tal y como lo enfatiza Hou (2020), por lo que en la mayoría de las veces serán los mismos cuidadores quienes determinen de manera involuntaria cómo será el proceso de adquisición lingüística.

Desde la perspectiva cognitiva, hacemos énfasis en que el lenguaje debe establecerse dentro de los periodos críticos para su adquisición, particularmente en niños Sordos donde parece haber un ajuste funcional en la corteza auditiva que termina alrededor de los dos años (Sadato *et al.*, 2004). Y, aunque hay cambios reportados más allá de este periodo que sugieren que la compensación puede estar relacionada con estrategias cognitivas que incluyen la incorporación de recursos atencionales mayores que en sus pares oyentes en cuanto a la redirección de la atención a modalidades no auditivas, como la visual, el establecimiento temprano de un sistema comunicativo, no sólo asegura un buen desarrollo en el niño, sino una evolución lingüística y cognitiva.

Como hemos advertido, en el plano interaccional, los estímulos visuales son relevantes para los infantes con sordera. Entre el año y año y medio de edad, la visión de los niños está dirigida a los ojos de sus cuidadores, siendo este el primer índice para la comprensión y apropiación del mundo. A partir de esta edad, los niños Sordos suelen atender todos aquellos elementos del entorno que les son significativos y las señas manuales pueden representar valores semánticos relevantes para el desarrollo de significados.

Idealmente, la adquisición de un idioma para una persona Sorda tendría que basarse en una lengua de modalidad visogestual. En este sentido, el contacto con una lengua de señas contribuirá al desarrollo de estructuras lógicas para la estructuración del pensamiento, la reorganización cerebral y, en el plano lingüístico, que todos aquellos índices y señas se conviertan en significantes^[3] de un sistema articulado, el cual es básico para el pensamiento. Aunado a esto, estudios en intervención temprana resaltan la importancia de que niños Sordos se desarrollen en ambientes donde adquieran estrategias comunicativas a partir de acciones como la imitación, juegos e interacción social. En este sentido, si la adquisición de señas mejora, la cognición también lo hará (Le Roux y Stander, 2020).

ANÁLISIS PROSPECTIVO

Como se ha advertido en este artículo, los Sordos conforman un grupo cultural minoritario con una identidad étnica y lengua propia. Sin embargo, los niños Sordos no suelen estar en contacto con este grupo social, sino hasta que llegan a la adolescencia. Esto conllevaría privación en cuanto a las oportunidades de adquirir una lengua de

modalidad visogestual y tiene implicaciones serias en aquellos procesos y funciones cognitivas cercanas al desarrollo del lenguaje. Por lo tanto, es urgente la necesidad de prospectar escenarios con estrategias que permitan a los Sordos un desarrollo cognitivo, social y emocional pleno desde el primer año de vida, así como favorecer y diseñar planes de acción que prioricen la adquisición temprana y completa de un idioma visogestual.

Lo anterior contempla la conceptualización de la investigación desde un enfoque interdisciplinario y colaborativo con la comunidad de estudio. Por ejemplo, en los avances tecnológicos, tales como el diseño de aplicaciones digitales, diccionarios o traductores electrónicos y otros productos útiles a los Sordos, es necesario replantear e innovar las prácticas de enseñanza-aprendizaje con el fin de que tengan presente el contexto sociocultural de la comunidad Sorda. Es decir, los panoramas planteados deben atender a las características y necesidades particulares de los individuos priorizando sus experiencias y condiciones de vida antes que las ideas preconcebidas acerca de lo que necesitan las personas Sordas. Ya no solamente son necesarios grupos de trabajo de profesionales en diferentes áreas que investiguen un problema, sino que se requiere un enfoque que estudie el intercambio con la propia comunidad para que la investigación e innovación de conocimiento tenga en cuenta los escenarios y realidades individuales que aseguren un cambio significativo y real en la población de estudio.

CONCLUSIONES O RESULTADOS

La revisión presentada da cuenta de los cambios cognitivos y algunos aspectos del neurodesarrollo en niños Sordos mediante investigaciones desde los dominios cognitivos y neuroanatómicos. Un análisis prospectivo muestra que los hitos del desarrollo en infantes Sordos dependen en buena medida de las condiciones individuales y de las oportunidades educativas y socioculturales de cada infante, las cuales no siempre son adecuadas debido a la desinformación en torno a las necesidades de desarrollo lingüístico y cognitivo de esta población. Por lo tanto, resulta urgente la necesidad de implementar condiciones familiares, sociales y educativas que favorezcan el desarrollo lingüístico y cognitivo de los Sordos con el fin de lograr un desarrollo adecuado, pues no siempre cuentan con condiciones ideales de desarrollo.

La visión interdisciplinaria en esta revisión implica la multiplicidad de visiones de diferentes áreas como la pedagogía, la lingüística, la psicología y la biomedicina. Proponemos que este abordaje teórico aporta a la construcción de diferentes puntos de vista en materia práctica, desde la intervención educativa y terapéutica hasta el desarrollo de tecnologías y modelos de aprendizaje que impulsen las áreas de oportunidad de niños Sordos al poner en el foco las necesidades personales, cognitivas y sociales de esta población. Por último, pero no menos importante, planteamos que el compromiso con la comunidad silente y la colaboración con los Sordos siempre será la metodología más valiosa para la investigación transdisciplinaria.

AGRADECIMIENTOS

Hacemos un agradecimiento especial a los árbitros de este artículo quienes dieron su tiempo y recomendaciones para lograr una mejor versión. Además, esta revisión narrativa no se pudo haber realizado sin apoyo del financiamiento del CONACyT gracias a la beca de Estancia Posdoctoral Académica de la primera autora. Asimismo, a la comunidad Sorda que cada día nos revela un poco más acerca de su lengua y su cultura.

REFERENCIAS

- Arlinger, S., Lunner, T., Lyxell, B., & Kathleen Pichora-Fuller, M. (2009). The emergence of cognitive hearing science. *Scandinavian Journal of Psychology*, 50(5), 371-384. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2009.00753.x>
- Bavelier, D., Brozinsky, C., Tomann, A., Mitchell, T., Neville, H., & Liu, G. (2001). Impact of early deafness and early exposure to sign language on the cerebral organization for motion processing. *Journal of Neuroscience*, 21(22), 8931-8942. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.21-22-08931.2001>

- Bavelier, D., Tomann, A., Hutton, C., Mitchell, T., Corina, D., Liu, G., & Neville, H. (2000). Visual attention to the periphery is enhanced in congenitally deaf individuals. *Journal of Neuroscience*, 20(17), RC93. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.20-17-j0001.2000>
- Bosworth, R. G., & Dobkins, K. R. (1999). Left-hemisphere dominance for motion processing in deaf signers. *Psychological Science*, 10(3), 256-262. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00146>
- Caetano, G., & Jousmäki, V. (2006). Evidence of vibrotactile input to human auditory cortex. *Neuroimage*, 29(1), 15-28. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.07.023>
- Cheng, Q., Roth, A., Halgren, E., & Mayberry, R. I. (2019). Effects of early language deprivation on brain connectivity: Language pathways in deaf native and late first-language learners of American Sign Language. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 320. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00320>
- Conway, C. M., Pisoni, D. B., & Kronenberger, W. G. (2009). The importance of sound for cognitive sequencing abilities: The auditory scaffolding hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 18(5), 275-279. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01651.x>
- Conway, C. M., Pisoni, D. B., Anaya, E. M., Karpicke, J., & Henning, S. C. (2011). Implicit sequence learning in deaf children with cochlear implants. *Developmental Science*, 14(1), 69-82. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.00960.x>
- Corina, D., & Singleton, J. (2009). Developmental social cognitive neuroscience: Insights from deafness. *Child Development*, 80(4), 952-967. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01310.x>
- Courtin, C., Hervé P. Y., Petit, L., Zago, L., Vigneau, M., Beaucousin, V., Jobard, G., Mazoyer, B., Mellet, E., Tzourio-Mazoyer N. (2010). The neural correlates of highly iconic structures and topographic discourse in French Sign Language as observed in six hearing native signers. *Brain and Language*, 114(3), 180-192. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2010.05.003>
- Cruz-Aldrete, M. (2019). Niños oyentes de familias sordas: ¿Un bilingüismo silencioso? *Lingüística Mexicana. Nueva Época*, 1(3), 41-62. http://linguisticamexicana-amla.colmex.mx/index.php/Linguistica_mexicana/article/view/363
- Del Olmo, A. (2021, 5 de diciembre). *Y parece que estos inicios son la base "posibilitadora" de ciertos aprendizajes. Antes de echaros las manos a la cabeza.* [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/AaronDelOlmo/status/1467717109719445508>
- Dellamary, L. E. L. (2015). La lengua de señas mexicana, ¿una lengua en riesgo? Contacto bimodal y documentación sociolingüística. *Estudios de Lingüística Aplicada*, 62, 125-152.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Erting, C., & J. Woodward. (1979). Sign Language and the Deaf Community. A Sociolinguistic Profile. *Discourse Processes*, 2(4), pp. 283-300. <https://doi.org/10.1080/01638537909544469>
- Finney, E. M., Clementz, B. A., Hickok, G., & Dobkins, K. R. (2003). Visual stimuli activate auditory cortex in deaf subjects: evidence from MEG. *Neuroreport*, 14(11), 1425-1427. <https://doi.org/10.1097/00001756-200308060-00004>
- Finney, E. M., Fine, I., & Dobkins, K. R. (2001). Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf. *Nature Neuroscience*, 4(12), 1171-1173. <https://doi.org/10.1038/nn763>
- Good, A., Reed, M. J., & Russo, F. A. (2014). Compensatory plasticity in the deaf brain: Effects on perception of music. *Brain Sciences*, 4(4), 560-574. <https://doi.org/10.3390/brainsci4040560>
- Hall, M. L., Eigsti, I. M., Bortfeld, H., & Lillo-Martin, D. (2018). Auditory access, language access, and implicit sequence learning in deaf children. *Developmental Science*, 21(3), e12575.
- Horn, D. L., Davis, R. A., Pisoni, D. B., & Miyamoto, R. T. (2005). Development of visual attention skills in prelingually deaf children who use cochlear implants. *Ear and Hearing*, 26(4), 389.
- Hou, L. (2020). Who signs? Language ideologies about deaf and hearing child signers in one family in Mexico. *Sign Language Studies*, 20(4), 664-690.

- Jambor, E., & Elliott, M. (2005). Self-esteem and coping strategies among deaf students. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 10(1), 63-81. <https://doi.org/10.1093/deafed/eni004>
- Kendon, A. (1997). Gesture. *Annual Review of Anthropology*, 26(1), 109-128. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.26.1.109>
- Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & O'Donoghue, G. M. (2016). Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness: a connectome model. *The Lancet Neurology*, 15(6), 610-621. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)00034-X)
- Lacunza, A. B., Contini, E. N., & Castro Solano, A. (2010). Las habilidades cognitivas en niños preescolares. Un estudio comparativo en contexto de pobreza. *Acta Colombiana de Psicología*, 13(1), 25-34. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-91552010000100003&lng=en&tlng=es.
- Leonard, M. K., Ramirez, N. F., Torres, C., Travis, K. E., Hatrak, M., Mayberry, R. I., & Halgren, E. (2012). Signed words in the congenitally deaf evoke typical late lexicosemantic responses with no early visual responses in left superior temporal cortex. *Journal of Neuroscience*, 32(28), 9700-9705. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1002-12.2012>
- Le Roux, A., & Stander, M. (2021). Early language intervention in deaf children of hearing parents. *Per Linguam*, 37(1), 15-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.5785/37-1-974>
- Levänen, S., & Hamdorf, D. (2001). Feeling vibrations: enhanced tactile sensitivity in congenitally deaf humans. *Neuroscience Letters*, 301(1), 75-77. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)01597-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)01597-X)
- Liddel, S. (1996). El uso del espacio en las lenguas de señas: un marco teórico. *Lengua y Habla*, 1(2), 115-136.
- Lillo-Martin, D., & Henner, J. (2021). Acquisition of sign languages. *Annual Review of Linguistics*, 7, 395. <https://doi.org/10.1146/annurev-linguistics-043020-092357>
- MacSweeney, M., Capek, C. M., Campbell, R., & Woll, B. (2008). The signing brain: the neurobiology of sign language. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 432-440. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.010>
- Mason, K., Marshall, C. R., & Morgan, G. (2021). Executive Function Training for Deaf Children: Impact of a Music Intervention. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 26(4), 490-500. <https://doi.org/10.1093/deafed/enab026>.
- Mayberry, R. I., Davenport, T., Roth, A., & Halgren, E. (2018). Neurolinguistic processing is when the brain matures without language. *Cortex*, 99, 390-403. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.12.011>
- Merabet, L. B., & Pascual-Leone, A. (2010). Neural reorganization following sensory loss: the opportunity of change. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(1), 44-52. <https://doi.org/10.1038/nrn2758>
- Monroy, C., Shafto, C., Castellanos, I., Bergeson, T., & Houston, D. (2019). Visual habituation in deaf and hearing infants. *PLOS ONE*, 14(2), e0209265. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209265>
- Murray, M. M., Lewkowicz, D. J., Amedi, A., & Wallace, M. T. (2016). Multisensory processes: a balancing act across the lifespan. *Trends in Neurosciences*, 39(8), 567-579. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2016.05.003>
- Pérez de la Fuente, O. (2014). Las personas sordas como minoría cultural y lingüística. *Dilemata. Revista Internacional de Éticas Aplicadas*, 6(15), 267-287.
- Pisoni, D. B., & Cleary, M. (2003). Measures of working memory span and verbal rehearsal speed in deaf children after cochlear implantation. *Ear and Hearing*, 24(1), 106S. <https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000051692.05140.8E>
- Que, M., Jiang, X., Yi, C., Gui, P., Jiang, Y., Zhou, Y. D., & Wang, L. (2018). Language and sensory neural plasticity in the superior temporal cortex of the deaf. *Neural Plasticity*. <https://doi.org/10.1155/2018/9456891>
- Ramachandran, V. S. (2012). Lo que el cerebro nos dice. Madrid: Paidós.
- Sadato, N., Yamada, H., Okada, T., Yoshida, M., Hasegawa, T., Matsuki, K., Yonekura, Y. & Itoh, H. (2004). Age-dependent plasticity in the superior temporal sulcus in deaf humans: a functional MRI study. *BMC Neuroscience*. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-5-56>.
- Schlumberger, E., Narbona, J., & Manrique, M. (2004). Non-verbal development of children with deafness with and without cochlear implants. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 46(9), 599-60. <https://doi.org/10.1017/S001216220400101X>

- Sharp, A., Bacon, B. A., & Champoux, F. (2020). Enhanced tactile identification of musical emotion in the deaf. *Experimental Brain Research*, 238(5), 1229-1236. <https://doi.org/10.1007/s00221-020-05789-9>
- Silverstein, M. (1976). Shifters, linguistic categories, and cultural description. *Meaning in Anthropology*, 11-55.
- Trumpp, N. M., & Kiefer, M. (2018). Functional reorganization of the conceptual brain system after deafness in early childhood. *PLOS ONE*, 13(7), e0198894. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198894.g002>

Notas

- [1] La convención de utilizar Sordo con mayúscula implica el reconocimiento de un individuo que pertenece a un grupo social, una cultura y una lengua en común (Erting y Woodward, 1979: 283); en el caso de los Sordos mexicanos se trata de la LSM (Lengua de Señas Mexicana) (Cruz Aldrete, 2019). En este artículo se sigue esta convención, pues consideramos que los niños Sordos son potenciales miembros de una comunidad silente, ya sea que adquieran la lengua desde sus primeros años de vida o en su adolescencia.
- [2] Los autores ubicamos el estudio de este artículo en el contexto mexicano dado que somos usuarios fluidos de la LSM como segundo idioma y tenemos experiencia de más de una década en trabajos colaborativos con Sordos mexicanos.
- [3] Desde una visión saussureana, este concepto es la parte física de un signo lingüístico, mientras que los elementos del entorno se refieren al significado del signo, las partes del habla que denotan los significantes.

CC BY-NC-ND



Procesos de comunicación digital: afectividad, interacción y ética en Tinder

Bon Pereira, María Virginia

Procesos de comunicación digital: afectividad, interacción y ética en Tinder
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e210**
Ciencias Humanas y de la Conducta

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Bon Pereira, M. V. (2023). Procesos de comunicación digital: afectividad, interacción y ética en Tinder. CIENCIA *ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a6>

Procesos de comunicación digital: afectividad, interacción y ética en Tinder

Digital communication processes: Affectivity, interaction and ethics in Tinder

*María Virginia Bon Pereira**

Universidad de Monterrey, México

maría.bon@udem.edu

 <http://orcid.org/0000-0001-7627-6749>

Recepción: 26 de mayo de 2022

Aprobación: 2 de septiembre de 2022

RESUMEN

Se analizan los procesos de socialización afectiva mediados por la tecnología en la aplicación de citas Tinder. La investigación es cualitativa, exploratoria y descriptiva en 200 perfiles y 50 entrevistas semiestructuradas a usuarios de sexo masculino, de 36 a 55 años, residentes en Monterrey (México). Entre los resultados se encuentran tendencias hacia la interacción simultánea e intermitente con múltiples perfiles, la competencia a través del juego y una progresiva socialización para el establecimiento de prácticas de sexo en línea. Se concluye que la aplicación Tinder propicia la comunicación con base en una ética instrumentalista que persuade al usuario hacia la falta de transparencia y de honestidad, así como a la objetivación de los interlocutores y de las relaciones afectivas.

PALABRAS CLAVE: comunicación, aplicaciones de citas, ética, Tinder, redes sociales.

ABSTRACT

The affective socialization processes mediated by technology in the dating application Tinder are analyzed. The research was qualitative, exploratory and descriptive in 200 profiles and 50 semi-structured interviews with male users aged 36 to 55 years, residing in Monterrey (Mexico). Among the results, tendencies were found towards simultaneous and intermittent interaction with multiple profiles, competition through the game and a progressive socialization for the establishment of online sex practices. It is concluded that the Tinder application promotes communication based on an instrumentalist ethic that persuades the user towards a lack of transparency and honesty, as well as the objectification of interlocutors and affective relationships.

KEYWORDS: communication, dating app, ethic, Tinder, social networking.

INTRODUCCIÓN

Con el avance y mediación de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC), las personas están expuestas a múltiples interacciones que conforman vínculos relacionados con sus expectativas individuales, de pareja o como colectivo en el cual se desarrollan (Lozano y Cortés, 2020). La adopción de las TIC, en especial de los teléfonos celulares inteligentes o *smartphones*, suaviza las barreras entre las esferas públicas y privadas debido al acceso masivo y personal a internet y a las redes sociales digitales (Arie y Mesch, 2016; Ramos, 2016; Alvídres y Rojas, 2017). El 75.5% de la población mexicana cuenta con telefonía móvil; de ese grupo, el 92% de la población es usuaria de internet a través de sus teléfonos inteligentes, 92% para entretenerse, 91% para informarse y 91% para comunicarse (INEGI, 2021; IFT, 2021).

Tinder se creó en 2012 y es líder en el mercado de las aplicaciones de citas (*dating apps*). Tiene 75 millones de usuarios en todo el mundo, se utiliza en 190 países y está traducida a 40 idiomas. Los usuarios son en un 60% jóvenes y adultos jóvenes de entre 16 y 34 años, 75% son hombres frente a un 24% de mujeres (Statista, 2022). En México Tinder es la aplicación de citas con más usuarios (86%) que con base en un intuitivo manejo permite acceder a la información de otros usuarios: fotos, descripción, nombre, edad y ubicación geográfica. A partir de un perfil escrito y estético-visual, el usuario puede elegir las características de la persona con la que desea vincularse dependiendo de su intención rela-

*AUTORA PARA CORRESPONDENCIA

maría.bon@udem.edu

cional sexo-erótico-afectiva (Goodcase *et al.* 2018; Dai y Robbins, 2021). Asimismo, Tinder permite al usuario *jugar* con diferentes personalidades mediante la manipulación de su propia imagen en uno o varios perfiles, con los peligros éticos de la no responsabilización que esta práctica conlleva (Kiesler *et al.*, 1984; Walther y D'Addario, 2001; Sánchez y Oviedo, 2005; Han, 2019).

Este artículo tiene como objetivo principal analizar las experiencias en Tinder de hombres de 36 a 55 años a partir de sus percepciones y sus formas de interacción digital con el sexo opuesto. Considerando el incremento en la utilización de las TIC en entornos personales, domésticos, laborales y profesionales, la hipótesis preliminar del estudio radica en que aplicaciones como Tinder podrían contribuir a formas instrumentalistas de comunicación (Taylor y Bodgan, 1984; Hernández *et al.*, 2014). Resultaría problemático, entonces, el encuadre ético discursivo en donde se producen dichas interacciones y el establecimiento de relaciones sexo-erótico-afectivas que conlleven deshonestidad, discriminación, instrumentalismo, injusticia o violencia entre los participantes. Por estos motivos, es relevante investigar los procesos de interacción afectiva en entornos *online* y los aspectos éticos que los enmarcan (Bauman, 2017; Han, 2019).

1. MARCO TEÓRICO

1. 1. Ética y comunicación digital

En la plataforma se evidencian al menos tres formas de comunicación: la interpersonal, la de masas y la autocomunicación de masas que tiene que ver con la interacción en redes sociales digitales (Scolari, 2008; Castells, 2009). A partir del perfil de usuario se construye un discurso donde se muestran gustos e ideologías (Van Dijck, 2016) que posibilitan la aceptación mutua (*match*) y un diálogo para interesar y conocer a la persona (Hefner y Kahn, 2014; Dai y Robbins, 2021). En este sentido, las TIC generan contactos iniciales (*pick-up lines*) que podrían transformarse en presenciales (Hefner y Kahn, 2014), o bien combinarse alternando espacios *en* y *fuera de línea* en un ambiente *online* (Floridi, 2015; Rodríguez y Rodríguez, 2016; Goodcase *et al.*, 2018).

Esta mediación digital que no garantiza lo ético (transparencia, honestidad, verdad) modifica los protocolos y las formas de construir relaciones sexo-erótico-afectivas, lo mismo que las formas de conceptualizar el amor y sus diversas expresiones (Gálvez y Tirado, 2006; Alvídrez y Rojas-Solís, 2017; Beck y Beck-Gernsheim, 2012). En este sentido, los lugares que por tradición habían sido idóneos para encuentros iniciales presenciales entre desconocidos ahora son sitios donde se concreta una conversación que comenzó previamente en el espacio digital (Urresti *et al.*, 2015), y que no siempre es percibida como positiva, pues es común la disconformidad al observar discrepancias entre la imagen discursiva (Fernández, 2013) digital y la presencial.

No obstante, puede hablarse de mercado sexo-erótico-afectivo (Linne, 2020; Carpenter y McEwan, 2016): en tanto el usuario prepara su perfil para aparecer en el catálogo (oferta), y según la cantidad de *matches*, así será la demanda vinculada a la edición de fotos, perfil y parámetros para una mejor *performance* de venta, de la cual obtendría ventajas competitivas sobre los demás del mismo rubro. Estudios previos concluyen que predomina un consumo sexo-erótico-afectivo superficial vinculado a procesos comunicacionales no éticos, no sustentados en el cuidado del *otro* como *persona* humana, los cuales apuestan a la autobjetivación y a la objetivación del *otro* (Nistor y Stanciu, 2017; Han, 2019) y al concepto de *extimidad* (Lacan, 1995; Miller, 2010), que implica el proceso de hacer pública la información íntima con el propósito de incrementar el número de *matches* y lograr encuentros orientados en su mayoría a lo sexual, casual, abierto y sin compromiso (Linne, 2020; Linne y Fernández, 2019; Goodcase *et al.*, 2018; Carpenter y McEwan, 2016; Rodríguez y Rodríguez, 2016; Floridi, 2015).

1. 2. Perfiles y tipos de capital

En Tinder es trascendental la primera impresión, pues cada usuario procura una autopresentación estratégica basada en imágenes que lo favorecen físicamente y una descripción innovadora y creativa que sirva de *enganche*

(Gibbs *et al.*, 2006; Kim y Sundar, 2016; Dai y Robbins, 2021); en un entorno de diversión que invita a la interacción, se presentan a partir de un imaginario (verdadero o no) que corresponde con lo que Ranzini *et al.* (2016) conceptualizan como *yo real* y *yo falso*.

Los usuarios obtienen un aprendizaje con base en las interacciones con sus *matches*, lo cual se diferencia de las formas tradicionales de conseguir citas por la rapidez, la interacción simultánea, la comodidad, el bajo costo económico y el bajo nivel de riesgo (Gómez, 2020), aspectos que parecen moderarse en usuarios adultos y adultos mayores (Russell y Kissick, 2015; Carpenter y McEwan, 2016).

Según estudios previos, los perfiles de los usuarios priorizan ciertos tipos de capital sobre otros: *a*) el capital económico en el cual se muestran bienes materiales o económicos, *b*) el capital cultural que se evidencia en información académica, idiomas, libros o en la posesión de objetos o bienes culturales, *c*) el capital social demostrado en la pertenencia a un grupo, la red de conexiones que pueda movilizar y los capitales de aquellas personas con las que está familiarizado y *d*) el capital simbólico tiene que ver con el prestigio, la legitimidad, la autoridad y el reconocimiento (Bourdieu, 2001).

Se ha desarrollado el concepto de *capital erótico* (Green, 2008; 2013; Hakim; 2010; 2012) para entender las formas de interacción sexo-erótico-afectiva vinculadas a lo socio-económico-cultural. Para Hakim (2012: 9), el capital erótico es una mezcla entre “belleza, atractivo sexual, cuidado de la imagen y aptitudes sociales [...] que hace que determinados hombres y mujeres resulten atractivos para todos los miembros de la sociedad [...]”, que se manifiesta en la corporalidad, la belleza, los atributos físicos y el poder de seducción (Linne y Fernández, 2019).

En este sentido, las aplicaciones de citas parecen contribuir a la desregulación del proceso de formación de parejas a través del *sexting* con cámaras, videos o FaceTime, donde se pone en valor la sexualidad, el erotismo y el romance a partir de la construcción de un perfil *adecuado* a los gustos del usuario y del *consumidor*, que dan lugar a los *campos sexuales* (Illouz, 2007; 2016; 2019; Green, 2013).

2. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

La investigación fue cualitativa, exploratoria y descriptiva de 200 perfiles y 50 entrevistas semiestructuradas de hombres de 36 a 55 años en Tinder, con ubicación geográfica en Monterrey (México). Se determinó el rango de edad por dos razones: *a*) ha sido estudiado el fenómeno de utilización de internet y redes sociales digitales en adolescentes y adultos jóvenes (Linne, 2020; Sepúlveda, 2021; Rocha y Acselrad, 2017; McEwan y Horn, 2016); *b*) se observó un área de oportunidad al estudiar el fenómeno en adultos mayores de 35 años que al mismo tiempo estén en posibilidades de buscar pareja. Se recurrió a la observación participante (Taylor y Bogdan, 1984; Díaz de Rada, 2011; Jociles, 2018) para conocer los procesos de comunicación y su sentido en Tinder mediante la interacción con los usuarios en el contexto previo y posterior a las entrevistas, y también con usuarios que no fueron entrevistados, pero que permitieron conocer de forma práctica el funcionamiento y posibilidades comunicacionales de la plataforma.

La investigación de campo se llevó a cabo durante junio-noviembre de 2021. El principal objetivo consistió en analizar las experiencias de comunicación originadas en Tinder a partir de perfiles, percepciones y formas de interacción de usuarios de la aplicación en Monterrey (México). Para estos fines, las preguntas de investigación fueron las siguientes: *a*) ¿Cómo perciben los usuarios la experiencia de interacción afectiva en Tinder? *b*) ¿Cómo perciben las interacciones en términos de comunicación y ética?

De acuerdo con este contexto, se creó un perfil en Tinder con la finalidad de propiciar la interacción con personas de las características mencionadas, a quienes se les explicitó que se estaba realizando una investigación científica. Se procedió a dar *like* en los primeros 200 perfiles, de los cuales se categorizó el número de fotografías, características y categorías principales correspondientes a los tipos de capital (económico, cultural, social, simbólico y erótico). Se obtuvo la autorización y disponibilidad de 50 personas para aplicar las entrevistas por medio de un cuestionario flexible y semiestructurado de 20 preguntas referentes a aspectos sociodemográficos, percepción de sí mismo, comunicación e interacción, percepción de la aplicación, de sus relaciones románticas y sexoafectivas y también expectativas en torno a las relaciones con el género femenino. Por razones éticas y de seguridad,

se descartaron los perfiles de *a*) personas casadas, *b*) parejas en busca de un tercer integrante y *c*) sin fotografías o con fotografías ajenas a su persona (de artistas, de lugares u objetos como motos, autos, estadios, bebidas). Los nombres de los participantes fueron alterados para respetar su privacidad y anonimato.

En el aspecto metodológico se reconocieron las siguientes limitaciones: *a*) La naturaleza cualitativa de la investigación y la temática sensible, que requirió un esfuerzo de apertura y honestidad de los participantes. *b*) Los usuarios mostraron cierta resistencia para aceptar una entrevista, pues mencionaron motivos asociados a la divulgación de información privada o íntima, temor a la exposición en una investigación científica, así como la inversión de tiempo en un objetivo diferente al que ellos tenían al entrar en Tinder. Debido a estas razones se optó por informar sobre el objetivo y también pedir la autorización en el chat de la aplicación en el entorno del *rappor*t (interacción en la cual se construyen lazos de confianza) (Taylor y Bogdan, 1984) y no utilizar un documento formal de consentimiento informado. *c*) El reducido tamaño de la muestra, junto con la metodología cualitativa, dificultan el tratamiento generalizado de la información y la universalización de los hallazgos científicos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación de campo se desarrolló en torno a categorías como *a*) construcción y autodiseño del perfil de usuario, *b*) interacción *online*, *c*) catálogo y mercado sexo-erótico-afectivo y *d*) el amor y el juego como formas de comunicación, las cuales permitieron la comprensión más amplia de los procesos de comunicación digital *online* en Tinder y las relaciones afectivas que los usuarios establecen con el sexo opuesto. A continuación, se presentan textualmente las respuestas dadas por los participantes a fin de comprender sus experiencias personales en la aplicación a partir de su propia narrativa.

3. 1. Construcción y autodiseño del usuario

Los usuarios se autoconceptualizan y refuerzan su descripción con explicaciones sobre el tipo de persona y el tipo de relación que buscan a partir de perfiles con frases cortas que invitan a la acción o sugieren un desafío, elementos utilizados como *enganche* para obtener *likes*.

Hola... si no solo quieres chatear por este medio... nos vamos a llevar bien... El mundo es de quien se atreve!! (Gustavo, 54). Ando por aquí de paso... Divertirme... Pasarla bien y que pase lo que pase!!! (Esdras, 39). Te apuesto una cerveza a que nos llevaremos bien... (Joshua, 41). En busca de amistades, vivo en Monterrey, México (Luis, 45). En un mundo de hipócritas! Los sinceros somos los malos... (Martín, 50).

Otros perfiles son más descriptivos en cuanto a la información brindada:

Ingeniero industrial, cursando maestría, buscando una relación seria, me gustan TODOS los deportes, el arte, las ciencias, y la diversión sana. Pasatiempo dar clases..., lo demás descúbrelo... (Ricardo, 38). Soy alto (1.83m), con buen sentido del humor y buena plática. Valoro las buenas amistades y reconozco que no todo *match* debe terminar en romance (Emilio, 49). Vivo en Monterrey, busco personas para amistad, me gusta convivir con personas de mi edad... Estoy abierto a relaciones serias en dado caso que se presente la oportunidad de conocer más a la persona... (Carlos, 50). Nuevo en la ciudad, recién desempacando mis cosas. ...Humor negro... Me gusta leer todos los días, fan de la buena ortografía... Un día de estos voy a tomar clases de piano... 'Y cuando despertó, el dinosaurio todavía estaba allí...' Augusto Monterroso. Y pensar que ya leímos un micro cuento juntos tú y yo... (Alejandro, 44).

También se observaron perfiles que priorizan la información académica y el capital cultural del usuario:

Español, inglés y alemán (Daniel, 39). Arquitecto (Darío, 41). Ingeniero mecánico, servicio a la industria, viaje por el noreste de México, soltero. Actividades al aire libre, ambiente relajado, puntual (César, 52). Psicoanalista. Escribo poesía y narrativa. Paso mucho tiempo leyendo y escuchando música (a veces la comparto en mis lugares favoritos en la ciudad como hobbie). Buena ortografía garantizada. Semivegetariano. Ayer es ya otro mundo (Polo, 45).

En el caso de las fotografías que acompañan los perfiles revisados, se priorizan las de rostro y medio cuerpo, lo cual coincide con lo planteado por las investigaciones previas en cuanto al tipo de capital que cada usuario pretende mostrar (Linne y Fernández, 2019; Hakim, 2012). Los perfiles que aluden al capital económico exhiben fotos dentro de aviones, en aeropuertos, en vacaciones o viajes, y una minoría se muestra con objetos valiosos como tecnología, joyas o ropa lujosa. El capital cultural fue el menos representado por los sujetos observados; éste se basa en fotos de museos, teatros, universidades, con libros o en eventos culturales. El capital erótico es el más abundante entre los usuarios, pues a partir de fotografías destacan poses, rasgos, actividades como hacer ejercicio, tatuajes en el cuerpo, musculatura trabajada o figura física, las cuales combinan atractivo físico, belleza y estética (Hakim, 2012; Linne y Fernández, 2019). Es común que los usuarios se autodefinan en términos positivos y exalten cualidades como la atracción, la creatividad o la innovación:

Soy un hombre que sabe lo que quiere. Tranquilo. Vive y deja vivir. Acepta a los demás como son (Gustavo, 54). Inteligente, selectivo, estricto, serio, en algún momento de la vida deportista... He practicado algo de box... tímido y reservado (Julio, 37). Soltero, sin hijos, tranquilo (no antros), transparente... (Ray, 37). Pacífico, activo y relax... Desde hace tiempo me soy muy fiel, así que trato de respetarme mucho... Algo importante, me encanta reír... (Diego, 49).

Pareciera que los usuarios se construyen *para ser objetos de deseo* de la otra persona a través de un *autodiseño* (Linne, 2020) estructurado en un discurso que combina la palabra escrita y las imágenes con la finalidad de tener una relación socio-erótico-afectiva. Esa construcción erótica de sí mismo se forma con base en las autorrepresentaciones y en las representaciones que cada uno piensa que tienen los demás miembros del grupo como *habitus* compartido (Bourdieu, 2001), las cuales se van refinando en la medida en que el usuario *aprende* cómo relacionarse en la plataforma gracias a un proceso cognitivo intencionado bajo la estructura de una racionalidad técnica y práctica y de una ética utilitarista orientadas a la concreción del objetivo de la aplicación, que es tener un creciente número de *matches* (Linne, 2020; Tenenbaum, 2019; Floridi, 2015).

3. 2. Interacciones online

Frente a la pregunta sobre por qué está en la aplicación, los usuarios daban dos tipos de respuestas. La primera orientada a amistades; la segunda, a intercambios sexuales:

Me gustan las buenas amistades y pues si se da algo más... pues.... Mira, no te puedo decir que busco una pareja de vida o que busco una relación seria... Sólo eso se da si las dos personas se conocen, se tratan y llevan buena química... El tiempo lo dice todo, pero si no te das la oportunidad de tratar nunca sales de lo mismo... (Iram, 44). Te voy a ser honesto. Al inicio busqué sexo. Por comentarios de algunas personas, decían que lo habían conseguido y como ya tengo tiempo sin él dije: pues vamos a ver qué sucede... (Carlos M, 43).

Aquí busco tres cosas: primero conocer, segundo sexo... Ahhh son sólo dos cosas... jajajaja (Adrián, 42). Ah, sí... sexo en línea... Ya sé... Digo, está bien que puedas tener calentura o algo por alguien, pero mínimo conócela y si se gustan pues adelante, pero no nomás por tener calentura, algunas personas quieren más cosas... A lo mejor hay mujeres que se ven muy provocativas o en su mismo perfil dicen que buscan algo casual entonces pues ahí sí. Yo soy caliente la verdad. Creo que funciona más eso en los hombres... el tener desesperación, pero también debes ser prudente y saber a quién se lo dices... Te digo, yo soy caliente pero yo no busco eso... (Erick, 39).

Hay algunos usuarios que toman la aplicación con actitud humorística, aunque mencionan la *honestidad* como una característica especial:

Recién hice el perfil, estaba aburrido y lo hice jajaja...Para mí no es problema el estado civil, sólo quiero platicar, conocer a alguien... (Erick, 39). Busco conocer gente. No he salido con nadie aunque sí he platicado con varias... como unas cinco... Me ha ido bien [con las pláticas]. Algunas son divertidas y honestas... (Carlos M, 43).

Otro tipo de usuario tiene sentimientos encontrados, o bien presenta una mirada más crítica al respecto de la aplicación y la influencia en las comunicaciones en línea:

Al final cada quien es lo que es y busca por lo cual entró (Juan, 50). A mí me ha tocado que varias personas son muy superficiales, se extienden en las pláticas, sí. Pero... cada quien es lo que es... y te das cuenta enseguida porque eso no cambia... (Francisco, 40).

En ciertas ocasiones, los usuarios destacan experiencias negativas y poco *éticas* en las interacciones digitales:

Me tocó una chava con una plática muy amena. Mucho tiempo después preguntó por mi estatura (mido 1.65) y según ella no le gustan los chaparros y ahí quedó todo. Desapareció... Realmente patético... Entonces, pues así la cosa. Cada quien es lo que es y lo refleja en la aplicación... (Darío, 41). Sí, me encontré con una persona hace unos poquitos días, pero no resultó porque en vivo no me gustó... Fue muy diferente a sus fotos y, bueno, no resultó... (Darío, 41).

En cuanto al tema de las interacciones mediadas por las tecnologías, algunos usuarios mantienen una postura crítica y otros manifiestan precaución o temor.

La calidad de las interacciones es baja... Seguimos en la superficialidad. Hay otro tipo de valores e intereses... Me he topado mucho aquí con la superficialidad. Son mucho de aparentar y evaden todo... hasta el saludo... jajajaa (Luis, 45). Pretenciosamente buscaba pareja en... Lentamente me di cuenta que Tinder lo convertimos en una porquería... Se convirtió en nido de buscadores de sexo, hombres infieles y mujeres en busca de diversión. Me he encontrado muy buenos amigos ahí [en Tinder], tan perdidos como yo. Yo busco pareja, compañera de vida, amiga, amante, cómplice (Savat, 53). Todos tenemos la esperanza de encontrarnos con alguien que valga la pena... (Lucio, 55).

Los usuarios explican el uso de las redes sociales como una consecuencia de la falta de interacción abierta y honesta en la vida material; es decir, justifican que las redes sociales son un espacio de mayor libertad:

De alguna u otra manera las redes sociales trabajan así... Si hoy te digo que me encanta tu sonrisa, te hago sonreír o te hago el día... Y si te viera caminando y te dijera que me gustas y me encanta tu sonrisa, probablemente te asusto o me acusas a la policía. Tinder te da la oportunidad de decirle a alguien "me gustas" sin asustarla (Roberto, 44).

La noción de interlocutor válido en el sentido ético parece no existir, pues impera una lógica instrumental donde el diálogo puede ser interrumpido a través del *ghosting*, es decir, desaparecer de la conversación en cualquier momento y sin previo aviso. Esta práctica anula toda consideración ética de la persona y del diálogo establecido, ya que quita responsabilidad al emisor de enfrentar la decisión de no continuar y de no explicitar su situación de hablante (Apel, 1998; Habermas, 2000; 2018).

Me ha ido mal [en Tinder], me desagrada mucho la *app*, y todas esas *apps*, pero a esta edad, en estos tiempos, no hay muchas oportunidades de conocer gente... Los *matches* no se convierten en algo más sólido, son conexiones a partir de la imagen, muy efímeras... Entablas una conversación interesante con alguien y al poco tiempo deja de fluir. No te enteras más de la persona y en ocasiones dan *unmatch* y te quedas sin saber qué sucedió... (Polo, 45). Cada mujer es diferente... La interacción con cada una es diferente... Algunas veces pareciera que todo va bien, pero luego resulta que no fue nada... Desaparecen, dejan de hablar... (Richy, 48).

Muchas veces, los usuarios plantean que no entienden las decisiones o conductas de las personas con las que interactúan y eso genera sentimientos encontrados sobre la relación establecida:

Hace tres semanas aproximadamente hicimos *match*. Ya era tarde y estaba con unos amigos tomando, la saludo y me pregunta qué estoy haciendo y me da su número para mejor hablar. Ella estaba sola en su casa tomando, yo me fui a mi casa y ahí estuvimos como dos horas en videollamada. Me la pasé muy bien pero después de eso como que no ha querido armar algo... Y eso me sacó de onda porque nos la pasamos muy bien, nos reímos mucho... (Ricky, 48).

Los usuarios suelen distinguir diferentes tipos de encuentros y diferentes tipos de personalidades que asocian con valores como compromiso, bondad, empatía, atención, expresión, honestidad y practicidad para comunicarse:

Yo te puedo decir que hay de todo ahí, tanto gente buena, gente que quiere sexo, casados y casadas, que buscan *sugar daddy*... Hay de todo, sólo tienes que ser tú y ser selectivo... Luego te vas dando cuenta en las conversaciones... (Ro, 41). Yo creo que bien... La verdad he conocido buenas, malas e insípidas personas... personas razonables sin ganas de pelear... personas que les gusta el choque y el conflicto, personas tercas y metiches, así como personas que respetan y son educadas... (Juan, 43).

El abordaje de esta categoría permitió conocer las múltiples y variadas formas de interacción que los usuarios establecen, las cuales dependen de la experiencia que tengan dentro de la plataforma, la facilidad y apertura para comunicarse, el tiempo que invierten para las conversaciones, al igual que la construcción y tipo de perfil de usuario (discurso escrito y fotografías). No obstante, parece ser escasa la reflexión en torno a los aspectos éticos de encuadre comunicacional con el sexo opuesto, lo cual pudiera ser un área de oportunidad de Tinder, pero también de los usuarios en cuanto a la educación (alfabetización) para utilizar este tipo de aplicaciones digitales.

3. 3. Catálogo y el mercado sexo-erótico-afectivo

Los usuarios tienen la posibilidad de dar *like* o *super like* para expresar la aceptación de comunicación con el otro; sin embargo, algunos de ellos agregan datos personales en su perfil para posibilitar la comunicación independientemente de la plataforma.

No lo pienso mucho... [doy *like* o *super like*] a partir de la impresión general: ¿Hay algo aquí que me resulte atractivo de alguna forma? Al menos como para chatear un rato... Ya si alguien, además de parecerme atractiva, me genera la idea de que podría ser también interesante y creo que podría resultar en algo más parecido a una relación, digamos, que me crea la idea de que hay potencial emocional, pues entonces doy *super like* (Polo, 45).

Los entrevistados reconocen la importancia de las fotografías de cada persona, pues en los aspectos físicos, estéticos y eróticos radica la decisión del *like* y la posterior interacción:

Tinder es visual... O sea que tiene que llamar la atención algo... ya sea ojos, boca, pelo, curvas... todo empieza así, que te llame la atención... y la química se da cuando ya platicas y ves quién es, su vida, sus metas y qué es lo que busca... Hay mucha gente que busca *sugar daddy* y eso no va conmigo... Si veo una sonrisa plena, linda, me derrite... [y doy un *super like*] (Ro, 41). Si la veo sexy y de buen cuerpo le doy *like*... Los *super like* que he dado son porque las veo mucho muy sexosas, muy sexys, muy atractivas y me urge poder contactarlas... (Tony, 48). Mi objetivo es más bien conocer mujeres para salir a pasear, divertirnos y si se da el sexo, ¡muy bien! (Tony, 48).

Aunado a esto, es común que utilicen WhatsApp sin abandonar la aplicación Tinder, donde se suele aceptar abiertamente que se mantienen otras conversaciones simultáneas. Hay usuarios que no buscan necesariamente el encuentro personal, sino más bien un disfrute erótico sexual por vía *streaming* (FaceTime, videos, fotografías íntimas, desnudos, videollamadas, entre otros) para generar el encuentro sexoafectivo en línea de forma sincrónica o asincrónica:

Muchas veces he tenido encuentros sexuales en línea, o bien hablamos por teléfono de esos temas y luego intercambiamos fotos íntimas... Es una forma de tener sexo (Guillermo, 45). Sí, más de una vez... [he tenido intercambios sexuales]... propiciado por ambos, casi siempre... A veces lo provocho... con fotos, videos, *gifs*, videollamadas... Creo que es porque entre ambos predominó el deseo sexual o al menos las ganas. El *sexting* es preámbulo a un encuentro próximo en persona... (Polo, 45). En alguna ocasión sí... propiciado por ambos... Sí está padre [la experiencia de sexo en línea], el detalle es que tiene que ser con mucha confianza... Lo importante es el respeto, la comunicación... Soy de la idea que si yo soy buena persona y estoy en esa plataforma seguro hay alguien bueno para mí ahí... Sólo hay que platicar, poner atención y vas viendo si te gusta lo que ves... (Ro, 41).

Del mismo modo, es aceptada abiertamente la posibilidad de utilizar las tecnologías para diálogos centrados en temas sexuales y eróticos, donde sólo algunos plantean la necesidad de dar un encuadre ético (de honestidad y respeto) a dichos intercambios:

Sí, dos veces, sólo intercambio de fotos. Motivado por la conversación más bien, se va subiendo de tono... pero yo no lo he pedido, ha salido siempre de ellas, a través de WhatsApp... con dos personas me pasó... (Ricky, 48). Cuando estás de acuerdo con la otra persona... pueden seguir conociéndose y hacerse tan cercanos como bañarse juntos usando FaceTime por ejemplo, yo lo he hecho varias veces y me agrada, es una forma de conocerse y de pasarla bien... (José, 48). Sí me han compartido fotos de ese tipo, sexuales o íntimas... y yo en alguna ocasión lo hice... Pero sólo eso... Me gusta... El hombre es más sexual por naturaleza... (Emilio, 49). He pasado la noche junto con otras personas, en diferentes momentos, figurativamente hablando... (Savat, 53).

Hay estudios que plantean que los usuarios desarrollan intimidad, confianza, atracción y afecto en la medida en que interactúan y cuanto más tiempo lo hacen más desarrollan estas emociones con el otro, lo cual hace que quieran permanecer en el encuentro virtual y no llevarlo a un encuentro presencial porque podría implicar la desilusión o, incluso, la desaparición del placer logrado *online* (Parks y Floyd, 1996; Rice y Love, 1987; Alvírez y Rojas, 2017; Utz, 2000).

3. 4. Amor y juego como formas de comunicación

Si bien la aplicación tiene fama de ser para encuentros sexuales casuales:

No he conseguido lo que busco, pero ahí voy... Mira, más bien se lo que NO busco y NO quiero. No busco y no quiero relación seria, compromiso, novia, esposa y todo lo que se le parezca... (Tony, 48). En Tinder conocí a una chica con quien tuve una relación abierta o sea más tipo relación sexual. Estuvimos juntos por un poco más de seis meses después me aburrí y ya no la vi más... (Ro, 41).

También hay usuarios que están enfocados a la continuidad de su vida mediante el encuentro de un nuevo amor, a partir de lo cual se corre el riesgo de que si no se encuentra esa relación seria y de amor, cae en el escepticismo, la desilusión o la ironía.

Sí, busco un *match* en serio... aunque dudo encontrarlo en Tinder... Yo quiero enamorarme de nuevo, experimentar el amor... Si gracias a Tinder puedo hacer una nueva amistad, perfecto. Si me trae algún acostón, pues también... distracción también... pero lo mío es otra cosa... la entrega y todo eso que es tan difícil describir y que creo que sucede pocas veces en la vida... (Polo, 45). Me encantaría encontrar una pareja estable, pero quiero empezar por la amistad... Algunas mujeres interpretan eso como que sólo quiero fiesta y sexo... Tal vez por eso muchas no me contactan de nuevo... (Ricky, 48).

La plataforma Tinder, en cierta medida, alienta al usuario a incrementar las interacciones y el número de *matches* a partir de notificaciones y mensajes sobre la cantidad de gente que ha dado *like* o *super like* en el propio perfil; sin embargo, al parecer para los usuarios investigados, no hay competencia, aunque sí hay un aspecto lúdico que en pocos casos se reconoce abiertamente.

Competir por *matches* no, ni siquiera conmigo mismo... sí jugando un poco, porque no me tomo la *app* muy en serio... La realidad es que ahora lo que abunda en Tinder es chicas que quieren un *sugar daddy* o que venden fotografías de sus pies... El juego puede estar en que a perfiles como éstos puedo darles *like*, así como a chicas que no me interesarían más que para algo pasajero... y ahí soy menos serio y no comparto mucho sobre mí... Si buscan *sugar daddy*, pregunto por el acuerdo que buscan, les sigo la corriente... (Polo, 45). Yo la verdad no... Digo, sí he escuchado amistades que dicen eso... es un catálogo y si lo es, tal cual... pero cualquier red social lo es... (Ro, 41). No... prefiero uno [un *match*] que valga la pena... imagínate tener diez *matches* o 1000 y no hablar... como para qué (Juan, 43).

Hay usuarios que llevan tiempo utilizando Tinder y otras aplicaciones de manera simultánea, y expresan haber aprendido un cierto *habitus* no sólo en los estilos de comunicación, los abordajes discursivos, el perfeccionamiento de su catálogo de fotografías, sino también en el perfeccionamiento del *juego* de obtener más *matches*:

Sí [me he vuelto experto], creo que ahora comienzo mejor las conversaciones, que pongo más de mi parte para conocer a la persona y a veces da resultado esperado... corresponden el saludo y se da una conversación... (Polo, 45). Es difícil [volverte experto], pues cada persona es diferente... Para mí Tinder es una ventana o puerta a conocer gente, ya que a cierta edad ya no socializas igual por el trabajo o las amistades que son más cerradas... (Ro, 41). Sí... un poco... por ejemplo, a que, aun y si en las

fotos se muestran en calzones o completamente desnudas, las trataría como lo que son, como mujeres, con educación y buen trato... ¿Me explico?... Y me ha tocado muchos perfiles así. Me encantan [esos perfiles], a mí me gusta mucho el sexo, ¡A quién no, digo yo!... Si se da una relación sexual y tenemos química, ¡qué bien!, pero si no, no hay problema (Tony, 48).

Algunos usuarios explican con claridad el proceso comunicativo y afectivo en la aplicación; incluso, dan elementos que denotan un estado de ánimo específico frente a las interacciones o la falta de éstas:

Si fluye bien suelo proponer hablar por WhatsApp y con los días se entra en una dinámica de compartir memes, fotos, coquetear, compartir tontería y media, y se va conociendo uno al otro un poco más... eso llevaría a conocernos en persona... He conocido a tres personas... una fue de Tinder, otra de Bumble y otra de Instagram. La de Tinder muy pronto se tornó en algo principalmente sexual (Polo, 45). Sentirme solo y desesperado, triste, me llevó a quedar con quienes he quedado estos meses... Vivo solo... y mi vida social, que no era tanta, ha sido toda virtual ahora... (Juan, 43).

La afectividad sin una ética de la comunicación es una interacción sin *el otro* como interlocutor válido (Habermas, 2018), lo cual conduce a exacerbar la apariencia (Bauman, 2017), la satisfacción inmediata y la ansiedad por pertenecer a un catálogo bajo una lógica del juego y la diversión para *ganar*.

ANÁLISIS PROSPECTIVO

La comunicación digital en aplicaciones como Tinder pareciera desarrollarse en el ámbito de una ética instrumental-hedonista en contraposición a una ética solidaria, discursiva (Habermas, 2018; 2000) y universalista (Kant, 2016). Se trata de una ética que busca la gratificación inmediata en la imagen fotográfica respaldada por un discurso que sugiere la idea de un ser humano que es objeto de deseo porque él mismo se ha objetivado para conseguir una relación a *su medida*.

Sin embargo, es necesario reafirmar que en todo proceso de comunicación se deben explicitar las pretensiones de validez (verdad, justicia, honestidad, respeto, libertad), que son supuestos éticos que subyacen o debieran subyacer en la base de la comunicación. Dichos aspectos éticos, su explicitación, así como su aceptación por parte de los interlocutores, son los que garantizan la validez de la comunicación y contribuyen a la disminución de las injusticias, la discriminación, la violencia y la instrumentalización del proceso discursivo comunicacional.

Los entornos de comunicación digital, las interacciones a través de metaversos y multiversos son propuestas tecnológicas cada vez más reales y sofisticadas. Es necesario, entonces, diseñar *entornos éticos digitales* para las diferentes formas de comunicación humana, espacios de seguridad, de diálogo honesto a través de información real y verídica que ofrezca garantías mínimas a los usuarios. Es importante, además, que las empresas que están detrás de estas aplicaciones digitales generen espacios de educación, de aprendizaje y de alfabetización mediática para usuarios a fin de concientizar en los riesgos de la utilización de las comunicaciones mediadas por las tecnologías.

CONCLUSIONES

La vinculación entre el mundo virtual y el mundo físico ha sido identificada como un desafío (Bilinkis, 2019), pues hay quienes plantean que aplicaciones como Tinder contribuyen a la exacerbación de una individualidad narcisista y egocéntrica en la cual el sujeto es conducido a un vacío existencial que lo aniquila a él y a su entorno relacional (Bauman, 2017; 2013; Sibilia, 2008; Lipovetsky, 2000; Turkle, 2011; Han, 2021). Sin embargo, hay otra perspectiva que plantea la relación virtualidad-realidad como generadora de vínculos sociales que van más allá del mundo *online* u *offline* porque son *onlife* (Palumbo, 2019b; Giddens, 2006; Vilches, 2010), posición que coincide con los hallazgos de esta investigación.

No se trataría, entonces, de confrontación, sino de complementación en las interacciones, aspectos que son estudiados en lo afectivo-sexual (Illouz, 2007; Beck y Beck-Gernsheim, 2012; Kaufmann, 2013), en lo social (Gálvez y Tirado,

2006; Christakis y Fowler, 2009; Bernete, 2013; Alcoceba, 2013) y en el ocio (Robinson, 2011), donde se plantea la virtualización de las relaciones humanas como innovación sociohistórica (Velarde *et al.*, 2015; Velarde y Casas-Mas, 2018), porque implica la gestión de actividades, desde la creación, uso y extensión de las redes sociales digitales en nativos (Goodcase *et al.*, 2018) o en adultos adaptados al medio tecnológico y digital (Nimrod, 2010; Agudo *et al.*, 2012).

En cuanto al objetivo principal del artículo, que consistió en analizar las experiencias de comunicación de los usuarios en Tinder, éste se cumplió, pues se concluye que las relaciones interpersonales pueden convertirse en superficiales, liberadoras y carentes de compromiso, pero a la vez reflejan necesidades afectivas que los usuarios explicitan mediante la aceptación de los términos de *utilización y socialización digital* (Postmes y Baym, 2005), y asumen las reglas de interacción planteadas por la aplicación, pero sin detectar problemas ético-discursivos en la comunicación. Este planteamiento coincide con Palumbo (2019a; 2019b), quien establece que los sujetos auto-diseñan su identidad virtual al elegir vincularse en la medida que observan un *universo compartido*, constituyen al otro y se dejan constituir a partir de la interacción que implica una posición de género o masculinidad hegemónica (Connell y Messerschmidt, 2005; Ardenghi y Orellana, 2017), aspecto que pudiera ser problemático, pues los entrevistados no identifican la necesidad de un marco ético comunicacional.

Se concluye que no sólo conviven los diferentes tipos de *habitus* (Bourdieu, 1987), sino que emerge un *habitus romántico* producto de estas interacciones, por lo que lo sexual o el *sex appeal* se vuelve un capital coincidentemente con otras investigaciones (Hakim, 2012; Green, 2013; Nistor y Stanciu, 2017; Illouz, 2019; Linne, 2020). El usuario se hace competitivo y exitoso al ganar el *juego* de obtener más *matches*, pero al mismo tiempo se da un proceso de comunicación instrumental bajo una ética utilitarista que responde a la relación entre oferta y demanda (Bauman, 2017; Han, 2018, 2019, 2021), posicionándolo como un instrumento útil de satisfacción de necesidades (Nistor y Stanciu, 2017; Haywood, 2018), aspectos que permiten confirmar la hipótesis preliminar del estudio y responden a las preguntas de investigación.

Para finalizar, se reafirma la necesidad de explicitar una ética discursiva para las comunicaciones digitales, en específico en lo que refiere a relaciones interpersonales. Si bien las aplicaciones como Tinder funcionan como una tecnología afectiva (Serrano, 2016), en cuanto es un campo para la expresión de las emociones y un espacio para la constitución y desarrollo de la afectividad humana, se reivindica la necesidad de dar un marco ético explícito a las interacciones comunicacionales, virtuales o no, para brindar mínimos éticos (Cortina, 2010) y contribuir a relaciones más honestas y maduras.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a todas las personas que participaron de manera directa o indirecta en esta investigación; asimismo, a las y los revisores que contribuyeron a mejorar la estructura del artículo.

REFERENCIAS

- Agudo, S., Pascual, M. y Fombona, J. (2012). Usos de las herramientas digitales entre las personas mayores. *Comunicar*, 20(39), 193-201.
- Alcoceba, J. (2013). Juventud, tecnologías de la información y cambio social. Perspectivas y escenarios para la socialización y la participación, en F. Sierra (Coord.), *Ciudadanía, tecnología y cultura. Nodos conceptuales para pensar la nueva mediación digital* (pp.181-210). Gedisa.
- Alvídrez, S. y Rojas-Solís, J. (2017). Los amantes en la época del *smartphone*: aspectos comunicativos y psicológicos relativos al inicio y mantenimiento de la relación romántica. *Global Media Journal México*, 14(27). <https://www.redalyc.org/pdf/687/68753898001.pdf>
- Apel, K. (1998). *Teoría de la verdad y ética del discurso*. Paidós.
- Ardenghi, F. y Orellana, C. (2017). Selfies no Tinder: masculinidades hegemónicas como performance. *Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación*, 135, 143-158.

- Arie, Y., & Mesch, G. S. (2016). The spatial and social network dimensions of mobile communication. *Communication Research*, 43(5), 713-734. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226733883.001.0001>
- Bauman, Z. (2017). *Amor líquido. Acerca de la fragilidad de los vínculos humanos*. Fondo de Cultura Económica.
- Bauman, Z. (2013). *La cultura en el mundo de la modernidad líquida*. Fondo de Cultura Económica.
- Beck, U. y Beck-Gernsheim, E. (2012). *Amor a distancia. Nuevas formas de vida en la era global*. Paidós.
- Bernete, F. (2013). Identidades y mediadores de la ciudadanía digital, en F. Sierra (Coord.) *Ciudadanía, tecnología y cultura. Nodos conceptuales para pensar la nueva mediación digital* (pp. 151-180). Gedisa.
- Bilinkis, S. (2019). *Guía para sobrevivir al presente: atrapados en la era digital*. Editorial Sudamericana.
- Bourdieu, P. (1987). Espacio social y poder simbólico, en P. Bourdieu, *Cosas dichas* (pp. 127-142). Gedisa.
- Bourdieu, P. (2001). Las formas del capital. Capital económico, capital cultural y capital social. *Poder, derecho y clases sociales* (132-164). Desclée de Brouwer.
- Carpenter, J., & McEwan, B. (2016). The players of micro-dating: Individual and gender differences in goal orientations toward micro-dating apps. *First Monday*, 21(5), 1-13. <https://doi.org/10.5210/fm.v21i5.6187>
- Castells, M. (2009). *Comunicación y poder*. Alianza.
- Christakis, N., & Fowler, J. (2009). *Connected. The surprising power of our social networks and how they shape our lives*. Little, Brown & Company.
- Connell, R., & Messerschmidt, J. (2005). Hegemonic Masculinity: Rethinking the Concept. *Gender & Society*, 19(6), 829-859. <https://doi.org/10.1177%2F0891243205278639>
- Cortina, A. (2010). *Ética mínima*. Tecnos.
- Dai, M., & Robbins, R. (2021). Exploring the influences of profile perceptions and different pick-up lines on dating outcomes on tinder: An online experiment. *Computers in Human Behavior*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106667>
- Díaz de Rada, A. (2011). *El taller del etnógrafo. Materiales y herramientas de investigación en etnografía*. UNED.
- Fernández, M. (2013). *El éthos y otras imágenes discursivas construidas por el orador. Una primera reflexión sobre la alteridad en el discurso y su influencia en la construcción de la imagen de sí del orador*. Universidad Nacional de la Plata. <https://n2t.net/ark:/13683/pkaq/dm5>
- Floridi, L. (2015). *The onlife manifesto. Being Human in an Hyperconnected Era*. Springer Open.
- Gálvez, A. y Tirado, F. (2006). *Sociabilidad en pantalla. Un estudio de la interacción en los entornos virtuales*. Barcelona: UOC.
- Gibbs, L., Ellison, B., & Heino, D. (2006). Self-presentation in online personals: The role of anticipated future interaction, self-disclosure, and perceived success in Internet dating. *Communication Research*, 33(2), 152-177. <https://doi.org/10.1177/0093650205285368>
- Giddens, A. (2006). *La transformación de la intimidad. Sexualidad, amor y erotismo en las sociedades modernas*. Cátedra.
- Gómez, N. (2020). Primitivismo digital. Tinder y la cosmología neoliberal en la captura del amor romántico. *Teknokultura*, 17(2), 169-177. <https://doi.org/10.5209/TEKN.68542>
- Goodcase, E., Nalbone, D., Hecker, L., & Latty, Ch. (2018). The role of attachment anxiety and avoidance in communication modality and relationship quality of romantic relationships initiated online. *The American Journal of Family Therapy*, 46(2), 168-183. <https://doi.org/10.1080/01926187.2018.1461032>
- Green, A. (2008). The social organization of desire: The sexual fields approach. *Sociological Theory*, 26(1), 25-50. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1467-9558.2008.00317.x>
- Green, A. (2013). "Erotic capital" and the power of desirability: Why "honey money" is a bad collective strategy for remedying gender. *Sexualities*, 16(137), 137-158. <https://doi.org/10.1177%2F1363460712471109>
- Habermas, J. (2018). *Conciencia moral y acción comunicativa*. Editorial Trotta.
- Habermas, J. (2000). *Aclaraciones a la ética del discurso*. Editorial Trotta.
- Hakim, C. (2012). *Capital erótico: el poder de fascinar a los demás*. Debate.
- Hakim, C. (2010). Erotic capital. *European Sociological Review*, 26(5), 499-518. <https://doi.org/10.1093/esr/jcq014>

- Han, B. (2018). *Hiperculturalidad*. Herder.
- Han, B. (2019). *La sociedad del cansancio*. Herder.
- Han, B. (2021). *No-Cosas. Quiebras del mundo de hoy*. Taurus.
- Haywood, Ch. (2018). *Men, Masculinity and Contemporary Dating*. Palgrave Macmillan.
- Hefner, V., & Kahn, J. (2014). An experiment investigating the links among online dating profile attractiveness, ideal endorsement, and romantic media. *Computers in Human Behavior*, 37, 9-17.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
- IFT (Instituto Federal de Telecomunicaciones) (2021, junio). *En México hay 84.1 millones de usuarios de internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2020. (Comunicado de prensa)*. <http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/en-mexico-hay-841-millones-de-usuarios-de-internet-y-882-millones-de-usuarios-de-telefonos-celulares>
- Illouz, E. (2007). *Cold intimacies. The making of emotional capitalism*. Cambridge: Polity.
- Illouz, E. (2019). *Capitalismo, consumo y autenticidad. Las emociones como mercancía*. Katz.
- Illouz, E. (2016). *Por qué duele el amor. Una explicación sociológica*. Katz.
- INEGI (2021, junio). *En México hay 84.1 millones de usuarios de internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2020*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/Otr-TemEcon/ENDUTIH_2020.pdf
- Jociles, M. (2018). La observación participante en el estudio etnográfico de las prácticas sociales. *Revista Colombiana de Antropología*, 54(1), 121-150. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcan/v54n1/0486-6525-rcan-54-01-00121.pdf>
- Kant, I. (2016). *Fundamentación de la metafísica de las costumbres*. Porrúa.
- Kaufmann, J. (2013). *Sex@mor. Las nuevas claves de los encuentros amorosos*. Pasos Perdidos.
- Kiesler, S., Siegel, J., & McGuire, T. (1984). Social psychological aspects of computer-mediated communication. *American Psychologist*, 39, 1123-1134. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.39.10.1123>
- Kim, K., & Sundar, S. (2016). Mobile persuasion: Can screen size and presentation mode make a difference to trust? *Human Communication Research*, 42(1), 45-70. <https://doi.org/10.1111/hcre.12064>
- Lacan, J. (1995). *El Seminario 7. La ética del psicoanálisis*. Paidós.
- Linne, J. (2020). "No sos vos, es Tinder". Gamificación, consumo, gestión cotidiana y performance en aplicaciones de "levante". *Convergencia*. <https://doi.org/10.29101/crcs.v27i0.13365>
- Linne, J. y Fernández, P. (2019). En búsqueda del *match* perfecto. Perfiles, experiencias y expectativas socioafectivas de jóvenes en torno a Tinder. *Última década*, 27(51). <https://doi.org/10.4067/S0718-22362019000100096>
- Lipovetsky, G. (2000). *La era del vacío. Ensayos sobre el individualismo contemporáneo*. Anagrama.
- Lozano, R. y Cortés, A. (2020). Usos problemáticos de Internet y depresión en adolescentes: Meta-análisis. *Comunicar*, 63, 109-120. <https://doi.org/10.3916/C63-2020-10>
- McEwan, B., & Horn, D. (2016). Ily & can u pick up some milk: Effects of relational maintenance via text messaging on relational satisfaction and closeness in dating partners. *Southern Communication Journal*, 81(3), 168-181. <https://doi.org/10.1080/1041794X.2016.1165728>
- Miller, J. (2010). *Extimidad. Los cursos psicoanalíticos de Jacques-Alain Miller*. Paidós.
- Nimrod, G. (2010). Seniors' online communities: A quantitative content analysis. *The Gerontologist*, 50(3), 382-392. <https://doi.org/10.1093/geront/gnp141>
- Nistor, N., & Stanciu, I. (2017). "Being Sexy" and the labor market: Self-objectification in job search related social networks. *Computers in Human Behavior*, 69, 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.005>
- Palumbo, M. (2019a). Sociabilidad virtual y criterios de selección en mujeres y varones heterosexuales, *Cuadernos Intercambio sobre Centroamérica y el Caribe*, 16(1). <https://doi.org/10.15517/c.a.v16i1.36459>
- Palumbo, M. (2019b). Criterios de selección en mujeres y varones heterosexuales: capital erótico y las expectativas de género. *Sociedade e Cultura*, 22(2). <https://doi.org/10.5216/sec.v22i2.52483>

- Parks, M., & Floyd, K. (1996). Making friends in cyberspace. *Journal of Communication*, 46(1), 80-97. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1996.tb01462.x>
- Postmes, T., & Baym, N. (2005). Intergroup dimensions of the Internet, en J. Harwood y H. Giles (Eds.), *Intergroup communication: Multiple perspectives* (pp. 213-240). New York: Peter Lang.
- Ramos, J. L. (2016, 2 de mayo). *Se dispara 35% la cifra de "smartphones". 24 Horas*. <http://bit.ly/2hfXyIh>
- Ranzini, G., Lutz, C., & Gouderjaan, M. (2016). *Swipe right: An exploration of self-presentation and impression management on Tinder*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Swipe-Right%3A-An-Exploration-of-Self-Presentation-on-Ranzini-Lutz/16eb2c6b6df2bc9e2328e2969be8e2cb780fec59>
- Rice, R., & Love, G. (1987). Electronic emotion: Socio-emotional content in a computer-mediated communication network. *Communication Research*, 14(1), 85-108. <https://doi.org/10.1177/009365087014001005>
- Robinson, J. (2011). IT and leisure time displacement. Convergent evidence over the last 15 years. *Information, Communication & Society*, 14(4), 495-509. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2011.562223>
- Rocha, R., & Acselrad, M. (2017). O amor nos tempos do Tinder: Uma análise dos relacionamentos amorosos na contemporaneidade a partir da compreensão de adultos e jovens adultos. *Estudos e Pesquisas em Psicologia*, 17(1), 161-180. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451855912010>
- Rodríguez, T. y Rodríguez, Z. (2016). El amor y las nuevas tecnologías: experiencias de comunicación y conflicto. *Nueva época*, 25, 15-41. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-252X2016000100002&lng=es&tlng=es
- Russell, S., & Kissick, D. (2015, August 16). Is Tinder really creating a 'Dating Apocalypse'? *The Guardian*. <http://bit.ly/2rgPSYw>
- Sánchez, J. y Oviedo, L. (2005). Amor.com: vínculos de pareja por Internet. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, 7(2), 43-56. <http://bit.ly/2rhBjnJ>
- Scolari, C. (2008). *Hipermediaciones. Elementos para una teoría de la comunicación digital interactiva*. Editorial Gedisa.
- Sepúlveda, R. (2021). *Engagement e conteúdo em vídeos sobre a aplicação de online dating Tinder no YouTube. Palavra Clave*, 24(4), e2446. <https://doi.org/10.5294/pacla.2021.24.4.6>
- Serrano, J. (2016). Internet y emociones: nuevas tendencias en un campo de investigación emergente. *Comunicar*, 46, 19-26. <https://doi.org/10.3916/C46-2016-02>
- Sibilia, P. (2008). *La intimidad como espectáculo*. Fondo de Cultura Económica.
- Statista. (2022). Tinder Revenue and Usage Statistic. *Business of Apps*. <https://www.businessofapps.com/data/tinder-statistics/>
- Taylor, S. y Bodgan, R. (1984). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Paidós.
- Tenembaum, T. (2019). *El fin del amor*. Paidós.
- Turkle, S. (2011). *Alone Together. Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*. Basic Books.
- Urresti, M., Linne, J. y Bacile, D. (2015). *Conexión total: los jóvenes y la experiencia social en la era de la comunicación digital*. Grupo Editor Universitario. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20160909015844/Conexion-total.pdf>
- Utz, S. (2000). Social information processing in MUDs: The development of friendships in virtual worlds. *Journal of Online Behavior*, 1(1). <http://www.behavior.net/JOB/v1n1/utz.html>
- Van Dijck, J. (2016). *La cultura de la conectividad. Una historia crítica de las redes sociales*. Paidós.
- Velarde, O. y Casas-Mas, B. (2018). La virtualización de las comunicaciones interpersonales. *Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación*, 137, 53-70. <https://doi.org/10.16921/chasqui.v0i137.3406>
- Velarde, O., Bernete, F. y Franco, D. (2015). Paradigmas de los efectos de las TIC en la cultura y en el conocimiento. *Revista Latina de Comunicación Social*, 70, 47-380. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2015-1050>

- Vilches, L. (2010). ¿Es posible una estética de las tecnologías de la comunicación, en De Moraes (Ed.), *Mutaciones de lo visible* (pp. 113-136). Paidós.
- Walther, J. y D'Addario, K. (2001). The impact of emoticons on message interpretation in computer-mediated communication. *Social Science Computer Review*, 19, 324-347. <https://doi.org/10.1177/089443930101900307>

CC BY-NC-ND



Physicochemical, functional and flow properties of a coffee husk flour

Rebolledo-Hernández, María Virginia; Cocotle-Ronzón, Yolanda; Hernández-Martínez, Eliseo; Morales-Zarate, Epifanio; Acosta-Domínguez, Laura

Physicochemical, functional and flow properties of a coffee husk flour
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e211**
Ciencias Naturales y Agropecuarias

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Rebolledo-Hernández, M. V., Cocotle-Ronzón, Y., Hernández-Martínez, E., Morales-Zarate, E. & Acosta-Domínguez, L. (2023). Physicochemical, functional and flow properties of a coffee husk flour. CIENCIA *ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a7>

Physicochemical, functional and flow properties of a coffee husk flour

Propiedades fisicoquímicas, funcionales y de flujo de una harina de cáscara de café

María Virginia Rebolledo-Hernández

Universidad Veracruzana, México

viki.mvrh@gmail.com

 <http://orcid.org/0009-0008-8689-9825>

Recepción: 10 de enero de 2022

Aprobación: 26 de mayo de 2022

Yolanda Cocotle-Ronzón

Universidad Veracruzana, México

ycocotle@uv.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-0435-2495>

Eliseo Hernández-Martínez

Universidad Veracruzana, México

elisehernandez@uv.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-8976-6605>

Epifanio Morales-Zarate

Universidad Veracruzana, México

epmorales@uv.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-7148-9235>

*Laura Acosta-Domínguez**

Universidad Veracruzana, México

lacosta@uv.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-3448-8094>

RESUMEN

Se analiza la factibilidad de uso de la harina de cáscara de café en la producción de alimentos mediante la determinación de sus propiedades fisicoquímicas, funcionales y de flujo. Los resultados muestran que la harina de cáscara de café es rica en fibra cruda (13.94 g/100 g s.s.), cenizas (7.86 g/100 g s.s.) y proteínas (8.3 g/100 g s.s.). La harina presentó buena capacidad de hinchamiento (9.72 g/g s.s.), de retención de agua y aceite (2.41 g/g s.s., 1.37 g/g s.s., respectivamente) y de alta solubilidad (44.7%). Por lo tanto, la harina de cáscara de café podría ser usada en la elaboración de productos alimenticios como una fuente de componentes funcionales.

PALABRAS CLAVE: cáscara de café, harina, propiedades funcionales, propiedades de flujo, composición química.

ABSTRACT

It was analyzed the feasibility of using coffee husk flour in food production, through the determination of its physicochemical, functional and flow properties. The results showed that coffee husk flour is rich in crude fiber (13.94 g/100 g d.s.), ash (7.86 g/100 g d.s.) and proteins (8.3 g/100 g d.s.). The flour presented good swelling capacity (9.72 g/g d.s.), oil and water retention capacity (2.41 g/g ds, 1.37 g/g d.s., respectively) and high solubility (44.7%). Therefore, coffee husk flour could be used in the elaboration of food products as a source of functional components.

KEYWORDS: Coffee husk, flour, functional properties, flow properties, chemical composition.

INTRODUCCIÓN

The most commercialized flour is wheat flour, however, in the last decade, studies have been carried out to determine physical-chemical and tecnofunctional properties of different sources for the generation of flours such

*AUTORA PARA CORRESPONDENCIA

lacosta@uv.mx

as tubers, legumes, pseudo-cereals, some fruits and vegetables, among others (Ferreira *et al.*, 2013; Gostin, 2019; Kui *et al.*, 2014). These studies have shown that different raw materials have physicochemical and functional properties that make them attractive and have great potential for the food industry such as high protein and fiber content or good water and oil absorption.

Flour plays an important role in the food industry, as it is the basis to produce various foods such as bread, yeast-free baked goods, pasta, extruded sandwiches, among others. Therefore, understanding and knowledge of the chemical composition, physicochemical and functional properties of flours are essential to determine their viability of use and application in specific food products (Kraithong *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2020).

Among the options for obtaining raw materials for the generation of functional flours, we can find different agro-industrial waste, which in addition to having the potential to generate value-added products, contribute to the reduction of its impact on the environment. For example, coffee is one of the most commercialized products worldwide, however more than 50% of the fruit is discarded and is generally considered as a waste that is discharged without proper treatment, which can become a serious environmental pollution problem, since it increases the oxygen demand for its degradation due to the high amounts of organic matter that they represent (Benitez *et al.*, 2019; Esquivel & Jiménez, 2012; Mussato *et al.*, 2011).

The husk, pulp, parchment, silver husk and ground coffee represent at least 90% of the total waste produced during the coffee production chain (Iriondo-DeHond *et al.*, 2019). The coffee husk is the outer skin with a characteristic hard structure that is obtained by separating the silver skin from the coffee and that is rich in caffeine, tannins, pectin, polyphenols, and carbohydrates, mainly mono and disaccharides (Janissen & Huynh, 2018). Therefore, the production of a flour from the coffee husk may represent a viable way for the use of these residues produced by the coffee industry. In that sense, the objective of this work was to determine the physicochemical, functional and flow properties of a coffee husk flour to analyze its feasibility of use in food production, as well as possible limitations.

1. MATERIALS AND METHODS

Coffee husk flour (CHF) free of agrochemicals was provided by the company Ocelot from Veracruz, Mexico, which was sieved using a mesh size of 250 μm (number 60) and was stored at room temperature in an airtight container for later use. Coffee husk of *Coffea arabica* variety was obtained from parchment during the production of coffee green beans by dry process of coffee fruit.

1. 1. Determination of chemical composition

Physicochemical properties as moisture (925.10), ashes (923.03), proteins (920.87, N x 6.25), crude fiber (978.10), titratable acidity (942.15) and fats (922.06) were determined according to the official methods established by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). Reducing sugars were determined by Miller method.

1. 2. Determination of functional properties

1. 2. 1. Water Holding Capacity (WHC)

The determination of water holding capacity was carried out according to the methodology established by Ateş and Emalci (2018) with modifications. First, 1g of sample was placed in a centrifuge tube and added 10 mL of distilled water; it was vortexed for 2 min at 1 800 rpm and allowed at room temperature for 30 min. Then, it was centrifuged at 3 000 rpm for 25 min, the supernatant was decanted, removing excess water. Water holding capacity was reported as grams of water absorbed per gram of dry sample.

1. 2. 2. Oil Holding Capacity (OHC)

The oil holding capacity was determined following the methodology established by Kraithong *et al.* (2018). 1 g of sample was weighed and mixed with 10 mL of soybean oil; subsequently, it was centrifuged at 4 000 rpm for 20 min, decanted oil and weighed the sample. Values were expressed as grams of oil absorbed per gram of dry sample.

1. 2. 3. Solubility Index (SI) and Swelling Capacity (SC)

The solubility index and the swelling capacity were determined by the methodology established by Zhu & He (2020) with some modifications. A sample of flour (0.15 g) was dissolved in 10 mL of distilled water and placed in a bath at 70 °C for 30 min, stirring periodically, after that, it was cooled at room temperature and was transferred into centrifuge tubes, which were previously weighed, and then it was centrifuged for 30 min at 3 000 rpm at room temperature. The supernatant was decanted into evaporation trays of known weight, and the pellet was weighed. To determine the mass of the dissolved solids in the supernatant, it was placed in an oven at 60 °C for 24 h. The solubility index and swelling capacity were determined using equations 1 and 2.

$$SI (\%) = \frac{W_1}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

$$SC \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{W_s}{\left[W_0 \times \left(1 - \frac{SI}{100} \right) \right]} \quad (2)$$

Where W_1 is the mass of the dry supernatant, W_0 is the mass of the flour; W_s is the mass of the solid material and the remaining gel that adheres to the walls of the centrifuge tube.

1. 2. 4. Hygroscopicity

Hygroscopicity was determined with the method established by Islam *et al.* (2017). A sample (0.25 g) was weighed and placed in a desiccator with a saturated solution of NaCl (75.29% RH). Weighed the sample after one week, and the hygroscopicity was determined as the mass of hygroscopic moisture per 100 g of dry solid.

1. 2. 5. Viscosity

The viscosity of CHF was determined using the methodology established by Li *et al.* (2019) with some modifications. A 13% w/w flour suspension was prepared and placed on the rheometer plate (AR2000ex rheometer, 60 mm parallel plates.) with a 1mm plate spacing. A frequency sweep was performed from 0.1 to 10 Hz at 25 °C and at a constant voltage of 0.2 per cent.

1. 3. Determination of flow properties

1. 3. 1. Apparent density

Apparent density was determined according to FEUM (2014). 1g of sample was weighed and allowed to flow into a 10 ml graduated cylinder, recording the sample volume occupied in mL, the density was calculated with equation 3.

$$\rho_g = \frac{m}{v} \quad (3)$$

Where ρ_a is the apparent density, m is the mass of the flour and v the volume occupied by the flour.

1. 3. 2. Compacted density

The determination of the compacted density was carried out according to FEUM (2014) with some modifications. 1 g of sample was weighed and poured into a 10 mL graduated cylinder, then the “tapping” was carried out, which consisted of raising the cylinder to a height of 10 cm and returning it to the surface, repeating this 250 times, recording the final volume occupied. Finally, compacted density was calculated using equation 4.

$$\rho_c = \frac{m}{v_c} \quad (4)$$

Where ρ_c is the compacted density, m is the mass of the sample and v_c is the compacted volume.

1. 3. 3. Particle density

Particle density is the mass of the solid fraction divided by the volume it occupies, excluding the intergranular spaces (Ambrose *et al.*, 2015). The determination of particle density was carried out as established by Jinapong *et al.* (2008). 1 g of flour was placed in a 10 mL measuring cylinder; subsequently, 5 mL of petroleum ether was added and mixed with 1 mL more of ether to wash the walls of the cylinder. The particle density was determined using equation 5.

$$\rho_{particula} = \frac{\text{weight of sample (g)}}{\text{sample + ether volumen (mL)} - 6} \quad (5)$$

1. 3. 4. Hausner Index (HI)

Hausner index is an indicator of fluidity and determines the degree of cohesiveness of powders. HI values > 1.4 indicate high cohesiveness, values between 1.2 and 1.4 indicate an intermediate cohesiveness and, values < 1.2 indicate low cohesiveness (Islam *et al.*, 2017). Hausner index was calculated using equation 6.

$$HI = \frac{\rho_g}{\rho_c} \quad (6)$$

Where ρ_g is the packed density and ρ_c is the bulk density.

1. 3. 5. Compressibility Index (CI)

Compressibility index or Car index is an indicator of flowability that determines how prone a powder is to be compressed (Ambrose *et al.*, 2015). Compressibility values <15, 15-20, 20-35, 35-45 and >45% represent excellent, good, intermediate, little and very little fluidity, respectively (Islam *et al.*, 2017). The Car index was calculated with equation 7.

$$CI = \frac{\rho_c - \rho_g}{\rho_g} \times 100 \quad (7)$$

Where ρ_g is the packed density and ρ_c is the bulk density.

1. 3. 6. Angle of repose

The angle of repose was determined following the method established by Bian *et al.* (2015) with some modifications. A 30 g sample was taken and sieved to eliminate any possible agglomerations that could form, after that,

a funnel was placed in universal support at a height of 12.5 cm with respect to the base. The sample was allowed to flow through the funnel and the diameter of the cone formed as well as the height was measured. It was used equation 8 to determine the angle of repose.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2h}{d} \quad (8)$$

Where θ is the repose angle, h is the height of the cone formed, d the diameter of the base of the cone.

1. 3. 7. Porosity

Porosity was determined according to Islam *et al.* (2017) and it was calculated using equation 9.

$$\varepsilon = \frac{\rho_p - \rho_c}{\rho_p} \times 100 \quad (9)$$

Where ε is the porosity, ρ_p the density of the particle and ρ_c the compacted density.

1. 4. Statistical analysis

All tests in this study were performed in triplicate and the values were expressed as mean $\pm$ standard deviation (SD).

2. RESULTS AND DISCUSSION

2. 1. Coffee husk flour chemical composition

Table 1 shows the chemical composition of coffee husk flour, where the values of crude fiber, proteins, ash, lipids, moisture content, reducing sugars and acidity are showed. Fiber crude and proteins of CHF were lower with respect to the coffee pulp flour elaborated by Ramirez & Jaramillo (2015) (fiber 18.1% and protein 10.5%); however, protein values were like those of Iriundo-DeHond *et al.* (2019), who reported 8.4% of proteins in coffee husk flour.

TABLE 1
Chemical composition of CHF

Chemical component	Composition (g/100g d.s.)
Moisture content	8.97 $\pm$ 0.05
Proteins	8.30 $\pm$ 0.31
Crude fiber	13.94 $\pm$ 1.97
Ash	7.86 $\pm$ 1.08
Lipids	1.46 $\pm$ 0.01
Reducing sugars	12.39 $\pm$ 0.39
Titrateable acidity (g citric acid)	1.70 $\pm$ 0.073

Fuente: own elaboration.
The data are presented as mean $\pm$ SD ($n = 3$).

Brand *et al.* (2000) reported 6.6 g/100 g d.s. for coffee husk, this value is lower than the determined in this work, which can be due to various factors such as the climate and the type of soil where coffee fruit grows, as well as the processing method used to produce flour.

The moisture content of coffee husk flour was 8.97 g/100 g d.s., this is lower than the value established by the Official Mexican Standard NOM-247-SSA1-2008 (SEGOB, 2009) for wheat flour and other types of cereals (15%), which implies a lower growth of microorganisms and slower development of deterioration reactions. Higher moisture content can cause difficulties during handling and transport in the flour production and storage chain. On the other hand, it can generate undesirable effects such as spoilage due to microbial growth, the formation of agglomerates or caking can be generated and consequently, the quality of the product can be affected (Barbosa-Cánovas & Yan, 2003).

Regarding lipids and ash, the data of coffee husk flour elaborated in this work (1.46 g/100 g d.s. and 7.86 g/100 g d.s., respectively) were close to those of Ramirez & Jaramillo (2015), who reported 1.63% of lipids and 8.2% of ashes for coffee pulp flour. Iriando-DeHond *et al.*, 2019 reported 2.7% of lipids in a coffee husk. The low amount of lipids present in coffee husk flour represent something desirable since it reduces the possibility of undesirable flavors and odors caused by rancidity. However, coffee husk flour had a higher ash content (7.86% w/w) than silver skin (5.36% w/w) and spent coffee (1.30% w/w), which was reported by Ballesteros *et al.* (2014). A higher amount of ash represents a higher mineral content, therefore a major amount of minerals present in the CHF can be consumed. About it, around 50 minerals present in different concentrations have been detected in the coffee fruit (Marino, 2019). Heuzé & Tran (2015) reported the presence of manganese, copper, zinc, calcium, potassium, sodium, phosphorus, and magnesium in the coffee husk, some of these minerals are considered essential.

Coffee husk flour presented a greater amount of protein (8.30 g/100 g s. s.) than the other flours used to replace wheat flour, in this regard, Li *et al.* (2019) reported 0.98 g/100 g for yam flour and Yuksel *et al.* (2022) reported 6.9 g/100 g for corn and potatoes flour. Reducing sugars and titrable acidity present in the coffee flour (12.39 g/100 g d.s. and 1.7 g citric acid/100 g d. s., respectively) were higher than the value for the coffee bean, according to Arya *et al.* (2022). It is known that reducing sugars and acidity are responsible for providing flavor, aroma and color in coffee and can impact the taste and smell of the foods. They can act as indicators of the state of conservation of the flour since they can generate deterioration reactions during storage (Huang *et al.*, 2020). If the acidity values are higher and the reducing sugar are lower, in that case, it can be associated with a possible fermentation which in turn could cause undesirable flavors in the flour. The differences between the composition of the flour analyzed in this work with other flours from similar sources are due to factors such as the species and variety of the fruit, the edaphic and climatic conditions, the treatment to produce the flour as reported by Kui *et al.* (2014).

2. 2. Functional properties

2. 2. 1. Oil holding capacity and water holding capacity

Oil Holding Capacity (OHC) and water holding capacity (WHC) for coffee husk flour are shown in table 2. WHC was 2.41 g water/g d.s., which is very close to WHC of parchment (2.6 mL/g), although it is lower than those for silver skin and spent coffee (5.11 g water/g d.s. and 5.73 g water/g d.s., respectively) reported by Ballesteros *et al.* (2014). Water and oil holding capacity can be defined as the ability of the flour to retain water or oil physically, capillary and hydrodynamically after a centrifuge force is applied. It is known that fiber is associated with the ability to retain water and oil when incorporated to certain foods (Ateş & Emalci, 2018). In this case, fiber is one of the components of the coffee husk and other by-products of coffee (silver skin and spent coffee), so the differences of WHC among the by-products of coffee, can be associated with the composition of each residue. Also, factors such as the content and distribution of polysaccharides in the cell wall affect the hydration properties (Benitez *et al.*, 2019). One of the desirable polysaccharide in the CHF is the coffee mucilage, which can provoke beneficial effects on the body because it is a soluble fiber.

Lipids play an important role regarding the sensory quality of food since they help to improve flavors and obtain softer products, improving palatability. Oil holding capacity can be influenced by factors such as particle size, charge density, as well as the surface availability of the hydrophobic nonpolar side chains of its constituent components, such as some insoluble fibers and, it can be related to the action of capillary forces (Kui *et al.*, 2014; Ballesteros *et al.*, 2014; Benitez *et al.*, 2019). Oil holding capacity of the coffee husk flour was 1.37 g oil/g d. s., this is very close to that reported by Kraithong *et al.* (2018) for Thai organic rice flour (1.11-1.34 g/g), as well as that reported by Kui *et al.* (2014) for black bean flour (1.38 g oil/g). Gouw *et al.* (2017) mentioned that the oil absorption capacity values of some flour fruits and vegetables is less than 2 g oil/g d.s. such as mangoes (0.94 g/g sample), apple (1.48 g oil/g d. s.), blueberry (1.96 g oil/g d. s.) and raspberry (1.13 g oil/g d. s.) (Ferreira *et al.*, 2013; Gouw *et al.*, 2017).

2. 2. 2. Solubility index, swelling capacity and hygroscopicity

As shown in table 2, the solubility index of the coffee husk flour analyzed was 44.77%. The solubility index refers to the solubility of flour in water. This value can be related to the nature of the matter from which it is obtained. The solubility of the flour was higher than that reported for Thai rice flour (2.97-7.05%) (Kraithong *et al.*, 2018) as well as legume flours (19.44 - 29.14 g/100g) (Kui *et al.*, 2014). High solubility values in polysaccharides may be related to the ability to thicken or to form gels (Lovegrove *et al.*, 2017). Some polysaccharides present in the cell wall of plant tissues have charged groups that interact with polar molecules such as water, which can favor their solubility.

TABLE 2
Functional properties of CHF

Parameter	Results
Water Holding Capacity (g water/g d.s.)	2.41 ± 0.05
Oil Holding Capacity (g oil/g d.s.)	1.37 ± 0.01
Solubility Index (%)	44.70 ± 0.96
Swelling Capacity (g/g d.s.)	9.72 ± 0.64
Hygroscopicity (g/100 g d.s.)	16.23 ± 0.18

Fuente: own elaboration.

The data are presented as mean ± SD ($n = 3$).

Iriondo-DeHond *et al.* (2019) carried out a separation and characterization of soluble solids from coffee husk flour, they reported the presence of 5-caffeoylquinic acid, caffeine, antioxidant, flavonoids, and phenolic compounds as well as some water-soluble sugars, so these functional compounds represent part of the fraction of soluble solids of coffee husk, which is beneficial in the food production if this flour is added to these. Also, the high solubility compared to other conventional flours can influence positively the interfacial functional properties (emulsification and foaming), this would be desirable in some bakery products and shakes (Foschia *et al.*, 2017).

The coffee husk flour showed a swelling capacity of 9.72 g/g d. s. (table 2), these values can be due to the fiber content present, since, as it is known, one of the main characteristics of dietary fiber is the ability to swell. Yeh *et al.* (2005) mentioned that the fibers tend to form a hydrophilic matrix, where water is trapped, filling the interstices of the quasicrystalline polysaccharide, and thus causing significant swelling. Swelling capacity of CFH (9.72 g/g d.s.) was higher than that reported for some fruits (mangoes, apple, blueberries, and raspberry) since these were between the range of 1.45 to 6.51 mL/g (Ferreira *et al.*, 2013; Gouw *et al.*, 2017).

The hygroscopicity of coffee husk flour was 16.23 g water/100 g d.s. (table 2), this value is higher than that reported by Islam *et al.* (2017) for orange juice powder, who reported 7.14 g water/100 g d.s. High hygroscopicity of the powders tends to be a problem since the increase in the humidity of these is related to the increase in the cohesiveness, giving rise to the formation of caking and development of others deterioration reactions. Water molecules show an ability to form hydrogen bond networks, as well as ion-dipole interactions, which allow them to establish interactions with other polar molecules. The exposure of hydroxyl groups by the food system allows interaction with water molecules in the environment, showing hygroscopic behavior. This moisture transfer occurs when there is a gradient between the relative humidity (RH) of environment and the water activity of the food. Therefore, optimal storage conditions must be established to guarantee the quality of the product (Acosta-Domínguez *et al.*, 2018).

2. 2. 3. Viscosity

Figure 1 shows the viscosity curve of coffee husk flour in a shear rate range of 0.1 to 10 rps at 25 °C. The behavior of viscosity is a representative curve of pseudoplastic fluids since this is characterized by a decrease in viscosity as the shear rate increases, which is due to the reduction of friction between the layers, similar results had Li *et al.* (2019), who reported a decrease in viscosity with the increase of frequency in yam doughs. The viscosity of the flour suspension presented a viscosity range from 6797 to 171.6 Pa·s at 25 °C in the share rate range from 0.1 to 10 rps. The viscosity of CFH was higher than the viscosity reported by Li & Zhu (2019) for kiwi fruit flour, who reported a maximum viscosity value of 2.6 Pa·s for cold kiwi fruit paste. Also, the viscosity of CFH was higher than the viscosity reported by Li *et al.* (2019) for yam doughs, who reported values from 150 to 10 Pa·s. In this regard, Lovegrove *et al.* (2017) point out that a high concentration of non-starchy polysaccharides increases the viscosity, so the high content of fiber in CFH causes an increase in its viscosity in the treated conditions.

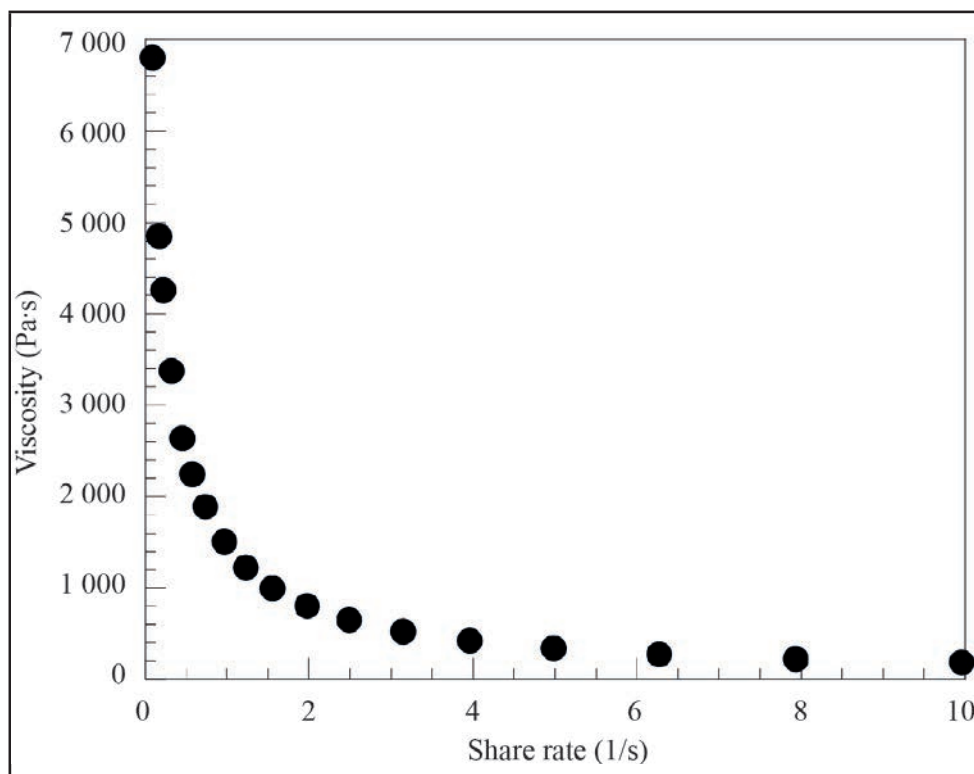


FIGURE 1
Viscosity of CHF at 25 °C
Source: own elaboration.

2. 3. Flow properties

2. 3. 1. Particle size and density

Table 3 shows particle size and density of the coffee husk flour. Particle size of coffee husk flour was $\leq 250 \mu\text{m}$, this value was very similar to that reported for rice flour and parchment. The physical properties, such as the geometry, size and surface characteristics of the individual particles and the type of food system are factors that can affect the flow and functional properties of food powders. Decreasing the particle size causes an increase in the interparticle forces, so the powder becomes more cohesive, hindering its ability to flow (Ambrose *et al.*, 2015), also, decreasing the particle size causes an increase in the contact area between the particles, which can influence functional properties such as CRA and CAA (Ballesteros *et al.*, 2014).

Density is an important physical property to consider during the transport and handling of powders. There are 3 types of densities, which are bulk or apparent density, tapped or compacted density and particle density. Bulk tapped and particle density of coffee husk flour was 0.39 g/mL, 0.56 g/mL, and 1.34g/mL, respectively.

The bulk density of coffee husk flour (0.39 g/mL) was lower than other flours such as rice (0.57-0.73 g/mL), parchment (0.7 g/mL), and wheat (0.553-0.658 g/mL) (Kraithong *et al.*, 2018; Benitez *et al.*, 2019; Bian *et al.*, 2015). Low values in the bulk density may be desirable in the elaboration of products with soft and dense textures (Kraithong *et al.*, 2018).

TABLE 3
Density and particle size of CHF

Parameter	Results
Bulk density (g/mL)	0.39 ± 0.01
Tapped density (g/mL)	0.56 ± 0.00
Particle density (g/mL)	1.34 ± 0.08
Particle size (μm)	≤ 250

Source: own elaboration.

Note: The data are presented as mean $\pm$ SD ($n = 3$).

2. 3. 2. Porosity, angle of repose, compressibility, and Hausner index

During the production chain, the flours can have physical changes such as compaction or agglomerations, which can affect their flow capacity, causing problems during their handling and transport, so, for that reason, it is important the determination of the flow properties, principally. Table 4 shows porosity, angle of repose, compressibility, and Hausner index of coffee husk flour. The relationship between bulk density and compacted density is known as the Hausner index (HI), which was 1.41 for CHF, so this indicates a type of poor flow; on the other hand, the compressibility index (CI) presented a value of 29.3, which suggests an intermediate fluency based on the scale presented by Islam *et al.* (2017). Hygroscopic powders tend to present high HI and CI values (Islam *et al.*, 2017), as HI and CI increase, the powder tends to be more cohesive and therefore its fluidity decrease. Also, a powder is more cohesive, and its compressibility will be higher when the apparent density is lower. The main interparticular forces given in the system that affect the fluidity of the powders are the hydrogen bridges and the

Van der Waals forces (Ambrose *et al.*, 2015). The angle of repose can reflect the friction existing in the sample; the analyzed flour presented an angle of repose value of 33.39°, which means it has an acceptable flow, according to the scale presented by Ambrose *et al.* (2015). Porosity represents the aeration capacity of bulk solids; porosity of the analyzed flour was 54.02%, which may mean that there is a greater possibility of aeration. Small porosity values can mean lower oxygen permeability, which means a lower risk of component oxidation (Islam *et al.*, 2017).

TABLE 4
Flow indicators of CHF

Parameter	Results
Hausner Index	1.41 ± 0.07
Compresibility index (%)	29.30 ± 3.79
Angle of repose (°)	33.39 ± 2.34
Porosity (%)	54.02 ± 1.34

Source: Own elaboration.
Note: The data are presented as mean ± SD (n = 3).

PROSPECTIVE ANALYSIS

The knowledge of chemical composition, functional and flow properties of the flours is very important for the determination of its final application in the food industry. Physicochemical and functional properties are involved in the process, conservation and quality control of the foods product, however all of these properties change when are used or added new ingredients in the food formulations, so it is always necessary to analyze the properties before and after adding the new ingredients. On the other hand, the flow properties can be an indicator of the volume of packaging material, but it is important to highlight that the data shown were used for the preliminary characterization of the flow of coffee flour husk and used as flow indicators, however, for the application in the design of equipment, dynamic study data are required where the powders are brought to conditions simulated processing, handling, and storage (Bian *et al.*, 2015).

CONCLUSIONS

The composition of coffee husk flour represented a great source of crude fiber and protein and showed a high value of ash compared to other fruits flours, therefore, if it is used as an ingredient in new formulations of food products it could show benefits in the people’s diet.

Coffee husk flour has good functional properties such as a higher swelling capacity and viscosity than other types of fruit flours due to its high fiber content, properties that could be used as a thickener in products such as sauces, smoothies, or dressings and also, coffee husk flour could be added in the dough of bakery foods such as cookies, breads, brownies, and products where the formation of a gluten network is not desired. The results of flow properties and the hygroscopicity of coffee husk flour suggest that it is necessary to store it in a low humidity environment to decrease the spoilage reactions and avoid caking of this, as well as use airtight packaging that prevent gas exchange.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors appreciate the contributions made by the evaluators, since they allowed the technical adjustments necessary to achieve the publication.

REFERENCES

- Acosta-Domínguez, L., Alamilla-Beltrán L., Calderón-Domínguez G., Jiménez-Aparicio A.R., Gutiérrez-López G. F., & Azuara-Nieto E. (2018). Determination of total and incipient solubilization point of fructans extracted of a. Tequilana weber var. Azul. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 17(1), 379-388.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis* (17th Edition). Gaithersburg: The Association of Official Analytical Chemists.
- Ambrose, R. P. K., Jan, S., & Siliveru, K. (2015). A review on flow characterization methods for cereal grain-based powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(2), 359-364. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7305>
- Arya, S. S., Venkatram R., More P. R., & Vijayan P. (2022). The wastes of coffee bean processing for utilization in food: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 59, 429-444. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05032-5>
- Ateş, G., & Emalci, Y. (2018). Coffee silver skin as fat replacer in cake formulations and its effect on physical, chemical, and sensory attributes of cakes. *LWT-Food Science and Technology*, 90, 519-525. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.003>
- Ballesteros, L., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2014). Chemical, functional and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. *Food Bioprocess Technology*, 7, 3493-3503. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1349-z>
- Barbosa-Cánovas, G. V., & Yan, H. (2003). Powder characteristics of preprocessed cereal flours. In G. Kaletunç, K. J. Breslauer (Eds.), *Characterization of cereals and flours: Properties, analysis, and applications* (pp. 173-208). Marcel Dekker. Inc.: New York.
- Benitez, V., Rebollo-Hernanz, M., Hernanz, S., Chantres, S., Aguilera, Y., & Martin-Cabrejas, M. A. (2019). Coffee parchment as a new dietary fiber ingredient: Functional and physiological characterization. *Food Research International*, 122, 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.002>
- Bian, Q., Sittipod, S., Garg, A., & Ambrose, R. P. K. (2015). Bulk flow properties of hard and soft wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 63, 88-94. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.03.010>
- Brand, D., Pandey, A., Roussos, S., & Soccol, C. R. (2000). Biological detoxification of coffee husk by filamentous fungi using a solid-state fermentation system. *Enzyme and Microbial Technology*, 27(1-2), 127-133. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(00\)00186-1](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(00)00186-1)
- Esquivel, P., & Jimenez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee by products. *Food Research International*, 46, 488-495. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>
- Ferreira, M.S.L., Santos, M. C. P., Moro, M. A. T., Basto, G. J., Andrade, M. R. S., & Gonçalves, E.C.B.A. (2013). Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 822-830.
- FEUM. (2014). *Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos* (décimo segunda edición). México: Secretaría de Salud.
- Foschia, M., Horstmann, S. W., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2017). Legumes as functional ingredients in gluten-free bakery and pasta products. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8, 75-96. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-030045>
- Gostin, A. I. (2019). Effects of substituting refined wheat flour with whole meal and quinoa flour on the technological and sensory characteristics of salt-reduced breads. *LWT-Food Science and Technology*, 114, 108412. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108412>
- Gouw, V. P., Jung, J., & Zhao, Y. (2017). Functional properties, bioactive compounds and in vitro gastrointestinal digestion, study of dried fruit pomace powders as functional food ingredients. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 136-144. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.015>
- Heuzé, V., & Tran, G. (2020). *Coffee hulls, fruit pulp and by-products*. <https://feedipedia.org/node/549>.

- Huang, X., Fan, Y.i., Lu, T., Kang, J., Pang, X., Han, B., & Chen, J. (2020). Composition and metabolic functions of the microbiome in fermented grain during light-flavor baijiu fermentation. *Microorganisms*, 8(9), 1281. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091281>
- Iriondo-DeHond, A., Aparicio, N., Fernandez-Gomez, B., Guisantes-Batan, E., Velázquez, F., Blanch, G. P., San Andres, M. I., Sánchez-Fortune, S., & Del Castillo, M. D. (2019). Validation of coffee by products as novel foods ingredients. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 51, 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.010>
- Islam, M., Kitamura, Y., Kokawa, M., Monalisa, K., Hsuan, F., & Miyamura, S. (2017). Effects of micro wet milling and vacuum spray drying on the physicochemical and antioxidant properties of orange (Citrus unshiu) juice with pulp powder. *Food and Bioprocess Processing*, 101, 132-144. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.11.002>
- Janissen, B., & Huynh, T. (2018). Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.001>
- Jinapong, N., Suphantharika, M., & Jammong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032>
- Kraithong, S., Lee, S., & Rawdkuen, S. (2018). Physicochemical and functional of Thai organic rice flour. *Journal of Cereal Science*, 79, 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.015>
- Kui, S., Jiang, H., Yu, X., & Lin, J. (2014). Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT-Food Science and Technology*, 55, 308-313. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.06.001>
- Li, D., & Zhu, F. (2019). Physicochemical, functional and nutritional properties of kiwifruit flour. *Food Hydrocolloids*, 92, 250-258. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.047>
- Li, L., Zhang, M., & Bhandari, B. (2019). Influence of drying methods on some physicochemical, functional and pasting properties of chinese yam flour. *LWT- Food Science and Technology*, 111, 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.034>
- Lovegrove, A., Edwards, C. H., De Noni, I., Patel, H., El, S. N., Grassby, T., Zielke, C., Ulmuis, M., Nilsson, L., Butterworth, P. J., Ellis, P. R., & Shewry, P. R. (2017). Role of polysaccharides in food, digestion, and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 237-253. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.939263>
- Marino, D. C. (2019). Minerals. In A. Farah (Ed.). *Coffee: production, quality, and Chemistry* (pp. 505-516). United Kingdom: The Royal Society of Chemistry.
- Mussato, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, composition and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
- SEGOB. (2009). *Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba*. Secretaría de Gobernación.
- Ramirez, V. A., & Jaramillo, L. J. C. (2015). *Process for obtaining honey and/or flour of coffee from the pulp or husk and the mucilage of the coffee bean*. U. S. Patent 14/364, 925.
- Wang, H., Yang, Q., Gao, L., Gong, X., Qu, Y., & Feng, B. (2020). Functional and physicochemical properties of flours and starches from different tuber crops. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148, 324-332. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.146>
- Yeh, H. Y., Suy, N. W., & Lee, M. H. (2005). Chemical compositions and physicochemical properties of the fiber-rich materials prepared from shoyu mash residue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4361-4366. <https://doi.org/10.1021/jf050243g>

- Yuksel, F., Yavuz, B., & Baltaci, C. (2022). Some physicochemical, color, bioactive and sensory properties of a pesil enriched with wheat, corn and potato flours: An optimization study based on simplex lattice mixture design. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 100513. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100513>
- Zhu, F., & He, J. (2020). Physicochemical and functional properties of Maori potato flour. *Food Bioscience*, 33, 100488. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100488>

CC BY-NC-ND



Identificación de las principales enfermedades de la planta del café (*Coffea arabica*) a través de visión artificial

Flores Colorado, Oscar Eder; Cervantes Canales, Jair; García-Lamont, Farid; Ruiz Castilla, José Sergio
Identificación de las principales enfermedades de la planta del café (*Coffea arabica*) a través de visión artificial
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e212**
Ciencias Exactas y Aplicadas
Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Flores Colorado, O. E., Cervantes Canales, J., García-Lamont, F. y Ruiz Castilla, J. S. (2023). Identificación de las principales enfermedades de la planta del café (*Coffea arabica*) a través de visión artificial. CIENCIA *ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a8>

Identificación de las principales enfermedades de la planta del café (*Coffea arabica*) a través de visión artificial

Identification of the main diseases of the coffee plant (*Coffea arabica*) through artificial vision

Oscar Eder Flores Colorado

Centro Universitario UAEMEX-Texcoco, México

flores.eder.93@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-5913-0526>

Recepción: 15 de julio de 2021

Aprobación: 1 de febrero de 2022

Jair Cervantes Canales

Centro Universitario UAEMEX-Texcoco, México

jcervantes@uaemex.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-2012-8151>

Farid García-Lamont

Centro Universitario UAEMEX-Texcoco, México

fgarcial@uaemex.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-9739-3802>

José Sergio Ruiz Castilla

Centro Universitario UAEMEX-Texcoco, México

jsruizc@uaemex.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-7821-4912>

RESUMEN

Se utilizan técnicas de reconocimiento de patrones para identificar hojas sanas y cuatro enfermedades de la planta del café *Coffea arabica*. Las enfermedades son la roya del café, el minador de la hoja, phoma quema y *Cercospora coffeicola*. Para lograrlo, se ocuparon diferentes técnicas de segmentación, entre ellas Otsu, PCA y método de frontera global. Con el fin de obtener el vector de características, las imágenes se procesaron para extraer las características cromáticas, geométricas y textuales. Por último, se implementaron cuatro algoritmos de clasificación entre los que se encuentran *support vector machine*, *random forest*, Naive Bayes y redes neuronales artificiales *backpropagation*. La mejor precisión obtenida es del 83% con segmentación Otsu y clasificación con redes neuronales artificiales *backpropagation*.

PALABRAS CLAVE: reconocimiento de patrones, visión artificial, enfermedades y plagas del café.

ABSTRACT

Pattern recognition techniques in digital images are applied to identify healthy leaves and four important diseases of the coffee plant *Coffea arabica*. The diseases are coffee rust, leaf miner, *Phoma* leaf spot and *Cercospora coffeicola*. To achieve this, different segmentation techniques were used, among them: Otsu, PCA and Global Border Method. To get the features vector, the images were processed to extract the Chromatic, geometric and textural features. Finally, four classification algorithms were implemented, including support vector machine, *random forest*, Naive Bayes and Artificial neural networks backpropagation. The best accuracy obtained is 83% with Otsu segmentation and classification with backpropagation Artificial neural networks.

KEYWORDS: pattern recognition, artificial vision, coffee plant diseases.

*AUTORA PARA CORRESPONDENCIA

flores.eder.93@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La planta del café es un cultivo muy importante en países como Brasil, Colombia y Vietnam. En México, este cultivo representa alrededor de 0.66% del PIB agrícola del país. Se estima que hay alrededor de 500 000 productores que se dedican a la producción de este grano en 15 estados del país con un aproximado de 675 000 ha de superficie plantada (Vichi, 2015), donde Chiapas, Veracruz y Puebla se posicionan como los principales estados productores.

Entre las plagas que más daño producen a los cultivos del café se encuentra la roya del café. Esta plaga redujo entre 30%-50% la producción de este cultivo durante el brote epidémico de la roya del café en 2012 y 2013 en México (Hubert y Torres, 2017). Esta situación trajo consigo diversos problemas en las familias productoras como la emigración y el abandono definitivo de la cafecultura (Henderson, 2019). Otra enfermedad que se estudia en este artículo es el minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) que, en caso de infestación abundante, provoca defoliación en la planta del café (Ramírez y Jiménez, 2021). La phoma quema (*Phyllosticta coffeicola*) es un hongo que provoca manchas necróticas de tamaño variable en la hoja como si se tratara de quemaduras. Los frutos afectados se desprenden de la planta, lo cual repercute en la productividad de la planta (Echandi, 1957). La infección causada por *Cercospora coffeicola* es visible por la presencia de manchas de color marrón en las hojas y frutos de la planta de café; al respecto, se ha reportado que es capaz de disminuir entre 15% y 30% la productividad de una planta y afectar la calidad final del producto (Paula *et al.*, 2019).

Este trabajo pretende aportar información sobre el desempeño de cuatro algoritmos de clasificación: *Random forest*, Naive Bayes, *support vector machine* y redes neuronales artificiales *backpropagation* (ANN por sus siglas en inglés) y, de esta manera, coadyuvar en la labor científica de investigadores en fitopatología para ayudar a mantener la sanidad de los cultivos de café de agricultores y productores. El uso de la visión artificial representa nuevas formas de abordar la problemática de la identificación de enfermedades en las plantas y su uso se ha venido ampliando gracias a la masificación de teléfonos móviles. Entre los principales usos están *a*) la identificación de diferentes especies y tipos de hojas de plantas, es decir, hojas de diferentes cultivos (Sampallo, 2003), *b*) la clasificación de enfermedades en diferentes cultivos, esto es, identificar la presencia de lesiones en las hojas (Barbedo, 2019) y *c*) la estimación de la severidad o cuantificación del daño provocado por enfermedades en hojas y frutos, dicho de otro modo, el porcentaje de la hoja afectada por alguna enfermedad (Manso *et al.*, 2019). Como se aprecia, la visión artificial puede aprovecharse con diferentes propósitos en la agricultura y pretende ser una herramienta de soporte para investigadores y agricultores para obtener un diagnóstico más confiable y preciso a la hora de identificar, clasificar y cuantificar diferentes plagas y enfermedades del café. El objetivo que se persigue es actuar de manera más oportuna para minimizar los impactos de cada enfermedad evitando la dispersión regional de plagas y enfermedades de la planta del café.

Entre los algoritmos de clasificación de enfermedades en plantas más aplicados se encuentran las SVM, ANN, clasificadores bayesianos, árboles de decisión (*Decision Trees*, en inglés) y clasificadores del vecino más cercano (KNN por sus siglas en inglés). De los primeros trabajos de visión artificial aplicados a la planta del café está el de Price *et al.* (1993), quienes tomaron fotografías en Papúa Nueva Guinea de hojas de café dañadas por la roya del café. Se compararon tres formas de medición: *a*) estimación visual, *b*) medición con planímetro^[1] y *c*) análisis digital de imágenes donde se binarizaron las imágenes para entonces producir mediciones lineales y axiales de las lesiones conectadas. Los resultados mostraron que las estimaciones con el análisis digital de imágenes se aproximaron en mayor medida a las mediciones con el planímetro cuando el área afectada es >20% y con un mayor número de imágenes (en buenas condiciones de captura) el modelo podría entregar hasta una $R^2 = 93\%$, lo cual demuestra el buen desempeño del sistema de análisis desarrollado por los autores (Gavhale *et al.*, 2014). Trabajaron en la identificación de enfermedades de las plantas de los cítricos que incluyen toronja, limón, lima y naranjas atacadas por el cancro y antracnosis. El modelo propuesto incluye como preprocesamiento la conversión de RGB a diferentes espacios de color, la segmentación se hizo con agrupamiento por *K-means* y se extrajeron características texturales de Haralick y características de color. Los resultados muestran una tasa del 95% de precisión con SVM (Bhange y Hingoliwala, 2015). Subiendo imágenes a un sistema *web* para extraer características, como el color, morfología y el vector de coherencia de color, estos autores experimentaron con cámaras de 10, 5 y 3 megapíxeles para averiguar si una granada está infectada o no.

Obtuvieron una precisión de 85% con SVM para imágenes de 10 megapíxeles, 82% para las de 5 megapíxeles y 79% para las de 3 megapíxeles. Entre los autores que han trabajado con los algoritmos de clasificación SVM se encuentran Qin *et al.* (2016), quienes intentaron diagnosticar y clasificar cuatro enfermedades de la alfalfa, además extrajeron 129 características texturales, cromáticas y geométricas. Compararon los algoritmos SVM, KNN y bosque aleatorio. El que mejor resultados obtuvo fue el algoritmo SVM con 94.74% de exactitud. También, en ese mismo año, Mengistu *et al.* (2016) publicaron un trabajo donde identifican tres enfermedades del café por medio de los algoritmos de redes neuronales artificiales, vecino más cercano, Naive Bayes y un híbrido de mapa autoorganizable y función de base radial. El conjunto de datos utilizado consta de 9 100 datos de los cuales el 70% sirvió para entrenamiento y el resto para *testing*. Los resultados de precisión entregados por los algoritmos fueron de 58.16% para el clasificador del vecino más cercano; para las redes neuronales, 79.04%; para Naive Bayes, 53.47%; para híbrido de mapa autoorganizable y función de base radial, 90.07%. Otro trabajo interesante es el de Esgario *et al.* (2020), quienes clasificaron la severidad de las hojas del café afectadas por cuatro enfermedades (roya del café, minador de la hoja, phoma quema y cercospora) por medio de *deep learning* y utilizaron diferentes arquitecturas de redes neuronales convolucionales. AlexNet tuvo 61 millones de parámetros y 8 capas; GoogleNet; 6.9 millones de parámetros y 22 capas; VGG19, 138 millones de parámetros y 19 capas; por último, ResNet50, 25 millones de parámetros con 50 capas. Encontraron que ResNet50 (Multi-task) con 95.24% de exactitud, 95.29% de precisión y 91.14% de sensibilidad fue la que mejores resultados entregó para la clasificación de enfermedades y para el cálculo de la severidad de las enfermedades fue VGG16, con 86.51% de exactitud, 82.49% de precisión y 80.89% de sensibilidad. Montalbo y Hernández (2020) identificaron tres enfermedades del café gracias a redes neuronales convolucionales con el modelo VGG16. Para entrenar este modelo se valieron de un conjunto de datos de 3 958 imágenes de hojas de café con diferentes enfermedades y para la validación, un 20% del conjunto de datos total. Como es usual en este tipo de arquitecturas, el modelo VGG16 consume mucho tiempo para ser entrenado, pero consigue obtener resultados de hasta el 100%. En la actualidad, la visión artificial no sólo se aplica en el ámbito agronómico para detectar enfermedades sino también es posible detectar deficiencias nutrimentales de las plantas a través del análisis de las hojas. Lewis y Espineli (2020) implementaron un dispositivo que con ayuda de una Raspberry Pi 4 ofrece un diagnóstico de las deficiencias nutrimentales de la planta del café como falta de fósforo, nitrógeno, calcio, potasio, zinc, entre otros. El algoritmo que eligieron es una red neuronal convolucional que obtiene una exactitud general de 91.49%. La exactitud más alta alcanzada es al detectar deficiencias de fósforo con 93%, mientras que la exactitud más baja es al detectar deficiencias de potasio con 90%. Yebasse *et al.* (2021) clasifican hojas enfermas y hojas sanas gracias al método llamado *enfoque guiado* (*Guided Approach*), que es una serie de pasos que incluyen la eliminación de ruido, la segmentación del área de interés y la clasificación con el algoritmo Naive Bayes de donde se obtiene 71% con 4 ciclos y hasta 98% con 14 ciclos. Los resultados de este método los compararon con los del algoritmo Naive Bayes sin el preprocesamiento del enfoque guiado que fueron de máximo 75% en ciclo 14. Esto comprueba la efectividad de su método para mejorar la clasificación de enfermedades del café.

En este trabajo se realizó la identificación de hojas sanas de la planta de café y de cuatro enfermedades diferentes del café: la roya del café, el minador de la hoja del café, la phoma quema y la mancha de hierro. Se segmentaron las regiones de interés con diferentes métodos como PCA (*Principal Component Analysis* en inglés) (Hotelling, 1933), el método Otsu (1979) y el método de frontera global. También, se extrajeron características texturales, geométricas y cromáticas. De acuerdo con los resultados obtenidos, la propuesta presentada en este trabajo es competitiva, ya que se obtuvieron porcentajes de hasta el 83% de precisión.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se describe cada uno de los pasos de la metodología, cómo se constituyó el conjunto de datos, el preprocesamiento de las imágenes, las técnicas de segmentación empleadas, los tipos de características obtenidas y los parámetros usados para la optimización de los algoritmos de clasificación de este estudio.

La figura 1 ilustra el flujo de la metodología utilizada.

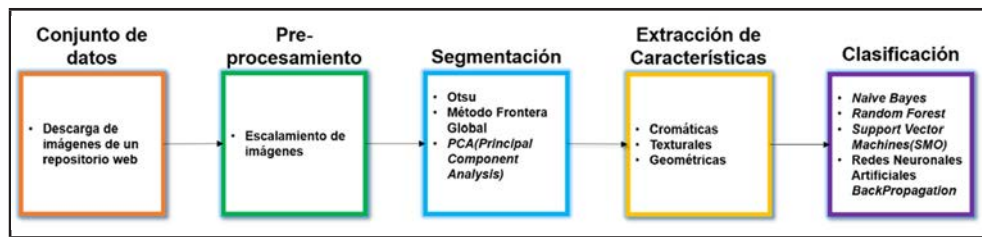


FIGURA 1

Pasos de la metodología propuesta

Fuente: elaboración propia.

1. 1. Características del conjunto de datos

El conjunto de datos empleado para este trabajo se obtuvo de Mendeley Data.^[2] Los autores lo nombraron “Bracol - *A brazilian Arabica Coffee Leaf images dataset to identification and quantification of coffee diseases and pests*” (Krohling *et al.*, 2019). A partir de imágenes que se tomaron de cultivos de café en Santa Maria de Marechal Floreano en Brasil, este trabajo contiene imágenes de hojas sanas y de cuatro enfermedades comunes en la planta del café de la especie *Coffea arabica*, especie que cuenta con amplia distribución en México.

Las fotos fueron tomadas con teléfonos de la marca ASUS Zenfone 2, Xiaomi Redmi 5A, Xiaomi S2, Galaxy S8, and iPhone 6S. Todas las hojas están etiquetadas con la enfermedad y la severidad de la enfermedad a la que pertenecen. Las imágenes tienen una resolución de 2 048 píxeles de ancho $\times$ 1 024 píxeles de alto.

Para el propósito de esta investigación se crearon cinco clases; la hoja sana y las hojas enfermas con alguna de las cuatro enfermedades sin importar la intensidad de su severidad, esto es, la incidencia de alguna enfermedad. Del total de las imágenes del conjunto de datos original, se hizo una preselección para obtener las más representativas de cada clase o enfermedad. Cabe destacar que en cada hoja se presenta una sola enfermedad, por lo que esta investigación se limita a reconocer una enfermedad por hoja; la detección múltiple de enfermedades está fuera del alcance de este trabajo debido a la complejidad para el sistema de detectar la enfermedad predominante. La figura 2 presenta las imágenes de las diferentes clases del conjunto de datos y la cantidad de imágenes por cada clase.



FIGURA 2

Imágenes de las clases del conjunto de datos

Fuente: elaboración propia.

Se utilizaron 739 fotos para este trabajo. Cabe mencionar que el conjunto de datos aplicado presenta un desbalance de datos, en consecuencia, el número de imágenes de hojas no es el mismo para todas las clases. Cabe remarcar que estas imágenes se tomaron en un ambiente controlado, puesto que las hojas de café fueron cortadas y puestas sobre un fondo blanco con el fin de diferenciar mejor la región de interés del fondo y eliminar el ruido de otro tipo de vegetación presente en la plantación de café.

1. 2. Preprocesamiento

Por medio de MatLab R2017B, se redujeron las imágenes a un tamaño de 410 píxeles de ancho $\times$ 205 píxeles de alto, que representa sólo el 20% de su tamaño original. Al reducir el tamaño de las imágenes, la pérdida de información para la extracción de características fue mínima, por lo que ese proceso se hace en menor tiempo.

1. 3. Segmentación

La segmentación es el proceso donde se busca separar una región de interés (ROI por sus siglas en inglés) de su fondo con el objetivo de aprovechar y mejorar el análisis sobre el área que interesa. Las técnicas que se utilizaron para este trabajo fueron análisis de componentes principales PCA, método de frontera global y Otsu, de las cuales esta última fue la que mejor resultados generó, ya que el sistema de reconocimiento de patrones se enfoca únicamente en la región de interés que se determina por su contorno y propiedades que se usarán en el siguiente paso de la metodología, que es la extracción de características.

En la figura 3 se muestran hojas afectadas por las cuatro diferentes enfermedades del café. Cada hoja se segmentó por tres métodos diferentes. Se puede observar que el método de frontera global tiene problemas para segmentar algunas hojas. Otsu y PCA, por su parte, obtienen muy buenos resultados, pero el hecho de que algunas imágenes contengan sombras derivadas de los ángulos y hora del día en que se tomaron las fotos hacen que estas sombras confundan a los algoritmos de segmentación implementados y terminan por segmentar esas pequeñas áreas como si fueran parte de la hoja. No obstante, los algoritmos de segmentación toman el área más grande segmentada, que en este caso es el área de la hoja, e ignoran las sombras aisladas e irrelevantes. Los resultados entregados por el algoritmo Otsu fueron mejores que los del algoritmo que utiliza PCA, por lo que se seleccionó Otsu para segmentar todas las imágenes.

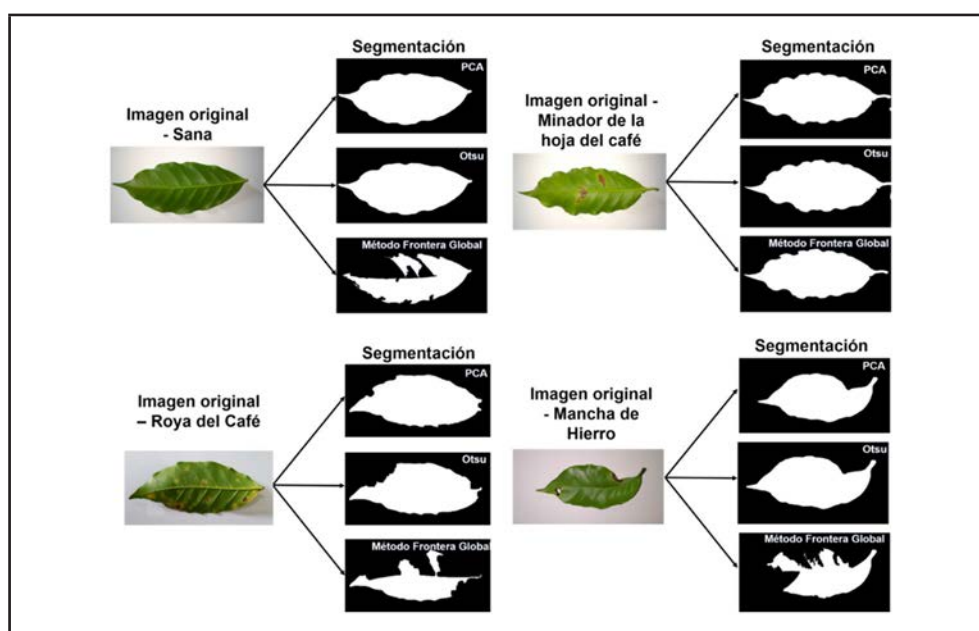


FIGURA 3

Diferentes técnicas de segmentación aplicadas a las hojas de café

Fuente: elaboración propia.

1. 4. Extracción de características

La extracción de características es una de las tareas determinantes en el procesamiento digital de imágenes. En este paso se obtienen las formas, colores, y relieves ocasionados por los síntomas de las plagas y enfermedades en las hojas del café. Este proceso genera vectores de características que sirven como parámetros para los algoritmos de clasificación. El total de las características geométricas es de 78, para las características cromáticas es de 273 y para las texturales 84 características, que da como resultado un vector de 436 características por cada imagen cuando se combinan todos los tipos de características para procesar por los algoritmos de clasificación en Weka 3.8. Lo anterior se aprecia en la figura 4.

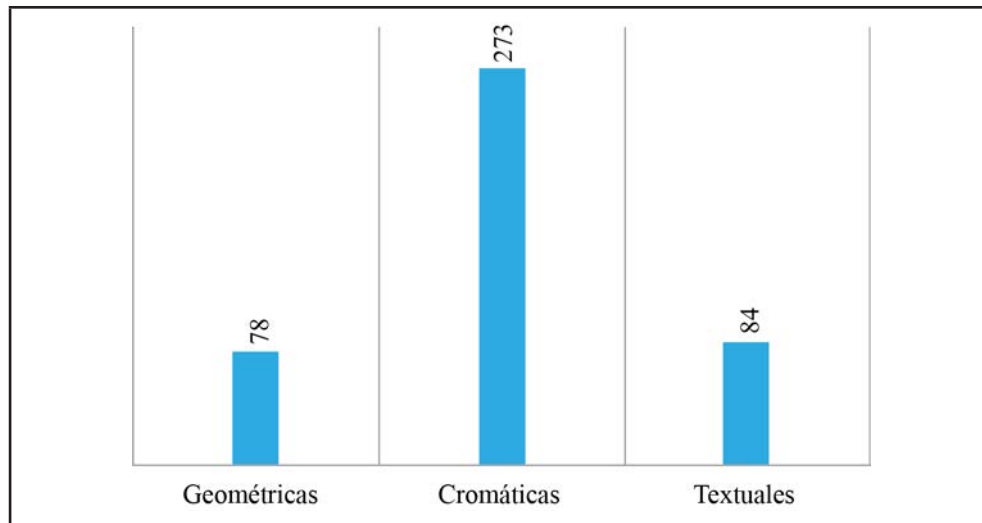


FIGURA 4

Cantidad de atributos por tipo de características

Fuente: elaboración propia.

1. 5. Características geométricas

Para el cálculo de características geométricas se utilizaron características geométricas básicas como altura, ancho, área, perímetro, redondez, diámetro equivalente, número de Euler, excentricidad, centro de gravedad, rectangularidad, factor de Danielson, área convexa y área rellena, entre otros, además de momentos geométricos como los momentos centrales, que son funciones que ayudan a reconocer una imagen dentro de un eje de coordenadas independientemente de su transformación geométrica como la traslación, escalado y rotación. De igual manera, se extrajeron los momentos de Hu (1962), que consisten en siete momentos que ayudan también a precisar si una hoja es la misma sin importar su orientación, localización o tamaño.

Se utilizaron los primeros ocho descriptores de Fourier para el cálculo del contorno de la hoja, así como también descriptores de Flusser, los cuales permiten saber sobre la difuminación de la imagen (Flusser *et al.*, 2009). Los momentos de Hu pueden ayudar a diferenciar una hoja de otra en cuestión de forma, pero si son hojas muy similares los momentos de hu geométricos, no serán suficientes para discriminar las hojas y se tendrán que utilizar otro tipo de características. Los momentos de Hu se obtienen con las siguientes fórmulas:

$$\phi_1 = \mu_{20} + \mu_{02} \quad (1)$$

$$\phi_2 = (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4(\mu_{11})^2 \quad (2)$$

$$\phi_3 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})^2 + (\mu_{03} - 3\mu_{21})^2 \quad (3)$$

$$\phi_4 = (\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{03} + \mu_{21})^2 \quad (4)$$

$$\phi_5 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12})((\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2) + (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{21} + \mu_{03}) \quad (5)$$

$$(3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{03} + \mu_{21})^2)$$

$$\phi_6 = (\mu_{20} - \mu_{02})((\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2) + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03}) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \emptyset 7 = & (3\mu_{21} - \mu_{03}) (\mu_{30} + \mu_{12}) ((\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2) + (\mu_{30} - 3\mu_{12}) (\mu_{21} + \mu_{03}) \\ & (3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{03} + \mu_{21})^2) \end{aligned} \quad (7)$$

Una descripción más detallada de los siete momentos de Hu está disponible en Hu (1962). La figura 5 presenta algunas de las características geométricas obtenidas, así como los momentos de Hu geométricos.

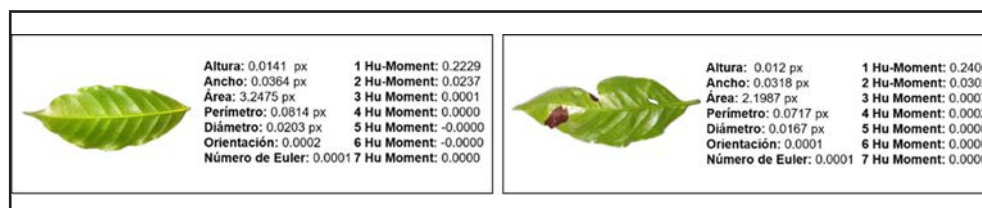


FIGURA 5

Comparación de características geométricas de dos hojas: una hoja sana y otra afectada por phoma quema

Fuente: elaboración propia.

1. 6. Características cromáticas

Las características cromáticas permiten saber información sobre la intensidad del color en una región de interés y son una de las características que más información proveen. En este caso se utilizó el espacio de color RGB, que son los tres colores primarios rojo, verde y azul, y también una máscara de 5 x 5 para obtener el contraste, lo cual permite obtener la diferencia entre el tono más negro y el tono más claro de la imagen. En la figura 6 se observan algunas de las características cromáticas obtenidas.

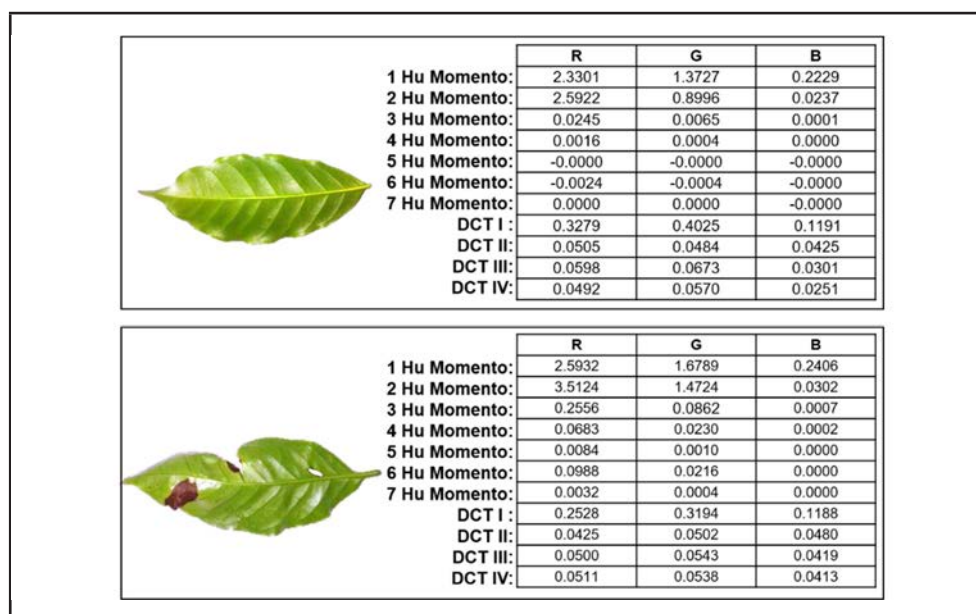


FIGURA 6

Comparación de características geométricas de dos hojas: una hoja sana y otra afectada por phoma quema

Fuente: elaboración propia.

1.7. Características texturales

La textura provee información valiosa de la superficie de algún objeto como el arreglo estructural de la intensidad de los colores. Para esto, se recurrió a las características de Haralick, las cuales se obtienen de la matriz de concurrencia del nivel de gris. Se calcularon 14 características de Haralick, entre las que se encuentran el segundo momento angular, contraste, correlación, suma de cuadrados, momento de diferencia inversa, suma promedio, suma entropía, suma de varianzas, entropía, diferencia de varianzas, diferencia de entropías, información de medidas de correlación y coeficiente máxima de correlación. A continuación, se muestran las fórmulas para obtener las 14 características de Haralick.

$$f_1 = \sum_i \sum_j [p(i, j)^2] \quad (8)$$

$$f_2 = \sum_{n=0}^{N_g-1} n^2 \left\{ \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \right\} \quad (9)$$

$$f_3 = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} [ijp(i, j) - \mu_x \mu_y]}{\sigma_x \sigma_y} \quad (10)$$

$$f_4 = \sum_i \sum_j (i - \mu_x)^2 p(i, j) \quad (11)$$

$$f_5 = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i - j)^2} p(i, j) \quad (12)$$

$$f_6 = \sum_{i=2}^{2N_g} iP_{x+y}(i) \quad (13)$$

$$f_7 = \sum_{i=2}^{2N_g} (i - f_6)^2 p_{x+y}(i) \quad (14)$$

$$f_8 = - \sum_{i=2}^{2N_g} p_{x+y}(i) \log \{p_{x+y}(i)\} \quad (15)$$

$$f_9 = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log \{p(i, j)\} \quad (16)$$

$$f_{10} = \sum_{i=0}^{N_R-1} (i - f_8)^2 p_{x-y}(i) \quad (17)$$

$$f_{11} = -\sum_{i=0}^{N_g-1} P_{x-y}(i) \log \{p_{x-y}(i)\} \quad (18)$$

$$f_{12} = \frac{HXY - HXY1}{\max\{HX, HY\}} \quad (19)$$

$$f_{13} = (1 - e^{[-2(HXY2 - HXY)])}^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

Una descripción más detallada de los descriptores de Haralick se encuentra en Haralick *et al.* (1973). La figura 7 muestra las características texturales obtenidas.

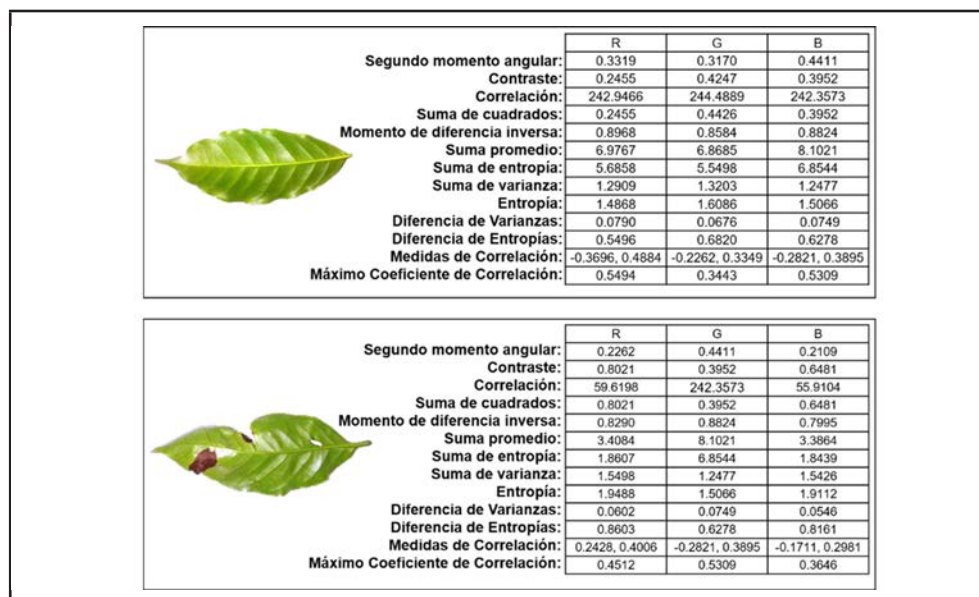


FIGURA 7

Comparación de características texturales de dos hojas: una hoja sana y otra afectada por phoma quemada

Fuente: elaboración propia.

1. 8. Experimentos

Con el programa Weka 3.8 se seleccionaron los algoritmos de clasificación y se optimizaron parámetros para obtener los mejores resultados.

1. 8. 1. Support vector machine

Las SVM (*support vector machine*) son técnicas muy utilizadas para la clasificación de enfermedades debido a que entregan resultados muy competitivos y con un menor consumo de recursos en comparación con otros algoritmos como las redes neuronales artificiales cuando se trata de conjuntos de datos pequeños (Pujari *et al.*, 2016). Una de las características fundamentales de las SVM es que hacen uso de *kernels* cuando la clasificación binaria del conjunto de datos no está separada linealmente, por lo que se recurre a los *kernels* para transformar

los espacios de entrada en un espacio multidimensional donde los conjuntos pueden ser separados de ese modo una vez transformados.

Después de realizar pruebas con los diferentes *kernels* de SVM disponibles en Weka 3.8, se decidió utilizar el PolyKernel con el valor de la variable compleja de 2.0; para la validación cruzada, 10 *folds*; como calibrador, *Logistic*. El número de iteraciones se dejó por defecto (hasta que converja).

1. 8. 2. Redes neuronales artificiales *backpropagation*

Las redes neuronales artificiales son conjuntos de neuronas artificiales interconectadas que con algoritmos y modelos matemáticos procesan conjuntos de datos para aprender de ellos y ofrecer una clasificación de acuerdo al objetivo con el que fueron desarrolladas. Una red neuronal artificial comprende a menudo de tres tipos de capa de neuronas: capa de entrada, capa oculta y capa de salida.

Uno de los algoritmos más populares de redes neuronales es el de *backpropagation*, el cual cambia de manera iterativa los pesos de las neuronas mientras minimiza el error cuadrático de la salida que es requerida y la que es obtenida con los actuales pesos. Para realizar eso, se utilizan los ejemplos del conjunto de entrenamiento que se definen como: $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (X_n, y_n)\}$.

La red neuronal es una red *backpropagation* ajustada a 500 ciclos, una tasa de aprendizaje α que es igual a 0.1, además de la variable *Momentum* que su valor es de 0.1.

1. 8. 3. *Random forest*

Es un algoritmo que construye múltiples árboles de decisión; cada árbol depende de los valores de un vector aleatorio. El error de generalización converge a un límite a medida que el número de árboles en el bosque se incrementa. Tiene mejor rendimiento que los árboles individuales y es más eficiente que los algoritmos de clasificación tradicionales como las redes neuronales artificiales, en especial cuando se trata de conjuntos de datos grandes XinHai (2013). *Random forest* maneja miles de variables explicativas o independientes y puede modelar interacciones complejas entre variables.

En este estudio, *Random forest* utilizó 200 iteraciones. El valor de la variable *depth* se fijó en 0, lo cual quiere decir que el algoritmo controlará en automático la profundidad del árbol.

1. 8. 4. *Naive Bayes*

El clasificador Naive Bayes está basado en la suposición de que los valores de los atributos son condicionalmente independientes dado el valor objetivo. Naive Bayes ignora las posibles dependencias o correlaciones entre las entradas y reduce un problema multivariantes a un grupo de problemas univariantes.

1. 9. Métricas de desempeño

Evaluar el desempeño del modelo con distintas métricas es esencial para tener una idea más clara de su desempeño real. En este artículo se recurre a distintas métricas que permiten tener un juicio más acertado sobre el comportamiento del modelo propuesto.

a) *Accuracy*: es usual que se conozca como la proporción de predicciones correctas sobre el total de ejemplos.

$$Accuracy = \frac{\text{Número de predicciones correctas}}{\text{Número total de predicciones realizadas}} \quad (21)$$

- b) Matriz de confusión: la matriz de confusión nos permite visualizar el desempeño del modelo. Esta métrica es construida a partir de diferentes medidas.
- c) Verdaderos positivos (VP): son los casos en los que la predicción alcanzada es positiva (+) y la clase real es positiva (+).
- d) Verdaderos negativos (VN): son los casos en los que la predicción alcanzada es negativa (−) y la clase real es negativa (−).
- e) Falsos positivos (FP): son los casos en los que la predicción alcanzada es positiva (+) y la clase real es negativa (−).
- f) Falsos negativos (FN): son los casos en los que la predicción alcanzada es negativa (−) y la clase real es positiva (+).
- g) Precisión: esta métrica es calculada como la proporción de verdaderos positivos sobre la suma de verdaderos positivos y falsos positivos.

$$\text{Precisión} = \frac{VP}{VP + FP} \quad (22)$$

- h) *TP Rate (Sensitividad o Recall)* se define mediante la siguiente proporción.

$$\text{Sensitividad} = \frac{TP}{FN + TP} \quad (23)$$

- i) Especificidad: se define mediante la siguiente proporción.

$$\text{Especificidad} = \frac{TN}{TN + FP} \quad (24)$$

- j) *FP Rate*: se define mediante la siguiente proporción.

$$\text{Sensitividad} = \frac{FP}{TN + FP} \quad (25)$$

- k) Área Bajo la Curva (AUC): esta métrica se evalúa para diferentes umbrales de FPR (abscisas) contra TPR (ordenadas). El área calculada debajo de la curva obtenida es la que se reporta, mientras el área se acerque más a 1 el desempeño del modelo es mejor, y mientras más cercano a 0 sea el desempeño del modelo es peor.
- k) *F-measure*: es una métrica muy utilizada en conjuntos de datos con desbalance y, combinando la esencia de Precisión y *Recall*, captura sus métricas de desempeño.

$$F - \text{measure} = \frac{2 * \text{precisión} * \text{Recall}}{FN + TP \text{ precisión} + \text{Recall}} \quad (26)$$

2. RESULTADOS

En la figura 8 están exhibidas las matrices de confusión de las características cromáticas, donde se aprecia que la mayoría de las instancias se clasifican correctamente en cuanto a su clase, exceptuando a la mancha de hierro o cercospora que tiene pocas instancias que son clasificadas correctamente. En el recuadro de mancha de hierro

se observa que sólo 22 instancias de 77 posibles son clasificadas correctamente. En este caso, la mancha de hierro es confundida por el clasificador SVM en su mayoría con el minador de la hoja del café, pero también con la roya del café y la phoma quema.

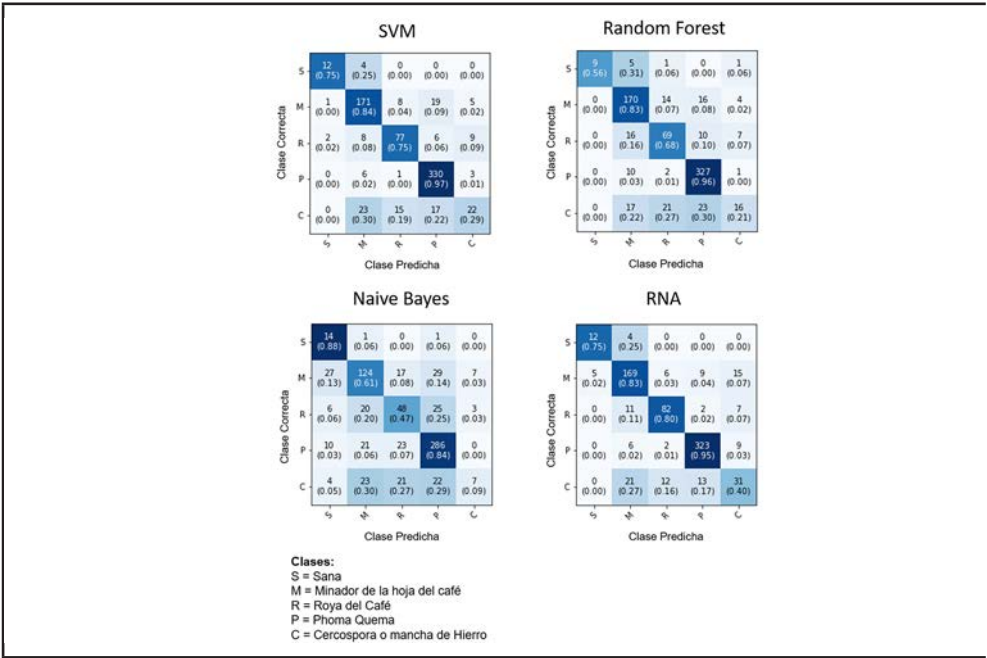


FIGURA 8
Matriz de confusión de los resultados obtenidos en las características cromáticas
Fuente: elaboración propia.

El cuadro 1 condensa los resultados que obtuvieron los cuatro diferentes algoritmos para las características cromáticas. De este modo, observa que los algoritmos entregaron alta sensibilidad para este tipo de características; no obstante, la sensibilidad reportada por Naive Bayes (64%) fue baja si se compara con los demás algoritmos. Todos los algoritmos reportaron baja tasa de falsos positivos, excepto Naive Bayes que presenta una tasa más alta respecto a los demás algoritmos.

CUADRO 1
Métricas obtenidas usando características cromáticas

Parámetros/algoritmos	Redes neuronales	Naive Bayes	Random forest	SVM
Sensitividad	0.83	0.648	0.794	0.828
FP Rate	0.059	0.139	0.092	0.078
Precisión	0.82	0.652	0.775	0.812
Valor F	0.831	0.635	0.773	0.814
Roc Area	0.94	0.839	0.936	0.895

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 2 se muestran las métricas de sensibilidad y precisión con diferentes valores de *K-folds* para las características cromáticas. *K-folds* es un parámetro en la validación cruzada que indica el número de grupos para validación en un conjunto de datos limitado. Si se tiene por ejemplo $k = 10$, habrá 10 iteraciones para validación.

CUADRO 2

Sensitividad y precisiones obtenidas a partir de características cromáticas con diferentes valores *K-folds*

# <i>K-folds</i> / algoritmos	Redes neuronales- sensitividad/ precisión	Naive Bayes sensitividad/ precisión	<i>Random forest</i> sensitividad/ precisión	SVM sensitividad/ precisión
2	0.819/0.817	0.660/0.649	0.775/0.758	0.817/0.803
4	0.808/0.794	0.639/0.635	0.770/0.739	0.828/0.816
6	0.840/0.836	0.637/0.624	0.779/0.752	0.831/0.819
8	0.831/0.827	0.640/0.641	0.773/0.749	0.834/0.822
12	0.828/0.816	0.636/0.622	0.778/0.753	0.832/0.819
14	0.827/0.817	0.640/0.636	0.783/0.761	0.840/0.819

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el cuadro 3, se determina que los cuatro algoritmos utilizados en este artículo tienen un desempeño más modesto con las características geométricas que con otro tipo de características, ya que la sensitividad más alta con las características geométricas es de 73% por medio de *Random forest*.

CUADRO 3

Métricas obtenidas usando características geométricas

Parámetros/algoritmos	Redes neuronales	Naive Bayes	<i>Random forest</i>	SVM
Sensitividad	0.708	0.43	0.732	0.714
<i>FP Rate</i>	0.123	0.107	0.128	0.151
Precisión	0.685	0.639	0.703	0.683
Valor F	0.694	0.461	0.707	0.68
<i>Roc Area</i>	0.872	0.788	0.898	0.799

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 4 se registran las métricas de sensitividad y precisión con diferentes valores de *K-folds* para las características geométricas.

CUADRO 4

Sensitividad y precisiones obtenidas usando características geométricas con diferentes valores *K-folds*

# <i>K-folds</i> / algoritmos	Redes neuronales- sensitividad/ precisión	Naive Bayes sensitividad/ precisión	<i>Random forest</i> sensitividad/ precisión	SVM sensitividad/ precisión
2	0.529/0.513	0.396/0.536	0.345/0.498	0.817/0.803
4	0.564/0.516	0.415/0.580	0.332/0.464	0.828/0.816
6	0.562/0.534	0.392/0.633	0.323/0.466	0.831/0.819
8	0.537/0.504	0.417/0.620	0.326/0.475	0.834/ 0.822
12	0.537/0.513	0.421/0.634	0.306/0.463	0.832/0.819
14	0.559/0.532	0.418/0.643	0.317/0.471	0.840/0.819

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 5, a partir de las características texturales, se tienen resultados de sensibilidad que promedian el 73% para todos los algoritmos. Las redes neuronales artificiales, *random forest* y SVM consiguen resultados de sensibilidad parecidos. Al algoritmo Naive Bayes le sucede lo contrario, ya que termina con 62% de sensibilidad. En general, los algoritmos tienen bajas tasas de falsos positivos y las curvas ROC indican un buen desempeño al clasificar.

CUADRO 5
Métricas obtenidas a partir de características texturales

Parámetros/algoritmos	Redes neuronales	Naive Bayes	<i>Random Forest</i>	SVM
Sensitividad	0.774	0.622	0.752	0.76
<i>FP Rate</i>	0.078	0.1	0.099	0.102
Precisión	0.763	0.655	0.736	0.728
Valor F	0.766	0.632	0.735	0.724
<i>Roc Area</i>	0.916	0.862	0.924	0.857

Fuente: elaboración propia.

El cuadro 6 presenta las métricas de sensibilidad y precisión con diferentes valores de *K-folds* para las características texturales.

CUADRO 6
Sensitividad y precisión obtenida usando características texturales con diferentes valores *K-folds*

# <i>K-folds</i> / algoritmos	Redes neuronales- sensibilidad/ precisión	Naive Bayes sensibilidad/ precisión	<i>Random Forest</i> sensibilidad/ precisión	<i>svm</i> sensibilidad/ precisión
2	0.740/0.733	0.633/0.662	0.750/0.729	0.752/0.699
4	0.766/0.757	0.639/0.664	0.760/0.745	0.755/0.698
6	0.749/0.743	0.639/0.664	0.752/0.734	0.747/0.716
8	0.764/0.759	0.631/0.663	0.760/0.740	0.753/0.699
12	0.763/0.757	0.629/0.655	0.747/0.732	0.749/0.692
14	0.769/0.760	0.631/0.660	0.755/0.741	0.755/0.723

Fuente: elaboración propia.

En los resultados mostrados en Esgario *et al.* (2020) los autores muestran los parámetros que la red ha aprendido. Es claro que las posibilidades de sobreajuste de un conjunto de datos aumentan con la cantidad de parámetros. La cantidad de parámetros que se pueden aprender en una red convolucional es definida por la cantidad de canales que se están utilizando en las imágenes, el número de filtros, los tamaños de los filtros y el aplanamiento de la salida convolucional. En el caso de este artículo, el número de parámetros aprendidos por las técnicas clásicas sólo depende del número de características extraídas. Los dos enfoques son opuestos: mientras que las técnicas clásicas extraen características a partir de la imagen con el propósito de que cada una de esas características sean fundamentales para detectar cierta clase, en el caso de las redes convolucionales extrae las características con la certeza de que estas influyen en la identificación de la clase. No obstante, cada técnica tiene sus propias ventajas y desventajas que las vuelven fundamentales. Una ventaja significativa de la metodología propuesta es el tiempo de entrenamiento relativamente bajo debido a que los modelos se entrenan con un número de características fijas, además es posible que mediante métodos de selección de características el desempeño de los modelos propuestos se vea incrementado al eliminar aquellas características que introducen ruido al clasificador.

CONCLUSIONES

Este trabajo implementó cuatro algoritmos de clasificación: Naive Bayes, *Random forest*, redes neuronales artificiales *backpropagation* y *support vector machine* con SMO; estos dos últimos fueron los que mejor resultados lograron con porcentajes que rondan el 80% de sensibilidad. Las redes neuronales artificiales *backpropagation* obtuvieron el mejor porcentaje de sensibilidad (83%), pero también es el algoritmo que más tiempo consume para ser entrenado. Por su parte, *support vector machine* destaca en rapidez para clasificar y buena precisión.

Asimismo, se presentan resultados competitivos, pues se obtiene un promedio de sensibilidad de todos los algoritmos de 72%. Esto quiere decir que la mayoría de los algoritmos entregaron resultados satisfactorios, a excepción de Naive Bayes que obtuvo resultados deficientes en las características geométricas y mejorables en el resto de características. Como menciona Barbedo (2019), la mayoría de las veces, la precisión de los sistemas de reconocimiento patrones en plantas está muy ligada a conjuntos de datos variados y con alta representatividad. El reto es obtener o mejorar el conjunto de datos para dar mayor representatividad a cada una de las clases y, por ende, mejorar la clasificación de las enfermedades y plagas del café.

ANÁLISIS PROSPECTIVO

Este estudio contribuye a la obtención de parámetros interesantes como rendimiento, sensibilidad, exactitud y curva ROC de los diferentes algoritmos implementados, los cuales puede aportar información valiosa a investigadores al momento de seleccionar algoritmos más eficientes para desarrollar una herramienta como una *app* que sea más práctica y accesible para agrónomos e investigadores en fitopatología y ser utilizada *in situ* para poder identificar enfermedades y plagas de la planta del café. Lo que se persigue es ofrecer un diagnóstico rápido y certero para que se tomen las acciones pertinentes de control y contrarrestar la dispersión de plagas y enfermedades.

Así también, gracias a este trabajo es posible identificar una enfermedad o plaga de entre cuatro que se estudiaron, es decir, se obtiene la incidencia de alguna enfermedad o plaga en la hoja, la cual es una variable cualitativa, que permite realizar análisis sobre la dispersión de una plaga en un cultivo. Lo ideal sería cuantificar o medir el daño causado por alguna enfermedad o plaga, por ejemplo, si la hoja está afectada en un 20% o 80%. Por tal motivo, como trabajo futuro se tiene pensado desarrollar un sistema para la cuantificación del daño causado específicamente por alguna enfermedad, es decir, el porcentaje de la hoja que se encuentra dañada. Esta variable cuantitativa resulta de mayor interés para agrónomos e investigadores en fitopatología, dado que esta variable serviría para determinar en qué momento del desarrollo de la enfermedad es más pertinente aplicar mecanismos de control (productos químicos para atacar a una enfermedad en particular) en una plantación de café para mejorar su condición general fitosanitaria y evitar así, la resistencia de plagas y enfermedades a productos químicos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los árbitros por sus valiosas observaciones que permitieron mejorar la estructura de este trabajo de investigación, así como también el apoyo financiero por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

REFERENCIAS

Barbedo, J. G. A. (2019). Plant disease identification from individual lesions and spots using deep learning. *Biosystems Engineering*, 180, 96-107.

- Bhange, M. & Hingoliwala, H. (2015). Smart Farming: Pomegranate Disease Detection Using Image Processing. *Procedia Computer Science*, 58, 280-288
- Echandi, E. (1957). La quema de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* n. sp. *Revista de Biología Tropical*, 5(1), 81-102.
- Esgario, J. G., Krohling, R. A., & Ventura, J. A. (2020). Deep learning for classification and severity estimation of coffee leaf biotic stress. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169, 105162.
- Flusser, J., Zitova, B., & Suk, T. (2009). *Moments and moment invariants in pattern recognition*. Wiley Publishing.
- Gabor, D. (1946). Theory of communication. Part 1: The analysis of information. *Journal of the Institution of Electrical Engineers-Part III: Radio and Communication Engineering*, 93(26), 429-441
- Gavhale, K. R., Gawande, U., & Hajari, K. O. (2014). Unhealthy region of citrus leaf detection using image processing techniques. *International Conference for Convergence for Technology*. IEEE.
- Haralick, R. M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. H. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 6, 610-621.
- Henderson, T. P. (2019). La roya y el futuro del café en Chiapas. *Revista Mexicana de Sociología*, 81(2), 389-416.
- Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, 24(6), 417-441.
- Hu, M. K. (1962). Visual pattern recognition by moment invariants. *IRE Transactions on Information Theory*, 8(2), 179-187.
- Hubert, M.-C. R., & Torres, R. M. (2017). Política pública y sustentabilidad de los territorios cafetaleros en tiempos de roya: Chiapas y Veracruz. *Estudios Latinoamericanos*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Krohling, R. A., Esgario, G. J. M., & Ventura, J. A. (2019). BRACOL - A Brazilian Arabica coffee leaf images dataset to identification and quantification of coffee diseases and pests. *Mendeley Data*, V1. <https://doi.org/10.17632/yy2k5y8mxg.1>
- Lewis, K. P., & Espineli, J. D. (2020). Classification and detection of nutritional deficiencies in coffee plants using image processing and convolutional neural network (Cnn). *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(4), 2076-2081.
- Manso, G. L., Knidel, H., Krohling, R. A., & Ventura, J. A. (2019). A smartphone application to detection and classification of coffee leaf miner and coffee leaf rust. *Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Mengistu, A. D., Alemayehu, D. M., & Mengistu, S. G. (2016). Ethiopian coffee plant diseases recognition based on imaging and machine learning techniques. *International Journal of Database Theory and Application*, 9(4), 79-88.
- Montalbo, F. J. P., & Hernandez, A. A. (2020). An optimized classification model for coffea liberica disease using deep convolutional neural networks. *16th IEEE International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)* (pp. 213-218). IEEE.
- Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62-66.
- Paula, P. V. A. A. D., Pozza, E. A., Alves, E., Moreira, S. I., Paula, J. C. A., & Santos, L. A. (2019). *Infection process of Cercospora coffeicola in immature coffee fruits*.
- Price, T. V., Gross, R., Ho, W. J., & Osborne, C. F. (1993). A comparison of visual and digital image-processing methods in quantifying the severity of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 33(1), 97-101.

- Pujari, D., Yakkundimath, R., & Byadgi, A. S. (2016). SVM and ANN based classification of plant diseases using feature reduction technique. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 3(7), 6-14.
- Qin, F., Liu, D., Sun, B., Ruan, L., Ma, Z., & Wang, H. Luvisi, A. (Ed.) (2016). Identification of Alfalfa Leaf Diseases Using Image Recognition Technology. *PLOS ONE*, 11, e0168274.
- Ramírez, D., & Jiménez, F. G. (2021). Manejo del minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) en el cultivo de café en Costa Rica. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 45(2), 143-153.
- Sampallo, G. (2003). Reconocimiento de tipos de hojas. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 7(21), 55-62.
- Vichi, F. F. (2015). La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas. *Espacio I+ D: Innovación más Desarrollo*, 4(7).
- XinHai, L. (2013). Using random forest for classification and regression. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50, 1190-1197
- Yebasse, M., Shimelis, B., Warku, H., Ko, J., & Cheoi, K. J. (2021) Coffee Disease Visualization and Classification. *Plants*, 10, 1257. <https://doi.org/10.3390/plants10061257>

NOTA

[1] Herramienta para medir y calcular áreas irregulares.

[2] Disponible en <https://data.mendeley.com>

CC BY-NC-ND



El microscopio bajo mis manos: breve historia, funcionamiento y aplicaciones de la microscopía

Rodríguez de la Concha Azcárate, Gabriela; López Téllez, Gustavo; Vilchis Nestor, Alfredo Rafael

El microscopio bajo mis manos: breve historia, funcionamiento y aplicaciones de la microscopía

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e213**

Espacio del Divulgador

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Rodríguez de la Concha Azcárate, G., López Téllez, G. y Vilchis Nestor, A. R. (2023). El microscopio bajo mis manos: breve historia, funcionamiento y aplicaciones de la microscopía. *CIENCIA ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a9>

El microscopio bajo mis manos: breve historia, funcionamiento y aplicaciones de la microscopía

The microscope under my hands: brief history, operation, and applications of microscopy

Gabriela Rodríguez de la Concha Azcárate
Universidad Autónoma del Estado de México, México
gabriela.azcarate@outlook.com

 <http://orcid.org/0000-0002-6719-8993>

Recepción: 13 de septiembre de 2021
Aprobación: 27 de enero de 2022

Gustavo López Téllez
Universidad Autónoma del Estado de México, México
glopezt@uaemex.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-4853-1022>

Alfredo Rafael Vilchis Nestor*
Universidad Autónoma del Estado de México, México
arvilchis@uaemex.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-8490-0900>

RESUMEN

Se presenta el impacto que tiene la microscopía en varias áreas del conocimiento a través de una reseña sobre su historia desde sus orígenes hasta la actualidad, además se describe de forma sencilla el funcionamiento del microscopio óptico y se compara con los modernos microscopios electrónicos respecto a su poder de resolución y costo. Los resultados del uso de la microscopía como herramienta para entender el microcosmos se demuestran con importantes aplicaciones que trascienden del ámbito científico al social directamente. En conclusión, la ventana que se abrió con la microscopía no sólo nos permite ver más allá de lo evidente como las imágenes fascinantes del microcosmos, sino que su desarrollo ha tenido un impacto trascendental en la humanidad.

PALABRAS CLAVE: microscopía, microscopio óptico, microscopía electrónica.

ABSTRACT

In this paper, the impact of the technique known as microscopy on several areas of knowledge is presented through a historical review of microscopy from its origins to the present, followed by a simple description of the optical microscope performance and comparison with the resolving power and cost of the modern electron microscopes. The results of the use of microscopy as a tool to know the microcosm are demonstrated with the important applications that have transcended directly from the scientific to the social field. In conclusion, the window opened by microscopy not only allows us to see beyond the obvious as fascinating images of the microcosm, but its development has had a transcendental impact on humanity.

KEYWORDS: microscopy, optical microscope, electron microscopy.

INTRODUCCIÓN

La microscopía es un conjunto de procedimientos o recursos que nos ayudan a ver objetos que nuestros ojos no son capaces de observar por sí mismos, por ejemplo en la escala de los micrómetros (μm) (equivalente a que a un metro lo dividiéramos un millón de veces). Nosotros podemos ver a simple vista nuestras manos, pero ¿qué pasa cuando no las lavamos en mucho tiempo?, ¿se sienten igual? Nuestras manos se sienten diferentes. En este caso, usando distintos tipos de microscopios, la microscopía ayudaría a identificar lo que hay en ellas. ¿Qué encontraríamos?

*AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

arvilchis@uaemex.mx

Quizás polvo (1-100 μm), bacterias (0.50-10 μm), ácaros (280-400 μm), hongos (6-20 μm), virus (0.02-0.30 μm) o nanopartículas (<0.10 μm), los cuales están ahí, aunque en la superficie no se aprecien. El microscopio es entonces la ventana que nos muestra el desconocido microcosmos.

1. BREVE HISTORIA DE LA MICROSCOPIA

Es posible rastrear el origen del microscopio óptico desde remotas civilizaciones, entre ellas la antigua Grecia, China y Roma con el uso de los vidrios. En ese tiempo se tenía el conocimiento de que una gota de agua podía ampliar una imagen. Después, esta evolución pasa por la invención de la lupa en 1250 y más tarde Kepler en 1604 en *Paralipomena* describe el diagrama de rayos para la formación de imágenes y explica el telescopio de Galileo hasta llegar con Anthony van Leeuwenhoek a la invención del primer microscopio, acontecimiento que logró al pulir lentes con la suficiente precisión para producir una imagen (Hawkes y Spence, 2019).

Históricamente, una de las áreas en las que el microscopio generó grandes avances es la microbiología, los cuales comenzaron con Hook en 1665 al publicar su tratado *Micrographia*, en donde introduce la palabra *célula* (Avendaño *et al.*, 2020). Al pasar el tiempo, a Otto Müller se le consideró un gran microscopista al lograr clasificar ciertos tipos de microorganismos (Osorio, 2017). En 1820 Joseph Jackson Lister desarrolló el primer microscopio acromático, gracias al cual redujo diferentes aberraciones que limitaban la magnificación en los microscopios (Avendaño *et al.*, 2020). Posteriormente, gracias al microscopio, en 1848 Pasteur resolvió el misterio del ácido tartárico –así contribuyó al estudio de la estereoquímica, fundamental para el avance de los fármacos modernos– y en 1885 logró desarrollar y aplicar con éxito la vacuna contra la rabia, la cual había sido una enfermedad mortal hasta ese entonces. Por otra parte, en 1882, Koch había recibido como regalo un microscopio, el cual le resultó fascinante y no dejaba pasar la oportunidad para ver a través de él, por ejemplo los microorganismos que se habían formado en una papa; de esta manera, obtuvo el método para el desarrollo de las vacunas, que consistía en aislar, atenuar e inocular (Cobos Murcia, 2012). En consecuencia, en 1905 se le otorgó el Premio Nobel de Fisiología y Medicina por su investigación en la tuberculosis. Otro premio obtenido gracias al uso del microscopio fue el de Alexander Fleming en 1945 por el descubrimiento de la penicilina (Tan y Tatsumura, 2015). En la figura 1 se muestra la línea de tiempo que siguieron estos investigadores para contribuir con el progreso de la microscopía, que va desde el empleo de una lupa hasta el desarrollo de fármacos.



FIGURA 1
Una breve historia del desarrollo de los microscopios



FIGURA 1

Una breve historia del desarrollo de los microscopios (continúa)

Fuente: elaboración propia.

La microscopía continuó aportando conocimientos fundamentales dentro de la biología a través de la observación de las bacterias y virus –con el microscopio electrónico de transmisión (TEM) en 1938–. Los siguientes avances se enfocaron en el desarrollo de microscopios que permitirían observar especímenes cada vez más pequeños, que van desde microorganismos, organelos celulares, nanoestructuras hasta átomos. En la figura 2 se registra cómo a lo largo del tiempo surgieron diferentes tipos de microscopios: el microscopio electrónico de transmisión (TEM), el microscopio electrónico de barrido, el microscopio de efecto túnel, el microscopio de fluorescencia de superresolución y el microscopio de fuerza atómica. Mención especial tiene el crio-TEM que ha sido fundamental en la lucha contra el COVID-19 al generar imágenes en 3D del virus con una resolución y detalle sin precedentes.

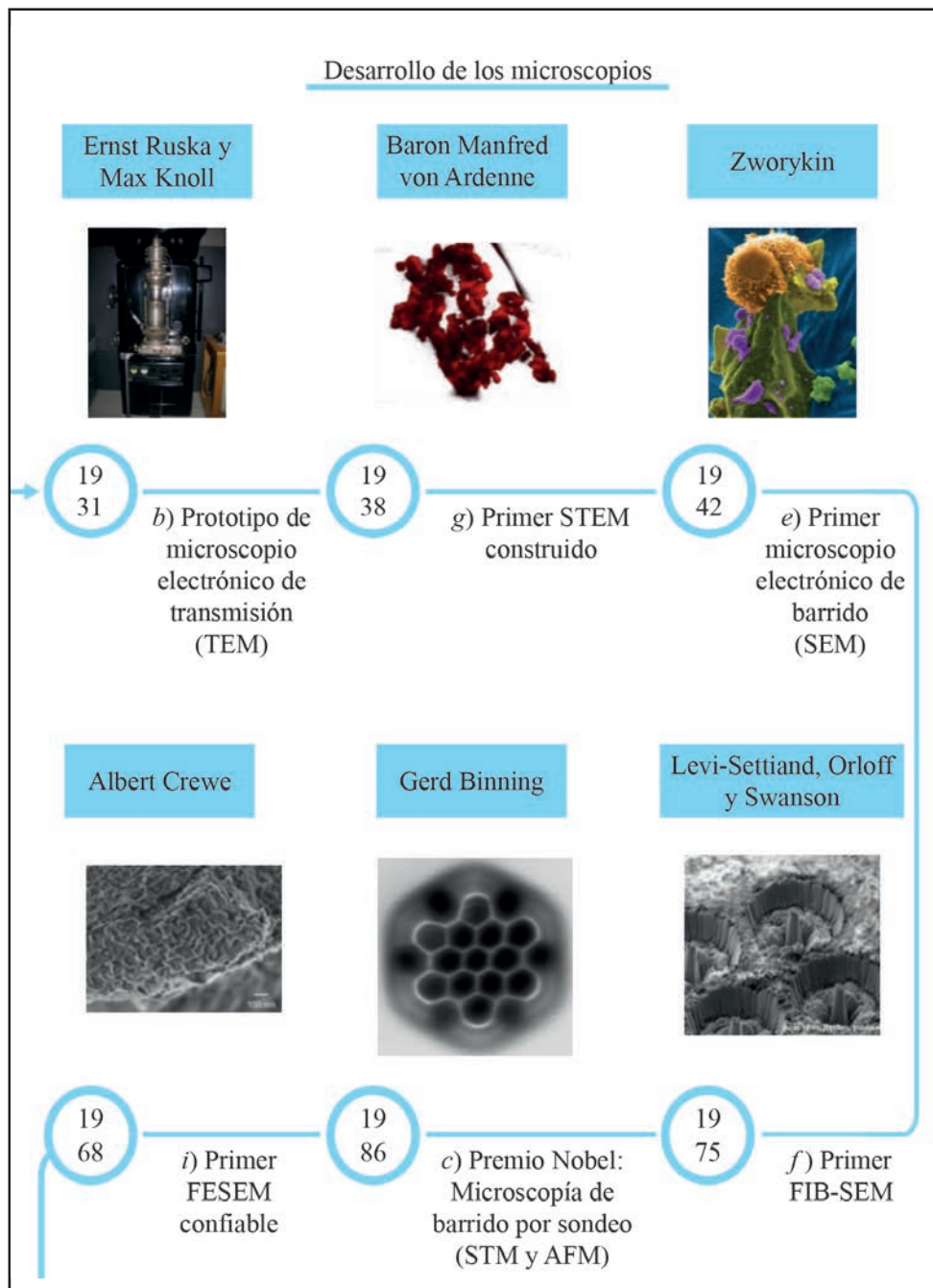


FIGURA 2
Línea de tiempo del desarrollo de los diferentes tipos de microscopios

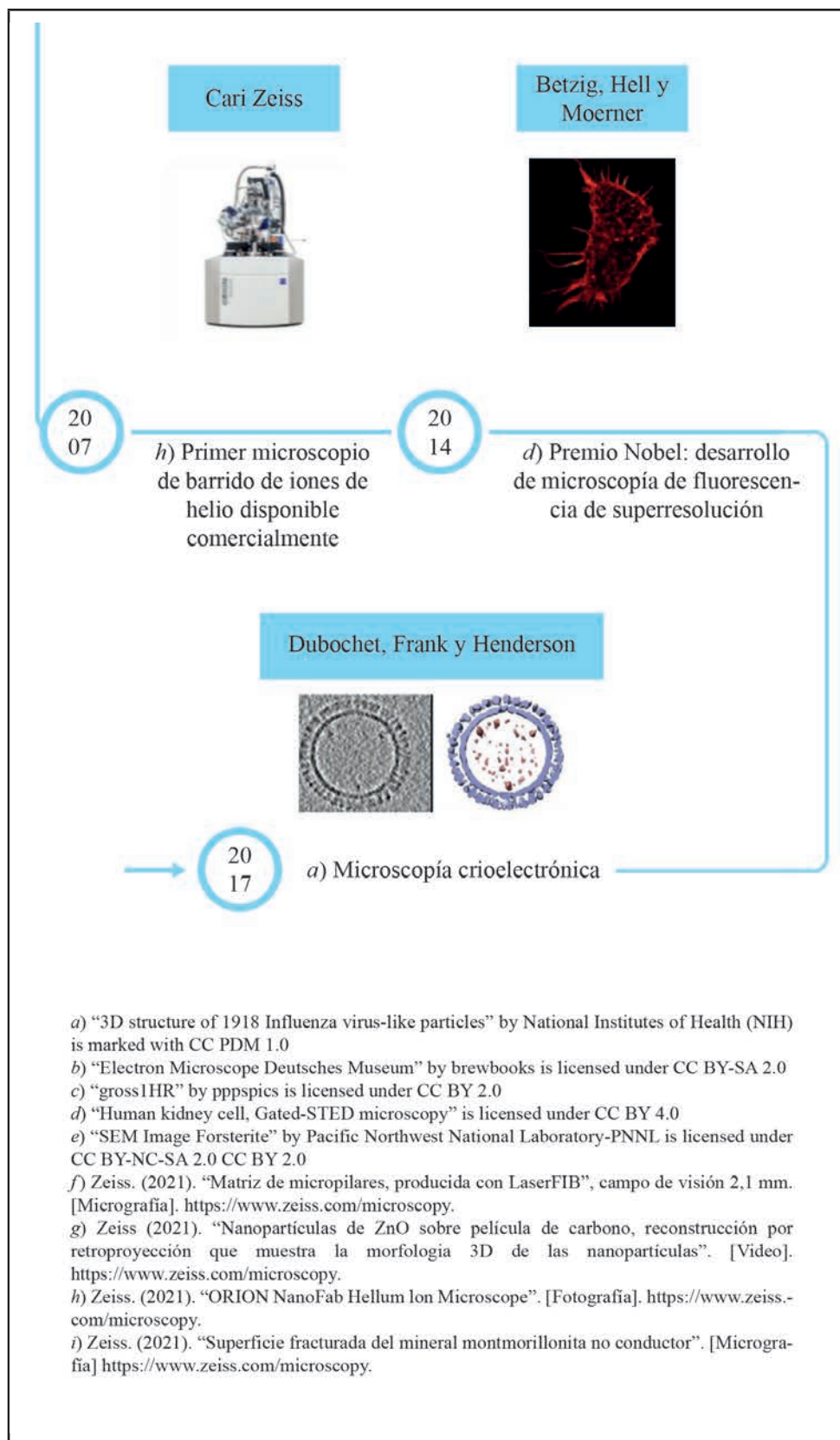


FIGURA 2

Línea de tiempo del desarrollo de los diferentes tipos de microscopios (continúa)

Fuente: elaboración propia.

2. FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES DE LOS MICROSCOPIOS

El microscopio nos puede llevar a conocer un mundo que está ahí, aunque no a simple vista, pero, ¿cómo es que funciona? En el caso de un microscopio óptico, para ver una imagen más grande de lo que realmente es, se necesitan en general de lentes y de luz. Las lentes tienen la capacidad de hacer divergir o converger los rayos de luz, lo que ayuda a amplificar una imagen. La figura 3 muestra las partes del microscopio óptico junto con el diagrama de funcionamiento, en donde la luz proveniente de la lámpara pasa a través del espécimen, ubicado en la platina, y llega al lente objetivo donde se forma la imagen virtual que termina en nuestros ojos (Rühl, 2012). No obstante, esta configuración es la más simple, por lo que los primeros microscopios ópticos presentaron diferentes retos que se fueron resolviendo conforme se desarrolló la óptica y la tecnología para la fabricación de lentes. La capacidad de un microscopio para diferenciar entre dos objetos muy próximos entre sí se denomina *límite de resolución* o *resolución*. Este límite es la característica que se utiliza con frecuencia para evaluar la eficiencia de un sistema de formación de imágenes. Por ejemplo, la resolución del ojo humano es de 0.2 mm aproximadamente. Los microscopios ópticos estuvieron sometidos por muchos años al yugo del límite físico de resolución estipulado por Ernst Abbe en 1873, quien sentenciaba que “nunca” se conseguiría resolver elementos separados por menos de 200 nm con el empleo de luz visible. Sin embargo, en ciencia las palabras “nunca” o “siempre” resultan más un reto que un problema, y no conviene tomarlas como un dogma. Más de 140 años después el límite fue superado con el microscopio de fluorescencia de superresolución. “Es difícil saber qué es imposible, el sueño de ayer es la esperanza de hoy, y la realidad de mañana (Robert H. Goddard)”.

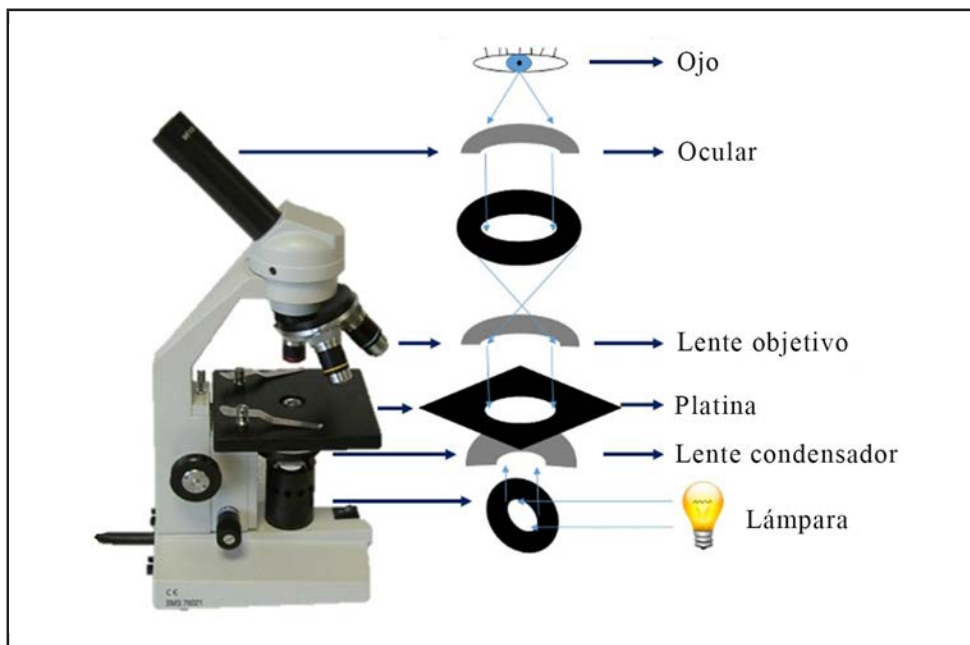


FIGURA 3

Diagrama de un microscopio compuesto

Fuente: Fountains of Bryn Mawris, 2021.

Los microscopios electrónicos surgieron de la teoría cuántica y de la necesidad de superar el límite de resolución que la longitud de onda de la región visible del espectro electromagnético impone a los microscopios ópticos. Por su parte, los microscopios electrónicos permiten apreciar imágenes de objetos mucho más pequeños, pues alcanzan una resolución de alrededor de 0.2 nm ($1 \text{ nm} = 1/1000 \ 000 \ 000 \text{ m}$), aunque con los nuevos equipos de transmisión con correctores de aberración y cañón de emisión de campo ya es posible observar átomos, pues alcanzan una resolución en el rango de los picómetros ($1 \text{ pm} = 1/1000 \ 000 \ 000 \ 000 \text{ m}$). En la figura 4 se presentan cuatro ejemplos de

imágenes que se obtienen mediante microscopía electrónica. La figura 4a es una imagen sacada con base en microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HRTEM), donde se muestra una nanopartícula de magnetita, obtenida por nuestro grupo de trabajo, las líneas representan los átomos ordenados asociados con la estructura cristalina de la magnetita (Torres-Gómez, 2017). En la figura 4b gracias a microscopía electrónica de barrido se aprecia una fibra de carne de res, donde se hace evidente la disposición de las fibras en el tejido. En la figura 4c se muestra una partícula esférica de plata a partir de microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM), en la cual se distingue la morfología superficial y crecimiento de la partícula. La figura 4d es una micrografía de un nanorrodillo de seleniuro de cadmio (en rojo), recubierto de cadmio de 13 nm de largo, mediante microscopía electrónica de transmisión de barrido (STEM) con el detector de campo oscuro anular de alto ángulo (HAADF); con esta técnica no sólo se pueden obtener las imágenes de planos atómicos, sino también información acerca de la composición química de la nanopartícula. Estos son sólo algunos de los increíbles ejemplos obtenidos gracias a los microscopios electrónicos, que van desde la observación de estructuras complejas con gran detalle, contraste de composición, planos cristalinos hasta átomos individuales.

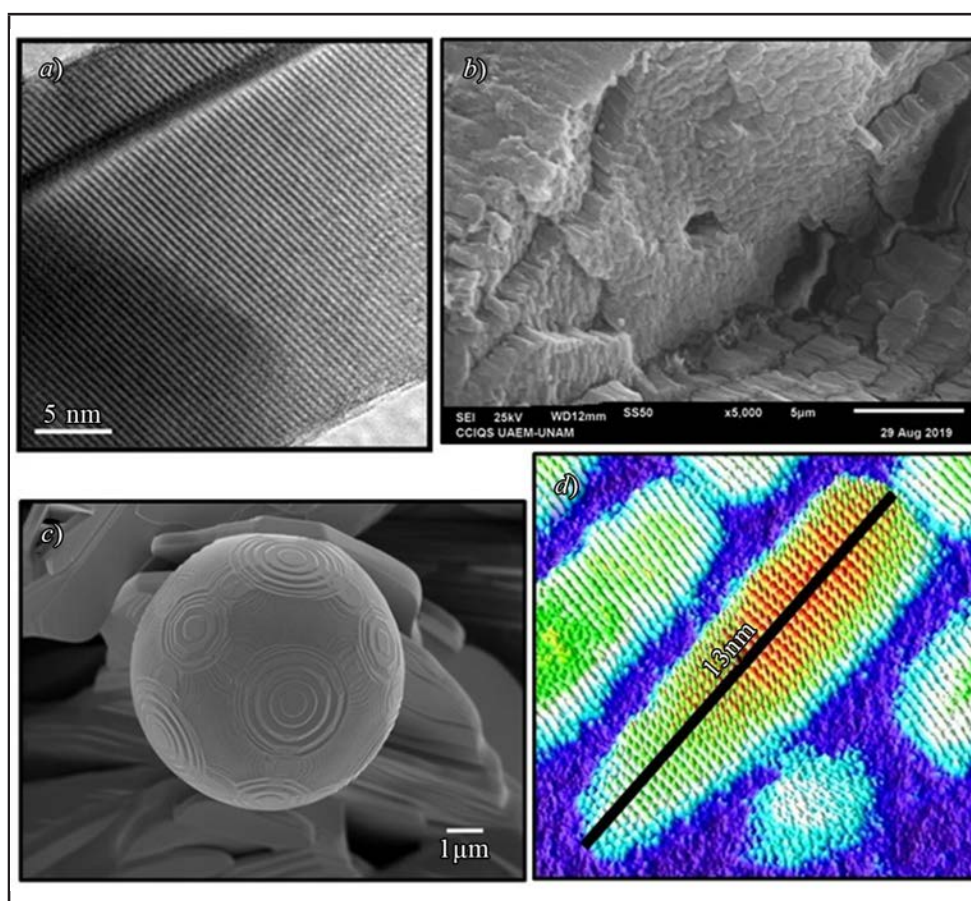


FIGURA 4

Ejemplo de imágenes obtenidas mediante diferentes tipos de microscopía electrónica

Fuente: a) y b) elaboración propia, c) ZEISS Microscopy, 2015. d) Argonne National Laboratory, 2021.

Nota: a) microscopía electrónica de transmisión de alta resolución, b) microscopía electrónica de barrido, c) microscopía electrónica de barrido de emisión de campo, d) microscopía electrónica de transmisión de barrido con detector de electrones en campo oscuro a alto ángulo.

Los microscopios electrónicos en esencia son parecidos a los microscopios ópticos, excepto que en lugar de lentes de vidrio utilizan lentes electromagnéticas y en lugar de luz, electrones acelerados sometidos a una diferencia de potencial de 1 kV a 300 kV. Tienen, además, otras partes fundamentales para su funcionamiento como una cámara al vacío y detectores de electrones y rayos-X (Mohammed y Abdullah, 2018). Los electrones

acelerados a esas diferencias de potencial alcanzan una longitud de onda del orden de los picómetros (1×10^{-12} m). ¿Electrones con longitud de onda a pesar de ser partículas? La respuesta es sí: los electrones tienen un comportamiento dual onda-partícula, uno de los muchos secretos que el mundo de lo muy pequeño tiene para nosotros. La aplicación de este secreto permitió superar con creces la resolución del microscopio óptico. La diferencia de resolución se identifica al comparar las imágenes en la figura 5, donde se presentan dos micrográficas de granos de polen colectadas con un microscopio óptico y un electrónico de barrido respectivamente. A pesar de que en la primera imagen se aprecian los granos de polen, este microscopio no tiene la resolución para que sea posible observar a detalle la estructura superficial del grano, ya que la imagen se ve borrosa y no se distingue si los dos granos de polen que se ven juntos están delimitados o son uno solo. Por el otro lado, en el microscopio electrónico de barrido se visualiza claramente la superficie del grano, ya que se distingue dónde acaba uno y empieza el otro; asimismo, se nota con precisión la morfología del grano compuesta por picos y unos pequeños agujeros. No obstante, el microscopio óptico es muy útil para ciertas aplicaciones y, aunque son evidentes sus limitaciones, no se puede menospreciar su utilidad para aplicaciones en medicina, química, ingeniería, biología, educación, materiales, botánica, entre otras.

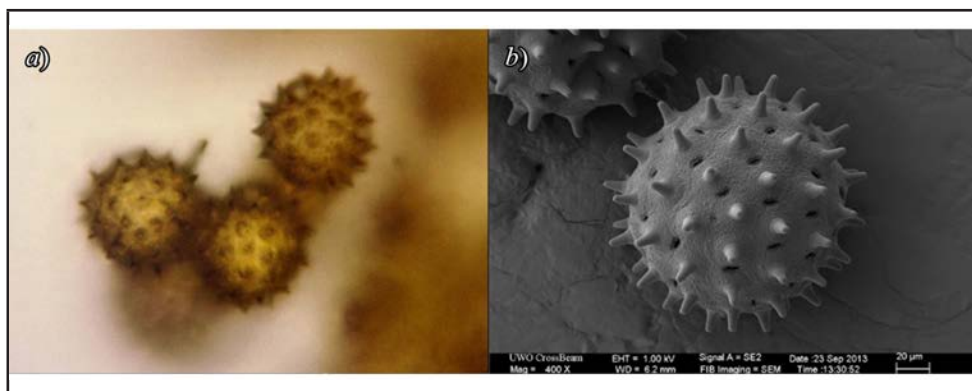


FIGURA 5

Comparativa de imágenes de granos de polen tomadas con diferentes microscopios

Fuente: a) Wood, 2018; b) ZEEISS Microscopy, 2014.

Nota: imagen izquierda obtenida con microscopio óptico a 100x. Imagen derecha obtenida con un microscopio electrónico de barrido.

Los microscopios electrónicos se pueden dividir esencialmente en dos: de transmisión y de barrido. La principal diferencia entre ellos es la manera como los electrones son detectados después de la interacción con la muestra. En el microscopio electrónico de transmisión (TEM) un haz de electrones pasa por la muestra y los electrones que se transmiten son los detectados y analizados por el microscopio, mientras que en el microscopio electrónico de barrido (SEM) un haz de electrones hace un barrido en la superficie de la muestra y los electrones detectados son los que regresan de la muestra. A partir de estos principios básicos, se han desarrollado propuestas tecnológicas que permiten obtener imágenes con mejor resolución a partir de la incorporación de otras técnicas para optimizar la emisión y detección de electrones, detectar rayos X, modificar la dirección de la emisión de electrones, etc. Aunado a esto, es importante reconocer que la tecnología que emplea cada uno es en extremo diferente, por lo regular los TEM son equipos más sensibles, sofisticados y costosos en comparación con los SEM, además de que las imágenes obtenidas a través de cada uno son completamente diferentes desde la resolución hasta la información. En la figura 6 de lado izquierdo se presenta una micrografía de SEM con nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2), donde se aprecia la superficie de las partículas con un gran detalle, su morfología y dimensiones. En contraste, del lado derecho se encuentra una micrografía de TEM, donde se aprecian átomos de neodimio, gracias a la cual se puede obtener información sobre estructura cristalina y disposición atómica del compuesto que se estudia.

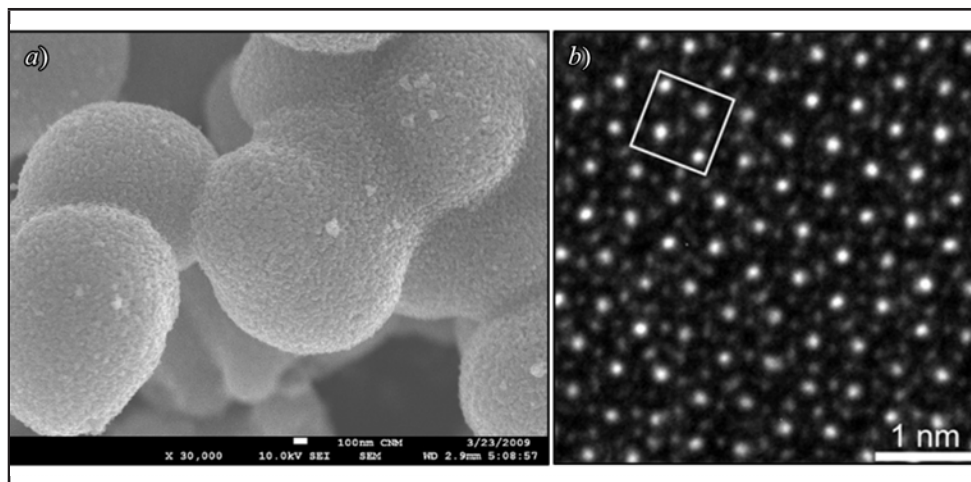


FIGURA 6

Micrografía obtenida mediante un microscopio electrónico de barrido y mediante un microscopio electrónico de transmisión

Fuente: a) Argonne National Laboratory, 2021; b) FrozenMan, 2011.

Existen otros tipos de microscopios que en lugar de “ver” la imagen la “tocan”, esto es, los distintos tipos de interacciones que tiene cada uno con la muestra es lo que determina qué tipo de información se obtendrá. El microscopio de fuerza atómica (AFM) y el microscopio de efecto túnel (STM) son los ejemplos más conocidos, en los cuales se utiliza una especie de brazo con una punta muy delgada que va recorriendo la muestra “tocándola” y así obtener la imagen. La figura 7 es la micrografía de un cabello humano de un hombre caucásico obtenida a través de un microscopio de fuerza atómica, en donde es patente la textura que tiene la superficie del cabello; al contrario de lo que se pensaría, si lo analizamos a simple vista, tiene bordes, pliegues, orificios y capas. Es muy interesante entender cómo funcionan los microscopios para ser capaces de ver objetos más pequeños.

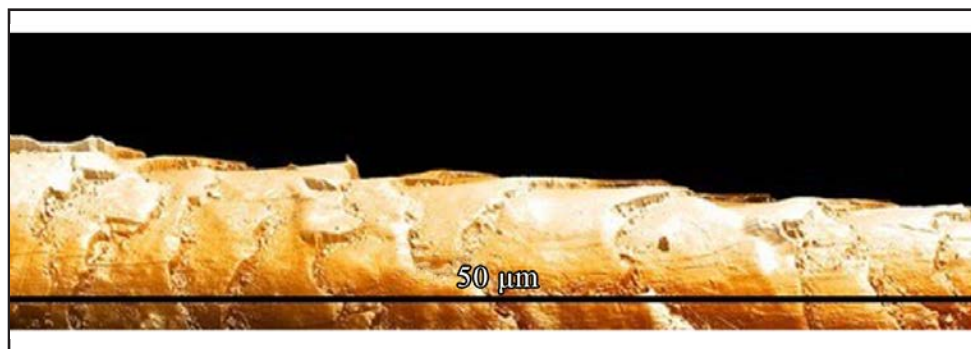


FIGURA 7

Mechón de cabello humano por AFM*

Fuente: Xue, 2021.

Nota: *AFM = microscopio de fuerza atómica.

¿Para qué nos sirve ver objetos pequeños? Algunas de las aplicaciones que tienen los microscopios impactan en áreas como la medicina, biología, ingeniería, educación, materiales, química, entre otras. A continuación, se enlistan ejemplos de aplicaciones relevantes en biología: la estructura de un huevo de *Euculeus boehmi* presente en la nariz de un perro (Veronesi *et al.*, 2013) y la atrofia cavernosa del nervio óptico también en un perro (Christoforidis *et al.*, 2012), así como la estructura de la superficie de las células epiteliales dorsales linguales en lobos (Haligur *et al.*, 2019). También, en el área de las ciencias médicas, por ejemplo en el estudio de las propiedades mecánicas de los glóbulos rojos para estudiar el efecto que tienen en la salud (Popescu *et al.*, 2008) o el análisis estructural y funcional de los espermatozoides

(Kumar *et al.*, 2005). El microscopio electrónico de transmisión tiene aplicaciones en la química inorgánica, biología, materiales y química supramolecular (Friedrich *et al.*, 2010), entre otros. Un ejemplo del uso del crio-TEM es en los sistemas portadores de fármacos coloidales (Kuntsche *et al.*, 2011). Muchos de los análisis bacterianos son gracias al microscopio, tal es el estudio del comportamiento de las bacterias en el barro sumergido en agua (Park y Sauer, 2021), la inmovilización bacteriana en fibras especiales (Walker *et al.*, 2003) o el estudio de la estructura de diferentes virus como el de la influenza (Benton *et al.*, 2020) y algunos estudios del ensamblaje de virus (Luque y Castón, 2020). En la figura 8 se encuentra una micrografía a partir de un microscopio electrónico de transmisión de la bacteria *Diplorickettsia massiliensis*. El estudio de este tipo de bacterias intracelulares resulta determinante para la salud humana y para la ecología de los artrópodos (por ejemplo: insectos, arañas, crustáceos) (Mediannikov *et al.*, 2010), así como en lo que consumimos día a día, como lo es el estudio de propiedades químicas, funcionales y estructurales de los granos y cáscara del café (Ballesteros *et al.*, 2014) o las similitudes y diferencias en las proteínas de pseudocereales y cereales (Gorinstein *et al.*, 2004). Estos son solamente algunos de los ejemplos de objetos analizables gracias a los microscopios.

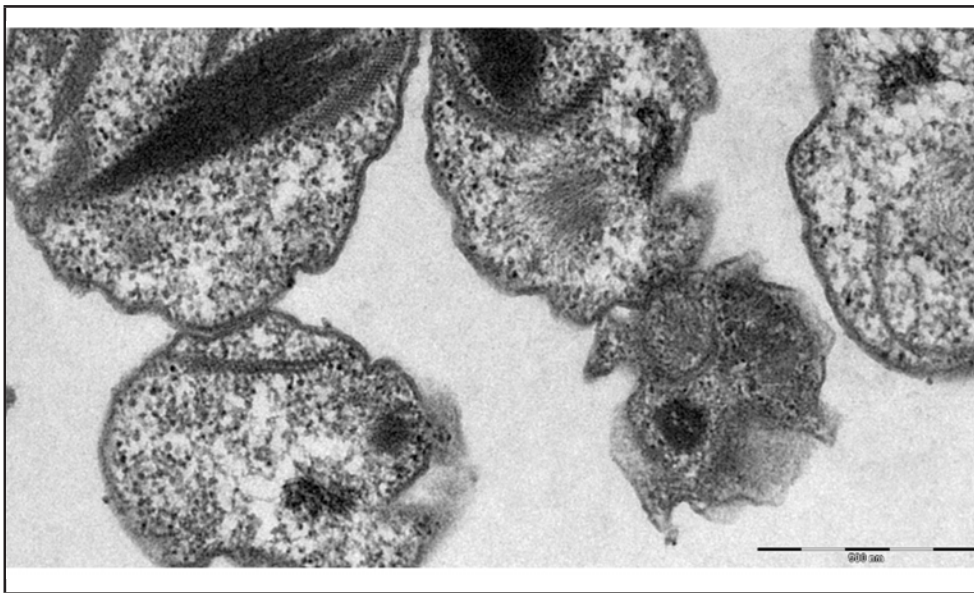


FIGURA 8

Bacteria *Diplorickettsia massiliensis* obtenida mediante microscopía electrónica de transmisión

Fuente: Mediannikov *et al.*, 2013.

El impacto más tangible de la microscopía es en la educación. ¿Quién no recuerda la primera visita al laboratorio de ciencias en la secundaria? Lugar donde un usualmente viejo y único microscopio era la estrella y llamaba la atención, incluso de aquellos apáticos a los temas de ciencia; tal vez por curiosidad, pero el uso del ocular era motivo de disputa. Las primeras imágenes observadas del microcosmos en una gota de agua “sucia” causaban cuando menos asombro y fascinación para todos y, para alguno de nosotros, la necesidad de conocer más de este mundo y seguir en la ciencia como camino profesional. La curiosidad para observar el mundo que nos rodea no sólo es el origen de los futuros científicos, sino el motor de los actuales. Aún hoy, después de muchos años de las épocas de secundaria, hay una exquisita fascinación cada vez que vemos a través de un ocular. Una forma de divulgar los alcances de la microscopía al público en general es mostrar qué se puede obtener de los microscopios de una forma llamativa. En la figura 9 se reúnen cuatro micrografías adquiridas con TEM y SEM, en las cuales se utilizan colores falsos para resaltar las diferencias morfológicas. La figura 9a y 9c corresponden a muestras de $Y(OH)_3$ (hidróxido de itrio), que sirve para dispositivos optoelectrónicos, siendo un buen anfitrión para elementos con respuesta luminiscente. Estas micrografías se tomaron con un microscopio electrónico de barrido de la marca JEOL JSM-6510LV. La figura 9b corresponde a nanopartículas de oro sintetizadas por biorreducción asistida con el hongo *Alternaria solani*. Las micrografías 9b y 9d

fueron adquiridas con un Microscopio Electrónico de Transmisión (TEM) modelo TECNAI F30 FEI operado a 300 kV, en modalidad STEM con el detector para contraste Z (Castro Longoria, 2012). Por último, en la figura 9d se muestran nanopartículas de oro obtenidas a través del mismo método de bioreducción con el hongo *Botrytis cinérea* (Ávalos Borja, 2012). Estas últimas dos micrografías se sacaron con un microscopio electrónico de transmisión Tecnai F30 Tipo FEG marca FEO. El objetivo de este trabajo fue demostrar la generación intra y extracelular de las nanopartículas de oro con estos hongos y de esta manera evitar el empleo de sustancias reductoras tóxicas para obtener nanopartículas.

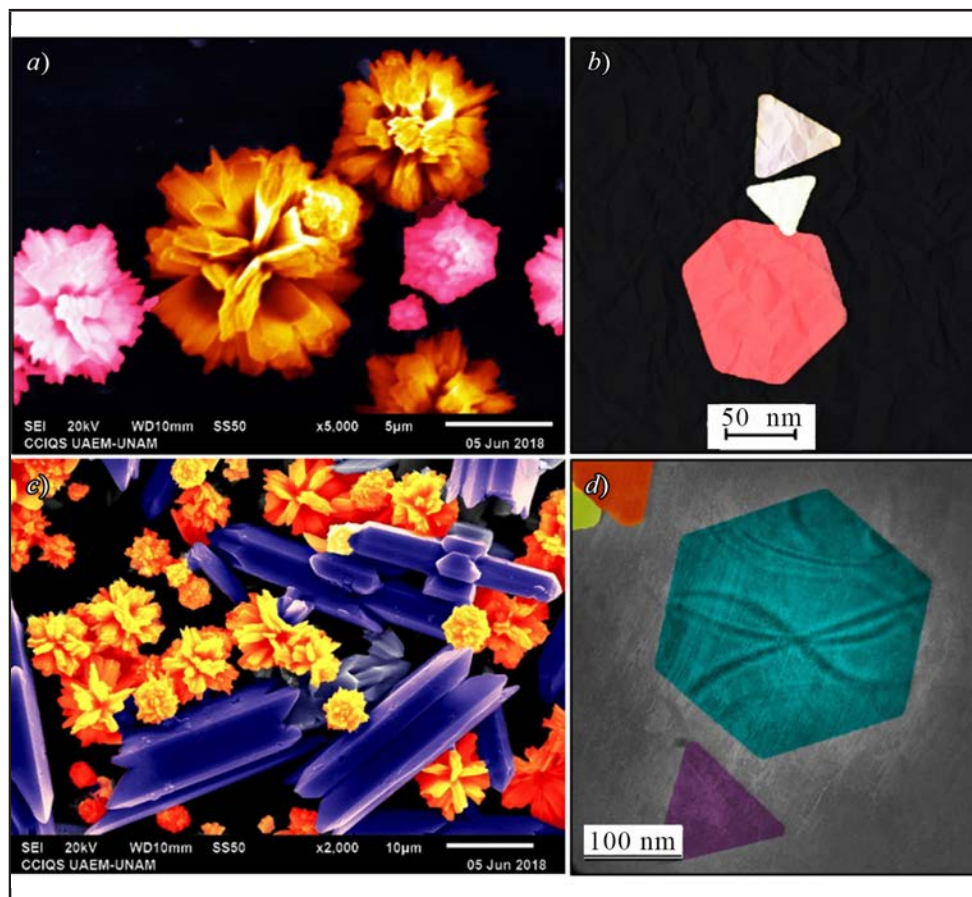


FIGURA 9

Ejemplos de micrografías tomadas con SEM y TEM

Fuente: elaboración propia.

Nota: SEM = microscopio electrónico de barrido, TEM = microscopio electrónico de transmisión.

Esta forma de presentar las micrografías ha sido muy bien aceptada tanto por los lectores de las revistas de divulgación como por los científicos en literatura especializada. Es importante dar a conocer que la microscopía desempeña un papel fundamental para resolver muchos de los urgentes desafíos de nuestra sociedad relacionados con el cambio climático, la energía, la salud y la alimentación (ZEISS Microscopy, 2021). Por tal motivo, varias compañías fabricantes de microscopios tienen concursos para premiar las mejores ediciones y micrografías sacadas con aquellos que son de sus marcas. En la figura 10 se exhibe el primer y segundo lugar del concurso que realiza ZEISS en 2021. La primera micrografía es de Alicia González Segura, Dolores Molina Fernández e Isabel Sánchez Almazo de la Universidad de Granada (España), la cual se obtuvo como parte de un estudio de diversidad de fitoplancton con un microscopio GeminiSEM; la segunda, de Andreas Kopp de la Universidad Aalen en Alemania, corresponde a fluoruros sobre la superficie de una batería de iones de Li, la cual se tomó con un SEM Crossbeam 550.

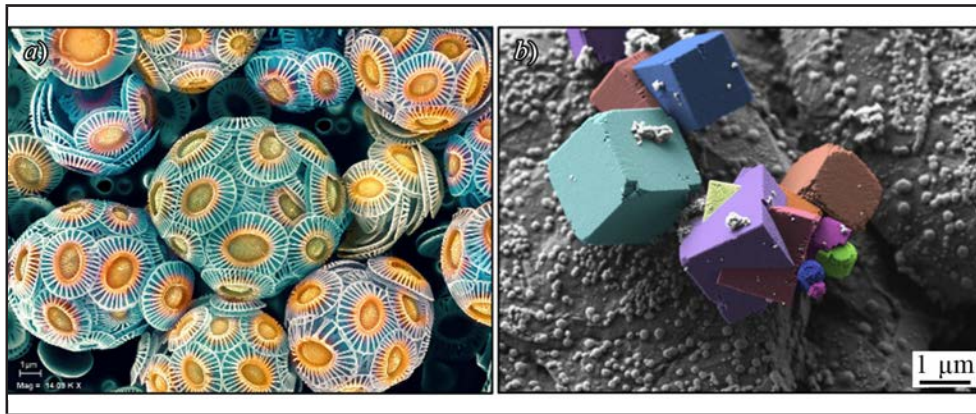


FIGURA 10

Primer y segundo lugar del concurso de micrografías organizado por ZEISS

Fuente: ZEISS Microscopy, 2021.

3. COSTO DE MICROSCOPIOS

Algunos de los microscopios de los que hemos hablado hasta ahora resultan ser equipos grandes que requieren una gran inversión y financiamiento para su mantenimiento; de acuerdo con esto, para muchas empresas o institutos no representa una gran carga. Ahora bien, si nosotros como personas comunes quisiéramos tener nuestro propio microscopio, ¿qué necesitaríamos?, ¿cuánto dinero requeriríamos?, ¿podríamos comprar uno? En Amazon se encuentran microscopios desde MXN 200, que se adaptan al celular y tienen una ampliación de 60x, hasta algunos de MXN 15 000 con un rango de magnificación de 3.5x a 45x. En Laboteca® se puede encontrar desde un microscopio monocular para niños en MXN 2 153.00, con objetivos de 4X, 10X y 40X, hasta un microscopio triocular invertido útil para ver cultivos celulares, monitorear la actividad y crecimiento celular, así como en producción y calidad de productos biológicos (Laboteca, 2021). Y ni hablar de los microscopios más especializados que suelen estar por arriba del millón de pesos mexicanos. Por ejemplo, los microscopios electrónicos a los que tiene acceso nuestro grupo de investigación tuvieron un costo de alrededor de MXN 2 800 000.00 para el SEM de la marca JEOL y de MXN 9 400 000.00 para el TEM de la misma marca. De acuerdo con algunas cotizaciones, algunos microscopios electrónicos de barrido Versa 3D tienen un precio de MXN 17 700 000.00, vendido por FEI Technology, un SEM con haz de iones enfocado (FIB) en MXN 32 400 000.00 y un SEM por emisión de campo (FESEM) en MXN 15 000 000.00, los dos vendidos por Thermo Scientific® (estos precios no son exactos y pueden variar, pero se mencionan para dar una idea al lector del costo real de los microscopios de esta gama). Otro ejemplo es el microscopio electrónico de holografía de resolución atómica, construido por Hitachi, que tiene un costo de varias decenas de millones de pesos, que lo convierte en el más grande del mundo al momento.

Por otra parte, Joel Collins y Richard Bowman desarrollaron el proyecto OpenFlexure (figura 11) para la elaboración de microscopios ópticos con impresión 3D de código abierto. Collins y Bowman han producido alrededor de cien microscopios en Tanzania y Kenia para aplicaciones en educación, ciencia y medicina (Collins *et al.*, 2020). Este microscopio tiene un costo mínimo que va de 15 a USD 251 y tiene una forma muy parecida al microscopio óptico convencional. Otra opción en la impresión 3D es la iniciativa UC2, la cual tiene las instrucciones para imprimir diferentes cubos que te llevan a armar diferentes tipos de microscopios a bajo costo (Diederich, 2021). Los que son de este tipo tienen una resolución parecida a los profesionales y son útiles en lugares en donde no se puede acceder a los más costosos. Una aplicación en extremo útil para este tipo de microscopios es la detección de enfermedades como la malaria, en regiones remotas de países de tercer mundo, donde los recursos son limitados (Ganem y Aranda, 2020).

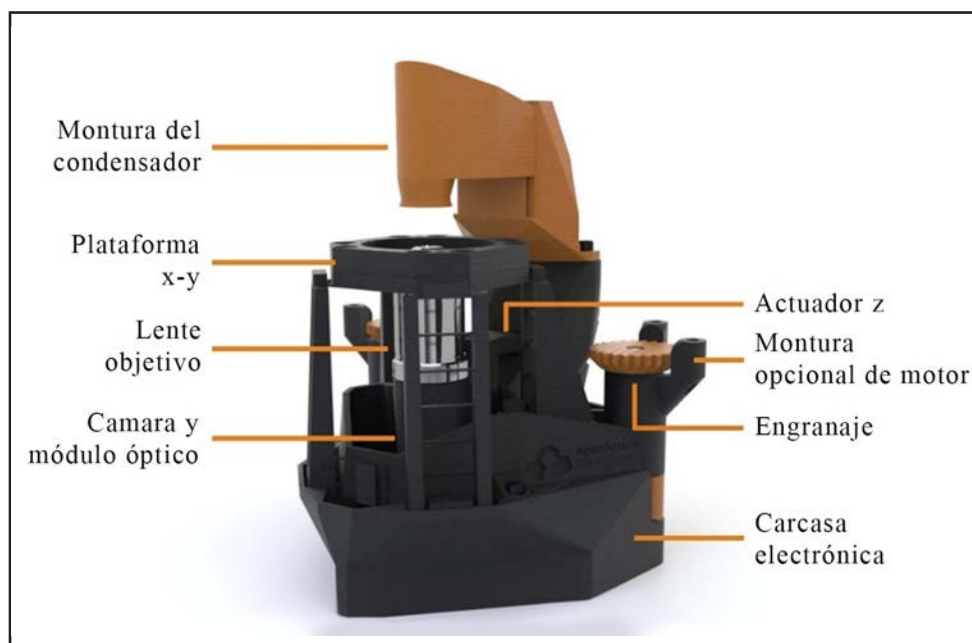


FIGURA 11

Microscopio formado con el programa OpenFlexure

Fuente: reproducido a partir de Collins *et al.*, 2020.

4. PREMIOS NOBEL RELACIONADOS CON LA MICROSCOPIA

Las aplicaciones que se le han dado a los microscopios y el desarrollo de nuevas técnicas en la microscopía han llevado a diferentes investigadores a ganar uno de los premios más reconocidos en el ámbito científico, el Premio Nobel, el cual se otorga a personas o instituciones que hayan tenido un aporte profundo a la ciencia y un impacto social notable.

El Premio Nobel de Física de 1986 se dividió en dos: la primera parte fue para Ernst Ruska “por su trabajo fundamental en óptica electrónica, y por el diseño del primer microscopio electrónico”, y la segunda parte fue para Gerd Binnig y Heinrich Rohrer “por su diseño del microscopio de túnel de barrido” (The Nobel Prize, 2021a). En 2014 el Premio Nobel de Química fue para los investigadores Eric Betzig, Stefan W. Hell y William E. Moerner por desarrollar la técnica de microscopía de fluorescencia con superresolución, por lo que se evadió así el límite de difracción impuesto por la luz visible al alcanzar una resolución de 50-60 nm y 150 nm de resolución lateral y axial respectivamente, que deja el “nunca” de Abbe (200 nm) finalmente superado (Arroyo-Pieck y Peón, 2015).

Años después, en 2017 dos premios nobel fueron concedidos, el primero directamente por el desarrollo de una técnica de microscopía y el segundo por un descubrimiento gracias a esta técnica. El primero fue en el área de química para Jacques Dubochet, Joachim Frank y Richard Henderson por desarrollar la criomicroscopía electrónica de alta resolución, una técnica esencial para determinar la estructura 3D de biomoléculas en solución y virus (como el famoso COVID-19), la cual alcanza una resolución de $\sim 3\text{\AA}$ (The Nobel Prize, 2021). Y el segundo fue para Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash y Michael W. Young que obtuvieron el Nobel en Medicina por utilizar la criomicroscopía electrónica para descubrir el mecanismo molecular que controla el ritmo circadiano (Amador-Bedolla, 2018). El Premio Nobel es el máximo reconocimiento a nivel mundial para los científicos, y para quienes han desarrollado o usado nuevas técnicas en la microscopía, lo cual demuestra el profundo impacto científico y social que ha tenido, tiene y tendrá.

PROSPECTIVA

El avance que ha tenido la microscopía a lo largo de estos años es una manifestación viva de la curiosidad del hombre por entender el mundo que lo rodea. “Ver” el entorno más allá de las limitaciones físicas que impone la fisiología humana, además de fascinante, también es conmovedor, pues lleva intrínseca la intención de responder a alguna de las preguntas más bellas, inquietantes y difíciles para el hombre, que en el caso de la microscopía sería: ¿De qué estamos hechos? A medida que el poder de resolución de los microscopios aumenta para identificar objetos cada vez más pequeños, aquellos días en los que sólo se podía observar con mucho trabajo la vida que estaba escondida en una gota de agua con algunos insectos se han transformado hasta hacer visible el mundo de los átomos donde se juega con las reglas de la mecánica cuántica; sin embargo, en ambos casos es cautivante. El desarrollo de la microscopía está garantizado mientras se mantenga la curiosidad del niño que se acerca por primera vez al ocular de un microscopio, que es a final de cuentas una ventana al microcosmos. Aún hay mucho por observar; por tanto, es muy probable que se sigan generando avances científicos y tecnológicos con un profundo impacto social si continúa la observación y estudio del microcosmos de la mano con las técnicas microscópicas pasadas, actuales y futuras.

CONCLUSIONES

De acuerdo con lo expuesto en este artículo, los microscopios han formado parte de nuestra historia: conforme nosotros evolucionamos también los microscopios. Desde el inicio de la historia los seres humanos hemos buscado la forma de explorar el mundo que no podemos observar a simple vista por medio de la invención y desarrollo de técnicas que nos ayudan a lograrlo. Es impresionante imaginar la resolución que tienen los microscopios más potentes del mundo (hasta ahora). Como primer ejemplo, está el microscopio electrónico de resolución atómica, que cuenta con una resolución de 58 pm (0.000058 μm) de la marca JEOL y, como segundo, microscopio electrónico de holografía de resolución atómica, con una resolución de 43 pm (0.000043 μm) de la marca Hitachi, del cual solamente existe uno en el mundo. No podemos dejar de pensar lo mucho que avanzará la microscopía en los siguientes años dado que nuestra curiosidad no tiene límites, la cual comienza con la observación de objetos a través de una gota de agua hasta llegar a los equipos capaces de diferenciar átomos individuales. ¿Qué podemos esperar del futuro? ¿Llegaremos a ser capaces de ver el núcleo atómico? ¿Utilizaremos la física cuántica para ver objetos inimaginables? ¿Qué más hay bajo nuestras manos? Al final del día la microscopía es la llave que abre la ventana a hacia lo más pequeño y paradójicamente nos ha hecho más grande la comprensión que tenemos del mundo que nos rodea.

AGRADECIMIENTOS

A CONAHCYT por su soporte financiero a través de los proyectos “280518 y A1-S-34533 de las convocatorias de Infraestructura 2017 y Ciencia Básica 2018 respectivamente, así como a COMECYT por el apoyo brindado al proyecto de Estancias de Investigación con el folio EESP2021-0072.

Extendemos los agradecimientos a los puntuales y atinados comentarios de los árbitros, ya que con sus sugerencias siempre constructivas contribuyeron a la mejora a la estructura del artículo y también a la Oficina Editorial de CIENCIA *ergo-sum* por el seguimiento constante del proceso editorial.

REFERENCIAS

- Amador-Bedolla, C. (2018). El premio nobel de química 2017: Microscopía crio-electrónica. *Educación Química*, 29(1), 3-8.
- Argonne National Laboratory. (2021) *Carbon-Coated TiO₂ Nanoparticles*. [Micrografía]. CC BY-NC-SA 2.0. <https://creativecommons.org>

- Argonne National Laboratory. (2021). *Forest of Atoms*. [Micrografía]. CC BY-NC-SA 2.0. <https://creativecommons.org>
- Arroyo-Pieck, A. y Peón, J. (2015). Premio Nobel de Química 2014. Microscopía de fluorescencia con super-resolución. *Educación Química*, 26(1), 50-51.
- Ávalos Borja, M. (2012). *Nanopartículas de oro bioeducadas utilizando Botrytis cinerea*. [Micrografía].
- Avendaño, M., Camacho, Y., Caro, S., Consuegra, E., Gerdt, O., Gutiérrez, M. J., Hunseler, V., Jiménez, M., Martínez, K., Moreno, M. C., Torres, M. A., Oyola, L., Padilla, C., Puello, M. J., Tapias, L., Burbano, I. y López Rivero, A. (2020) La historia de la microbiología como una herramienta estratégica de articulación curricular. *Mente Joven*, 9, 45-56.
- Ballesteros, L. F., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2014). Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. *Food and Bioprocess Technology*, 7(12), 3493-3503. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1349-z>
- Benton, D. J., Gamblin, S. J., Rosenthal, P. B., & Skehel, J. J. (2020). Structural transitions in influenza haemagglutinin at membrane fusion pH. *Nature*, 583(7814), 150-153. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2333-6>
- Castro Longoria, E. (2012). *Nanopartículas de oro bioeducadas utilizando Alternaria solani*. [Micrografía].
- Christoforidis, J. B., Terrell, W., & Davidorf, F. H. (2012). Histopathology of optic nerve pit-associated maculopathy. *Clinical Ophthalmology*, 6(1), 1169-1174. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S34706>
- Cobos Murcia, J. Á. (2012). La historia del microscopio (segunda parte). *La Ciencia y El Hombre*, 25(2), 1-5. <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num2/articulos/microscopio/>
- Collins, J. T., Knapper, J., Stirling, J., Mduda, J., Mkindi, C., Mayagaya, V. & Bowman, R. (2020). Robotic microscopy for everyone: the OpenFlexure microscope. *Biomedical Optics Express*, 11(5), 2447. <https://doi.org/10.1364/boe.385729>
- Diederich, B. (2021, July 5). *uC2 – An Open-Source Optical Toolbox for Multi-Modal Imaging in the Incubator*. <https://nanoimaging.de/opensource-microscopy/uc2-open-source-optical-toolbox-multi-modal-imaging-incubator/>
- Fountains of Bryn Mawris. (2021). *Microscope compound diagram*. Licensed with CC BY-SA 3.0. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>
- Friedrich, H., Frederik, P. M., De With, G., & Sommerdijk, N. A. J. M. (2010). Imaging of self-assembled structures: Interpretation of TEM and cryo-TEM images. *Angewandte Chemie*, 49(43), 7850-7858. <https://doi.org/10.1002/anie.201001493>
- FrozenMan. (2011). *Neodymium Crystal Structure Nd₂Fe₁₄B*. [Micrografía]. CC0 1.0.
- Ganem, E. y Aranda, M. de los A. (2020, 28 de noviembre). Microscopios 3D Buenos y Económicos. *El Explicador*. [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=bM8seiIpfP4>
- Gorinstein, S., Pawelzik, E., Delgado-Licon, E., Yamamoto, K., Kobayashi, S., Taniguchi, H., & Trakhtenberg, S. (2004). Use of scanning electron microscopy to indicate the similarities and differences in pseudocereal and cereal proteins. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(2), 183-189. <https://doi.org/10.1046/j.0950-5423.2003.00773.x>
- Hawkes, P. W., & Spence, J. C. (2019). *Springer Handbook of Microscopy*. Springer.
- Haligur, A., Ozkadif, S., & Alan, A. (2019). Light and scanning electron microscopic study of lingual papillae in the wolf (*Canis lupus*). *Microscopy Research and Technique*, 82(5), 501-506. <https://doi.org/10.1002/jemt.23193>
- Kumar, S., Chaudhury, K., Sen, P., & Guha, S. K. (2005). Atomic force microscopy: A powerful tool for high-resolution imaging of spermatozoa. *Journal of Nanobiotechnology*, 3, 1-6. <https://doi.org/10.1186/1477-3155-3-9>
- Kuntsche, J., Horst, J. C., & Bunjes, H. (2011). Cryogenic transmission electron microscopy (cryo-TEM) for studying the morphology of colloidal drug delivery systems. *International Journal of Pharmaceutics*, 417(1-2), 120-137. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2011.02.001>
- Laboteca. (2021, 27 de octubre). *Microscopios*. <https://www.laboteca.com.mx/a/search?type=product&q=microscopio>

- Luque, D., & Castón, J. R. (2020). Cryo-electron microscopy for the study of virus assembly. *Nature Chemical Biology*, 16(3), 231-239. <https://doi.org/10.1038/s41589-020-0477-1>
- Mediannikov, O., Sekeyová, Z., Birg, M.-L., & Raoult, D. (2010). A Novel Obligate Intracellular Gamma-Proteobacterium Associated with Ixodid Ticks, *Diplorickettsia massiliensis*, Gen. Nov., Sp. Nov. *PLOS ONE*, 5(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011478>
- Mediannikov, O., Sekeyová, Z., Birg, M. L. & Raoult, D. (2013). *Diplorickettsia massiliensis* Strain 20B bacteria grown in XTC-2 cells Transmission electron microscopy; staining with red ruthenium. [Micrografía]. CC BY 2.5.
- Mohammed, A., & Abdullah, A. (2018). Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review. *International Conference on Hydraulics and Pneumatics*, 7, 1-9. <https://www.researchgate.net/publication/330168803>
- Osorio, C. (2017). Sobre el origen del término bacteria: Una paradoja semántica. *Revista Chilena de Infectología*, 34(3), 265-269. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182017000300011>
- Park, S., & Sauer, K. (2021). SagS and its unorthodox contributions to *Pseudomonas aeruginosa* biofilm development. *Biofilm*, 3, 100059. <https://doi.org/10.1016/j.biofilm.2021.100059>
- Popescu, G., Park, Y. K., Choi, W., Dasari, R. R., Feld, M. S., & Badizadegan, K. (2008). Imaging red blood cell dynamics by quantitative phase microscopy. *Blood Cells, Molecules, and Diseases*, 41(1), 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.bcmd.2008.01.010>
- Rühl, H. (2012, January 11). *Optical Microscopes – Some Basics*. <https://www.leica-microsystems.com/science-lab/optical-microscopes-some-basics/>.
- Tan, S. Y., & Tatsumura, Y. (2015). *Alexander Fleming (1881-1955): Discoverer of penicillin*. Singapore Medical Journal, 56(7), 366-367. <https://doi.org/10.11622/smedj.2015105>
- The Nobel Prize. (2021a). *The Nobel Prize in Physics 1986*. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1986/summary/>
- The Nobel Prize. (2021b). *The Nobel Prize in Chemistry 2017*. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2017/press-release/>
- Torres-Gómez, N. (2017). Nanoestructuras híbridas Fe₃O₄-Ag-Y₂O₃:Eu³⁺: Evaluación de sus propiedades físicas y su posible aplicación en sensado (tesis de doctorado). UAEM. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/67870>
- Veronesi, F., Lepri, E., Morganti, G., Di Palma, S., Mechelli, L., Moretti, A., & Traversa, D. (2013). Nasal eucoleosis in a symptomatic dog from Italy. *Veterinary Parasitology*, 195(1-2), 187-191. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.01.022>
- Walker, M., Hobot, J. A., Newman, G. R., & Bowler, P. G. (2003). Scanning electron microscopic examination of bacterial immobilisation in a carboxymethyl cellulose (AQUACEL®) and alginate dressings. *Biomaterials*, 24(5), 883-890. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(02\)00414-3](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00414-3)
- Wood, N. (2018). *Daisy pollen*. [Photography]. CC BY-NC-SA 2.0. <https://www.flickr.com/photos/nickwood-photos/38574029165/in/photolist-21LDYYn-EYDhfE>
- Xue, W.-F. (2021). *Strand of human hair from a white Caucasian, AFM*. [Micrografía]. Wellcome Collection. CC BY 4.0. <https://wellcomecollection.org/works/fbx7g2ta>
- ZEISS Microscopy. (2014). *Pollen and stigma, 400x*. [Micrografía]. <https://www.flickr.com/photos/zeissmicro/12696071984>
- ZEISS Microscopy. (2015). *Spherical metallic Ag particle showing the crystallographic growth planes on the surface*. [Micrografía]. CC BY-NC-ND 2.0. <https://www.flickr.com/photos/zeissmicro/23467337760>
- ZEISS Microscopy. (2021). *Ganadores del concurso de microscopía*. [Micrografías]. <https://www.zeiss.com/microscopy/int/cmp/ind/fy-20-21/zeiss-microscopy-image-contest-2021-winners.html#about>

CC BY-NC-ND



Teorías de liderazgo en organizaciones: clasificación paradigmática y oportunidades de investigación

Cernas Ortiz, Daniel Arturo; Mercado Salgado, Patricia

Teorías de liderazgo en organizaciones: clasificación paradigmática y oportunidades de investigación

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e214**

Espacio del Divulgador

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Cernas Ortiz, D. A. y Mercado Salgado, P. (2023). Teorías de liderazgo en organizaciones: clasificación paradigmática y oportunidades de investigación. *CIENCIA ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a10>

Teorías de liderazgo en organizaciones: clasificación paradigmática y oportunidades de investigación

Leadership theories in organizations: Paradigmatic classification and research opportunities

Daniel Arturo Cernas Ortiz*

Universidad Autónoma del Estado de México, México

dacernaso@uaemex.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-7325-1968>

Recepción: 12 de enero de 2022

Aprobación: 27 de abril de 2022

Patricia Mercado Salgado

Universidad Autónoma del Estado de México, México

pmercados@uaemex.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-5140-3139>

RESUMEN

Se analizan y discuten las teorías tradicionales y alternativas de liderazgo en organizaciones a partir de una revisión de la literatura que abarca los principales enfoques utilizados en la investigación contemporánea. El análisis considera las suposiciones subyacentes sobre la naturaleza de la ciencia social y de la sociedad de dichas teorías. Para obtener los resultados, la literatura se categoriza en forma inédita y *ex post facto* en la matriz de cuatro cuadrantes de Burrell y Morgan. Se concluye que la mayoría de la investigación en el tema es funcionalista de corte pragmático y que, de las teorías de los rasgos a la psicología evolucionista, se requiere mayor pluralidad de conocimiento para promover organizaciones, personas y, consecuentemente, sociedades más efectivas.

PALABRAS CLAVE: liderazgo, administración, clasificación metodológica, paradigmas científicos.

ABSTRACT

This study aims to analyze and discuss traditional and alternative theories of leadership in organizations through a literature review encompassing the main approaches utilized in contemporary leadership research. The analysis considers the underlying assumptions about the nature of social science and society of these theories. To obtain the results, the literature is categorized in a novel and *ex post facto* approach in Burrell and Morgan's four-paradigm matrix. It is concluded that most of the research on the topic is functionalist with a pragmatic orientation and that, from the trait theories of leadership to the evolutionary psychology, a greater plurality of knowledge is required to promote more effective organizations, individuals and, consequently, societies.

KEYWORDS: leadership, management, methodological classification, scientific paradigms.

INTRODUCCIÓN

Por muchos años, el liderazgo ha sido un fenómeno atractivo en la literatura de organizaciones. Aunque Robbins y Judge (2017) indican que el liderazgo es la influencia especial que una persona, “el líder”, ejerce sobre sus “seguidores” para promover el alto desempeño organizacional, investigadores como Schyns y Riggio (2016), por el contrario, postulan que el liderazgo es sólo un fenómeno simbólico de poca consecuencia. En este escrito las teorías que concuerdan con la primera acepción se presentan como teorías tradicionales de liderazgo. Las teorías que consideran al liderazgo como un fenómeno subjetivo se categorizan como teorías alternativas de liderazgo. Aunque esta taxonomía es inédita en la literatura, concuerda con la de Mabey (2013), al clasificar distintas teorías de liderazgo en organizaciones de acuerdo con el discurso metateórico dominante al que se apegan.

Dicho lo anterior, y en el contexto de las diferentes aproximaciones al tema, el propósito de este artículo es examinar las suposiciones filosófico-metodológicas de algunos de los principales acercamientos teóricos al liderazgo y

*AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

dacernaso@uaemex.mx

sugerir áreas para mayor trabajo interparadigmático. Para lograr el objetivo, se utiliza el esquema clásico de cuatro paradigmas de Burrell y Morgan (1979), pues provee de una guía para identificar tendencias y proponer nuevos desarrollos de investigación.

En concordancia con Morgan (1980), se utiliza el término paradigma en sentido metateórico para denotar una visión explícita de la realidad. Burrell y Morgan (1979) postulan que diferentes *paradigmas* coexisten sincrónicamente y que tal pluralidad enriquece el conocimiento. Esto difiere del pensamiento de Khun (1962), para quien un paradigma es un tipo de consenso diacrónico sobre las suposiciones y problemas en los que la “ciencia normal” se basa y enfoca. La contribución de Burrell y Morgan (1979) se ha utilizado para analizar la gestión del conocimiento (Schultze y Stabell, 2004) y los negocios internacionales (Kuada, 2009). Ahora, en este documento, se aplica al liderazgo para exponer los alcances y limitaciones de varias de sus teorías y sugerir áreas de futura investigación interparadigmática. El conjunto de teorías examinadas es el más utilizado en la ciencia organizacional (Robbins y Judge, 2017).

A continuación, se describen de manera breve las aproximaciones teóricas más relevantes al liderazgo como base de discusión de sus suposiciones fundamentales, lo cual da paso a la presentación de los cuatro paradigmas de Burrell y Morgan (1979) y al análisis de la investigación en el tema. Al final, se discuten asuntos intraparadigmáticos contenciosos y se proponen ideas para estimular la investigación intra e interparadigmática.

1. TEORÍAS TRADICIONALES DE LIDERAZGO

Para comenzar esta sección, considérese la siguiente pregunta clásica: ¿Hay atributos identificables característicos de los individuos que se convierten en grandes dirigentes? Suponiendo la existencia *a priori* de un conjunto de características que identifican a los líderes, una de las primeras respuestas de investigación a este cuestionamiento provino de las teorías de los rasgos. Al hacer énfasis en características individuales estables, estas teorías postulan que los líderes “nacen” con una personalidad extrovertida (Kalish y Gil, 2021) y con capacidades como la inteligencia emocional (Dasborough *et al.*, 2022) que los identifican como tales. Sin embargo, aunque la investigación ha detectado características como la extroversión que predicen la emergencia de los líderes, la evidencia ha sido menos concluyente con respecto a rasgos específicos que predigan su efectividad (Robbins y Judge, 2017).

Como alternativa, la investigación se volcó sobre las teorías conductuales originadas en las universidades estatales de Ohio y Michigan (EE. UU.). Ecuménicamente, se postuló que, en lugar de rasgos, ciertos comportamientos como la estructura inicial identificaban a los “buenos líderes” y que, por lo tanto, el aprendizaje sería clave para “hacer” dirigentes efectivos (Li, 2018). No obstante, según Robbins y Judge (2017), las teorías conductuales omitieron que los “buenos” líderes se pueden volver “malos” dependiendo de la situación.

Superada dicha limitante, las teorías situacionales de liderazgo emergieron para tomar en consideración al entorno. El enfoque situacional más básico, la teoría de las contingencias de liderazgo, postula que los líderes no cambian su estilo y que, para tener éxito, deben estar en un contexto favorable (Ayman *et al.*, 1995). Por otro lado, y relajando la suposición de imposibilidad de cambio conductual, un enfoque más completo es la teoría del liderazgo trayectoria-meta: los líderes efectivos adaptan su estilo (comportamiento) a las condiciones de los seguidores y a la situación (Saleem *et al.*, 2021). Como se implica, aunque ambas teorías dan importancia al contexto, discrepan en la posibilidad de adaptación del líder. También, desestimando dicha posibilidad, la teoría situacional del intercambio líder-miembro (o LMX) postula que los líderes desarrollan diferentes relaciones con distintas personas y que, por ello, para tener éxito trabajan de manera eficaz con sus colaboradores cercanos, mientras reemplazan a los demás (Kairiuki, 2020).

De forma alternativa, y restándole utilidad a rasgos básicos, comportamientos y situaciones, las teorías transformacionales se propusieron como alternativa al estudio de la dirigencia. Para Bass y Avolio (1995) y Zhu *et al.* (2019) estas teorías asumen que un liderazgo exitoso involucra influencias idealizadas, simbolismo, carisma, determinación y confianza que el líder despliega ante sus seguidores (discípulos en caso extremo); por consiguiente, los motiva a que perciban heroísmo, modifiquen sus valores y pongan su corazón (y su vida) en la causa. En suma, las teorías tradicionales no sólo hacen énfasis en el líder, sino que establecen estilos ideales para maximizar la influencia en diferentes circunstancias.

2. TEORÍAS ALTERNATIVAS DE LIDERAZGO

En esta sección cabe considerar una pregunta diferente: ¿Son los líderes indispensables en las organizaciones? Esta pregunta es un cuestionamiento fundamental cuya respuesta es “no” para la teoría de los sustitutos de liderazgo. Autores como Kroon *et al.* (2017) sugieren que algunas características del trabajo (p. ej. autonomía) son motivantes *per se* haciendo, en consecuencia, innecesaria la actuación de los líderes. Investigaciones empíricas recientes como la de Peiró *et al.* (2020) atestiguan la relevancia de las características motivantes del trabajo como sustitutos del liderazgo. Previamente, sin embargo, y también poniendo en duda la verdadera importancia de los dirigentes, la concepción romantizada de liderazgo ya había postulado que, en un “acto de fe”, la gente atribuye a los líderes (que son sólo símbolos) la causa del éxito (o el fracaso) de los esfuerzos organizacionales, aun cuando los resultados sean explicados por factores ambientales (Meindl *et al.*, 1985).

Por otro lado, para Sánchez y Lehnert (2019), en las organizaciones abundan los estereotipos en cuanto a la representatividad y efectividad de las mujeres (y otras minorías) como líderes. Contribuyendo a entender este fenómeno, las teorías implícitas de liderazgo indican que las imágenes subjetivas de lo que es un líder se activan cuando oímos hablar de uno (Schyns y Riggio, 2016). Este enfoque hace eco de la observación de Pfeffer (1977) en lo concerniente a que la selección de candidatos a puestos directivos estaría usualmente limitada a aquellos individuos que se ajustan a la imagen socialmente construida de un dirigente. Para comprender dicha imagen, la psicología evolucionista postula que las creencias implícitas de lo que es un líder exitoso son un residuo de la evolución humana. Autores como Re *et al.* (2013) argumentan que, en la prehistoria, ser hombre, mostrar confianza e incluso la estatura o la belleza, eran características conspicuas de los cazadores cabecilla. Los humanos, por lo tanto, heredaríamos la propensión a dirigir y ser dirigidos por arquetipos ancestrales (Kuwabara *et al.*, 2016; Nicholson, 1997). En síntesis, las teorías alternativas presentadas desestiman la superioridad del líder y enfatizan la del entorno, el mundo subjetivo y los procesos sociales y naturales complejos.

3. LA INVESTIGACIÓN EN LIDERAZGO Y EL ESQUEMA DE BURRELL Y MORGAN

Burrell y Morgan (1979) postulan que la investigación organizacional puede clasificarse de acuerdo con sus suposiciones subyacentes de la naturaleza de la ciencia social y de la sociedad.

3. 1. Suposiciones sobre la naturaleza de la ciencia social

Los autores indicados argumentan que la naturaleza de la realidad social determina el enfoque científico y el tipo de conocimientos que se producen en un tema. Así, una aproximación objetiva a la realidad social supone una ontología realista, una epistemología positivista, una naturaleza humana determinista y una metodología nomotética. Una aproximación subjetiva, por el contrario, supone una ontología nominalista, una epistemología no positivista, una naturaleza humana voluntarista y una metodología ideográfica. Imbricando las teorías de liderazgo expuestas, a continuación se abordan estas cuatro suposiciones.

Primero, las teorías organizacionales presuponen una de dos ontologías: realista o nominalista (Burrell y Morgan, 1979). La ontología realista presume que hay tal cosa como un mundo social “duro y objetivo” externo a la conciencia (Hammer, 1990). Por su parte, para la ontología nominalista no existe dicho mundo ni hay tal realidad externa (Miller, 2020). Con esto en mente, todas las teorías tradicionales de liderazgo supondrían una ontología realista, ya que, como que existen piedras o árboles, los líderes tienen ciertos rasgos, o despliegan ciertos comportamientos, e influyen a sus seguidores. En el conjunto de las teorías alternativas, el enfoque de los sustitutos del liderazgo también comparte una ontología realista debido a que enfatiza unas características objetivas del trabajo (p. ej. autonomía) cuyo efecto se asume invariante entre personas. En contraste, la concepción romantizada de liderazgo, las teorías implícitas de liderazgo y la psicología evolucionista consideran que no hay en realidad líderes en el mundo, sino que ciertas personas fungen sólo como símbolos que ayudan a hacer sentido de los eventos organizativos.

Segundo, las teorías también toman una epistemología positivista o una no positivista (Burrell y Morgan, 1979). Las teorías positivistas suponen que el mundo social se puede estudiar igual que el natural y que el conocimiento es acumulativo, siempre y cuando se prueben hipótesis y se refinen conocimientos o se hagan descubrimientos (Céspedes, 2021). Las teorías no positivistas, en oposición, rechazan la posibilidad del conocimiento objetivo y toman a la teoría sólo como una interpretación de estímulos externos (Welch *et al.*, 2013). En conjunto, las teorías tradicionales de liderazgo y los substitutos de liderazgo corresponderían a la epistemología positivista, ya que establecen y miden variables objetivas que ponen a prueba en hipótesis. Tales teorías son fundamentalmente congruentes, puesto que abordan el liderazgo desde una ontología realista y una epistemología positivista. En cambio, la mayoría de las teorías alternativas son congruentes hasta cierto grado, ya que presuponen una ontología nominalista, pero una epistemología positivista. Es decir, aunque estas teorías consideran al liderazgo como inseparable de la apreciación humana (los líderes sólo son símbolos), abordan el liderazgo “desde afuera” con reglas positivistas.

Tercero, las teorías organizacionales también consideran al ser humano como determinado por la situación o ambiente, o como una criatura dotada de voluntad libre (Burrell y Morgan, 1979). En reflexión, las teorías tradicionales, los substitutos de liderazgo y la psicología evolucionista presumen un ser humano determinado por las circunstancias. Ya que dichas teorías consideran a los líderes, y a sus seguidores, como condicionados por rasgos, comportamientos, situaciones, características del trabajo o herencias naturales, para ellas no hay voluntad libre. Alternativamente, ya que las atribuciones que los seguidores hacen de las características y capacidades de los líderes dan un sentido de control (Lee y Fiore, 2020), las teorías implícitas de liderazgo asumirían una naturaleza humana voluntariosa. Pfeffer (1977) indica que, al menos de forma parcial, el estudio del liderazgo implica creer en la efectividad del dirigente porque es más controlable que otros factores externos a la organización. Partiendo de estos aspectos, también la concepción romantizada de liderazgo asumiría una naturaleza humana voluntariosa.

Cuarto, las teorías se analizan en función de sus metodologías asociadas (Burrell y Morgan, 1979). De esta manera, mientras que las metodologías nomotéticas, como las encuestas y los experimentos, recurren a constructos *a priori* y a técnicas de análisis numéricas que producen resultados generalizables en apariencia, las metodologías ideográficas no parten de constructos *a priori*, sino que ocupan técnicas como la etnografía o la hermenéutica que conllevan una inmersión en el contexto para comprender la realidad subjetiva (Turner, 2007). En consecuencia, tanto las teorías tradicionales como las alternativas (a excepción quizá de las teorías implícitas de liderazgo) en su mayoría emplean una metodología nomotética. Casi siempre, la investigación en estas teorías utiliza encuestas y experimentos para reportar significatividad estadística como evidencia de generalización. Para las teorías implícitas de liderazgo, Pfeffer (1977) sugiere una metodología ideográfica, pues el análisis fenomenológico del liderazgo se enfoca en la distinción entre la causalidad como la percibe el individuo y como la aprecia un observador externo.

En resumen: mientras que las teorías tradicionales de liderazgo presumen una naturaleza objetiva de la ciencia social (son realistas, positivistas, deterministas y nomotéticas), las teorías alternativas no son consistentes en asumir una naturaleza subjetiva de la ciencia social. Por un lado, la teoría de los substitutos de liderazgo estaría de acuerdo en su totalidad con la naturaleza objetiva de la ciencia en todas sus dimensiones; por otro, la concepción romantizada de liderazgo es básicamente subjetiva en ontología y naturaleza humana, pero objetiva en epistemología y metodología. Por último, la psicología evolucionista es subjetiva sólo en ontología, donde (al parecer) las teorías implícitas de liderazgo son el único esquema consistente con una naturaleza subjetiva de la ciencia social.

3. 2. Suposiciones sobre la naturaleza de la sociedad

En paralelo con lo anterior, para Burrell y Morgan (1979) las teorías explican el orden social y el equilibrio, o bien abordan el cambio, el conflicto y la coerción. La sociología de la regulación subraya la cohesión social tratando de explicar el *statu quo*; antagónicamente, la sociología del cambio radical aborda el conflicto y se aboca a lo que podría ser un cambio más que a lo que ocurre en el *statu quo*. A partir de estas premisas, Callaghan (2016) postula que las teorías que describen relaciones y explican funciones están comprometidas con la sociología de la regulación y que aquellas que implican

preocupación por las potencialidades y alternativas concuerdan con la sociología del cambio radical. Por implicación, todas las teorías de liderazgo mencionadas en este documento suponen la sociología de la regulación. Esto se debe a que tanto las teorías tradicionales de liderazgo, como las alternativas, tratan de explicar lo que es el liderazgo más que sus implicaciones en la alienación (subjetiva) de las personas de sí mismas y la dominación (objetiva) de unas personas (líderes) sobre otras (seguidores).

4. LOS PARADIGMAS DE BURRELL Y MORGAN Y LA INVESTIGACIÓN EN LIDERAZGO

A partir de la yuxtaposición perpendicular de las suposiciones sobre la naturaleza de la ciencia social (objetiva y subjetiva) y la naturaleza de la sociedad (de la regulación y del cambio radical), Burrell y Morgan (1979) obtienen una matriz de cuatro cuadrantes (paradigmas). Este esquema se describe a continuación.

El paradigma funcionalista está enraizado en la sociología de la regulación y aborda los problemas que le competen desde un punto de vista objetivo. Este paradigma es el dominante en la ciencia social y produce conocimientos que explican una realidad empírica concreta y que pueden ser puestos en práctica para solucionar problemas (Gioia y Pitre, 1990). Por otro lado, el paradigma interpretativo emerge de la sociología de la regulación, pero, a diferencia del funcionalismo, aspira a entender el mundo desde el punto de vista del sujeto en acción. El paradigma humanista radical, en comparación, es la antípoda del funcionalista porque las suposiciones de las que parte problematizan el *status quo* y nulifican la realidad objetiva. Este paradigma no se interesa en explicar la realidad como es, sino en derrocar las mentalidades que “fuerzan a ser lo que no se es”. Alternativamente, el paradigma estructuralista radical también emerge de la sociología del cambio radical, pero, al contrario del humanismo, aborda los problemas sociales con objetividad. El estructuralismo radical se interesa en las posibilidades de cambio estructural para que las personas lleguen a ser lo que podrían y deberían ser.

4. 1. Ubicación paradigmática

Partiendo del último párrafo, se puede decir que todas las teorías tradicionales son funcionalistas y altamente pragmáticas porque explican el liderazgo en un modo que genere conocimiento útil para los administradores en la gestión de organizaciones. Por ejemplo, las teorías de los rasgos, las conductuales, las situacionales y las transformacionales están empecinadas en encontrar regularidades que auxilien a los administradores en la práctica. A su vez, los consultores corporativos traducen esos conocimientos en prescripciones del tipo “haga esto” o “compórtese así” para elevar el desempeño del administrador (Tooze, 2015).

Por otro lado, la psicología evolucionista y la concepción romantizada de liderazgo son casos especiales de funcionalismo. La primera considera al liderazgo como un asunto subjetivo, pero lo aborda con una epistemología positivista, métodos nomotéticos y concibe al ser humano como determinado por su herencia natural; por ello, se sitúa cerca de la frontera entre los paradigmas funcionalista e interpretativo. La concepción romantizada de liderazgo se ubicaría en un punto intermedio entre funcionalismo e interpretativismo, pues presupone el nominalismo y la voluntad libre, pero también el positivismo y los métodos nomotéticos. Con respecto a las teorías implícitas de liderazgo, su investigación se localizaría en el interpretativismo, pero también cruza al funcionalismo ya que la investigación en tales teorías utiliza, a veces, métodos nomotéticos (Schyns *et al.*, 2020; Kalish y Gil, 2021). La figura 1 ilustra estas ideas.

ANÁLISIS PROSPECTIVO: INVESTIGACIÓN INTRA E INTERPARADIGMÁTICA

Aunque la investigación en liderazgo en organizaciones sea fundamentalmente funcionalista, no implica que no sea progresiva (en un sentido lakatosiano), pues cada nueva teoría expande el conocimiento al proveer más contenido empírico que sus predecesoras. Por ejemplo, se ha encontrado que el liderazgo transformacional explica

varianza en los resultados organizacionales más allá de la explicada por modelos como el trayectoria-meta (Waldman *et al.*, 2000). Sin embargo, la investigación funcionalista permanece estacionaria en las mismas preguntas clásicas: ¿Cuáles son los rasgos y comportamientos (del líder) y/o las situaciones y características (del trabajo) que se asocian a una dirigencia efectiva? ¿Qué variables (p. ej. rasgos o comportamientos) explican más varianza en el liderazgo efectivo? Ha sido tanta la redundancia en la investigación funcionalista que Alvesson y Einola (2019) cuestionan si los “nuevos” enfoques como el liderazgo auténtico, el de servicio y/o el ético son en realidad diferentes del transformacional. En esencia, la investigación funcionalista necesita nuevos rumbos.

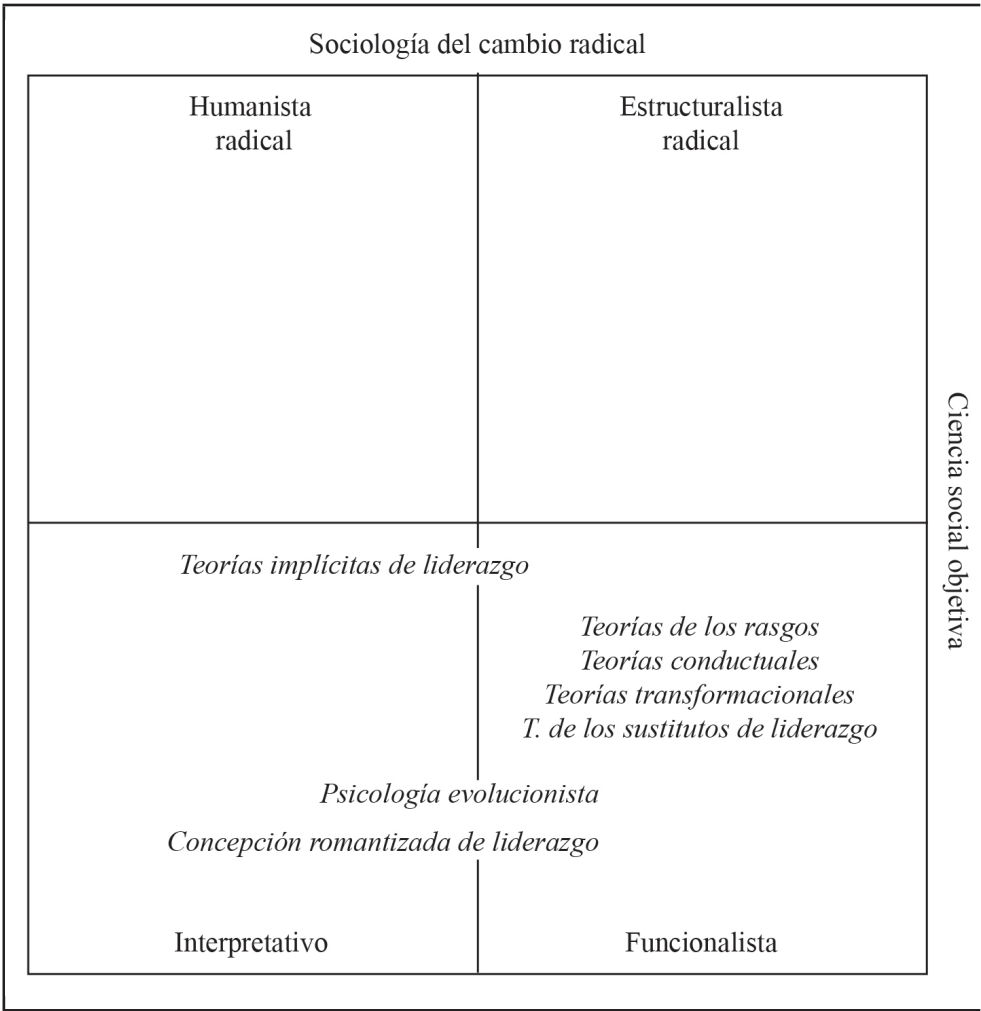


FIGURA 1
Ubicación paradigmática de las teorías de liderazgo en organizaciones
Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, la investigación interpretativa en liderazgo es escasa; una razón sería el aparentemente pobre valor práctico del trabajo interpretativo en el tema. Por ejemplo, con respecto a las teorías implícitas de liderazgo, la comprensión de las heurísticas personales es un conocimiento limitadamente generalizable y difícil de traducir en prescripciones para mejorar la práctica administrativa. No hay que olvidar que, debido a su naturaleza subjetiva, los estudios interpretativos son poco generalizables (Agarwal y Sandiford, 2021).

Dicho lo anterior, la comunicación interparadigmática entre el funcionalismo y el interpretativismo podría vigorizar a la investigación intraparadigmática futura en el tema; por ejemplo, para el interpretativismo el liderazgo es sólo una idea subjetiva. Por ello, la investigación funcionalista relajaría sus suposiciones de objetividad y cedería

al análisis de los procesos, circunstancias y variables que hacen que las personas (seguidores) consideren como una realidad objetiva la existencia de líderes y aun su propio papel como seguidores. En forma similar, la investigación interpretativa tomaría la idea funcionalista de que, en cierta forma, el proceso de creación de significado empieza cuando las personas dan por hecho (asumen objetivamente) que en el mundo hay dirigentes y dirigidos. A partir de esto, se podrían estudiar ideográficamente las interacciones y las circunstancias por las que la idea de liderazgo emerge y se desarrolla en los seguidores y cómo, con el tiempo, esas interacciones y circunstancias vienen a tomar un carácter de realidad objetiva.

En específico, teorías como la concepción romantizada de liderazgo (que cruzan la frontera entre los paradigmas funcionalista e interpretativo) expandirían su horizonte por medio de la adopción de las suposiciones del paradigma fronterizo. Por ejemplo, si la concepción romantizada indica que el liderazgo es sólo una heurística mental (concepto objetivo) para hacer sentido en un mundo subjetivo, ¿por qué no más investigadores hacen inmersiones profundas en organizaciones para experimentar de primera mano cómo funciona el proceso subjetivo de atribuciones de liderazgo? Tales inmersiones (ideográficas) sacarían a la luz procesos matizados y complejos que servirían de base para trabajos futuros que, con métodos nomotéticos, probarían hipótesis en muestras de organizaciones. El resultado de la prueba de hipótesis producirá más conocimiento generalizable y práctico. Proyectos de este tipo serían un caso de colaboración interparadigmática hacia un progreso intraparadigmático.

Al margen de lo anterior, mención especial merece el hecho de que no se identifiquen teorías de liderazgo radical humanista y radical estructuralista. Vieja es la crítica de que la investigación funcionalista fomenta la alienación del empleado y su subyugación por parte de las élites^[1] (Frost, 1980). No obstante, esto no es inesperado si se considera que la mayoría de las teorías de liderazgo tienen una clara tendencia a generar conocimientos “útiles”, pues parte de la reafirmación de la dinámica objetiva entre líderes y seguidores. Pero, si para el humanismo radical el liderazgo como hecho objetivo no existe, ¿cómo podría haber una teoría enraizada en ese paradigma que abordara el tema? En ese paradigma se encuadra el trabajo de Western (2008), quien analizó los discursos de liderazgo en administración para generar una agenda de cambio y derrocar ideologías opresivas.

Obviamente, trabajos como el de Western (2008) son la antípoda del *status quo* que estudian y promueven la gran mayoría de las teorías organizacionales de liderazgo. Algo similar sucede con la posible investigación estructuralista radical en el tema, donde se presumiría una estructura social objetiva (p. ej. élite empresarial) que promovería la existencia de líderes y seguidores para beneficio, en particular, de los primeros. Aunque es difícil pensar que alguna teoría administrativa abordará semejante asunto, en el futuro sería deseable que así fuera para inyectar vigor, pero, sobre todo, mayor pluralismo y conciencia social al estudio de la dirigencia organizacional.

Con todo, cabe considerar que el esquema de Burrell y Morgan (1979) ha sido objeto de detracciones y desafíos. Deetz (1996), por ejemplo, ha sido uno de sus críticos más acérrimos al postular que la dimensión objetiva-subjetiva de la ciencia social es simplista y engañosa. Por ende, en el futuro deberían usarse otros esquemas (p. ej. Mabey, 2013) para mejorar la comprensión del fenómeno en cuestión. Incluso, análisis posteriores deberán abordar a detalle las objeciones que las corrientes posmodernistas de la ciencia organizacional han planteado al funcionalismo dominante (Parker, 1992). El posmodernismo postula un mundo construido continuamente mediante discursos negociados en el proceso de entendimiento (*sensemaking*). En consecuencia, y a partir de la óptica posmodernista, la discusión de los fundamentos del liderazgo (p. ej. ¿Se entiende mejor desde la razón o desde el análisis de la construcción social?) promete ser substancial.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Tan relevante como es el liderazgo para las organizaciones, en la literatura existe una variedad de teorías que difieren no sólo en sus implicaciones directas para administradores y empleados, sino en sus suposiciones fundamentales en cuanto a aspectos centrales de ontología, epistemología, metodología, naturaleza humana y de la sociedad. Desde las teorías de los rasgos (que por lo general asumen que los líderes nacen) a la psicología

evolucionista (que concibe al liderazgo como un residuo de la evolución), el conjunto de teorías de liderazgo en organizaciones puede clasificarse como tradicionales y alternativas y, a partir del esquema de Burrell y Morgan (1979), examinarse sus alcances y limitaciones paradigmáticos con miras a generar más conocimiento plural en el área.

Un resultado evidente del análisis realizado es que la gran mayoría de la investigación en liderazgo es funcionalista, lo cual si bien ha sido de gran ayuda para las organizaciones, estaría estancado en asuntos clásicos sin haber llegado a colaboraciones interparadigmáticas. En aras de comprender mejor el liderazgo, en el futuro será necesario considerar la investigación radical humanista y estructuralista para promover organizaciones más efectivas y trascender a un mundo más igualitario donde los empleados (seguidores), y también los líderes, se emancipen de ideologías y estructuras sociales que limitan su superación.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra más sincera gratitud a los árbitros que, amable y profesionalmente, revisaron este artículo y contribuyeron a mejorarlo con sus valiosos comentarios y aportaciones. Gracias también a la instructora y a los participantes del curso Foundations of Scientific Inquiry del Doctorado en Gestión, en la Universidad del Norte de Texas, por sus comentarios y reflexiones sobre las ideas plasmadas.

REFERENCIAS

- Agarwal, A., & Sandiford, J. (2021). Fictionalizing dialogue: interpretative phenomenological analysis in organizational research. *Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal*, 16(1), 218-236. <https://doi.org/10.1108/QROM-01-2020-1885>
- Alvesson, M., & Einola, K. (2019). Warning for excessive positivity: Authentic leadership and other traps in leadership studies. *Leadership Quarterly*, 30(4), 383-395. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2019.04.001>
- Ayman, R., Chemers, M., & Fiedler, F. (1995). The contingency model of leadership effectiveness: Its level of analysis. *Leadership Quarterly*, 6(2), 147-167. [https://doi.org/10.1016/1048-9843\(95\)90032-2](https://doi.org/10.1016/1048-9843(95)90032-2)
- Bass, B., & Avolio, B. (1995). *MLQ Multifactor Leadership Questionnaire*. Palo Alto: Mind Garden.
- Burrell, G., & Morgan, G. (1979). *Sociological paradigms and organizational analysis*. London: Ashgate Publishing Company.
- Callaghan, C. W. (2016). Critical theory and contemporary paradigm differentiation. *Acta Commercii*, 16(2), 59-99. <https://doi.org/10.4102/ac.v16i2.421>
- Céspedes, E. (2021). A positivist criticism of positivist growth theory. *Cinta de Moebio. Revista De Epistemología De Ciencias Sociales*, 72, 215-233. <https://doi.org/10.4067/S0717-554X2021000300215>
- Dasborough, M., Ashkanasy, N., Humphrey, R., Harms, P., Credé, M., & Wood, D. (2022). Does leadership still not need emotional intelligence? Continuing "The great EI debate". *The Leadership Quarterly*, 33(6). <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2021.101539>
- Deetz, S. (1996). Describing differences in approaches to organization science: Rethinking Burrell and Morgan and their legacy. *Organization Science*, 7(2), 191-207. <https://doi.org/10.1287/orsc.7.2.191>
- Frost, P. (1980). Toward a radical framework for practicing organization science. *Academy of Management Review*, 5(4), 501-507. <https://doi.org/10.2307/257454>
- Gioia, D., & Pitre, E. (1990). Multiparadigm perspectives on theory building. *Academy of Management Review*, 15(4), 584-602. <https://doi.org/10.2307/258683>
- Hammer, E. (1990). On the paradigmatic fit of alienation: Some comments on the Burrell and Morgan scheme. *International Review of Modern Sociology*, 20(1), 143-161.
- Kairiuki, J. (2020). The effect of self-efficacy on leader-member exchange (LMX) formation in leadership effectiveness. *International Leadership Journal*, 12(3), 16-37.

- Kalish, Y., & Gil, L. (2021). Traits and time in leadership emergence: A longitudinal study. *Leadership Quarterly*, 32(2), 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2020.101443>
- Khun, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago: Chicago University Press.
- Kroon, B., Van Woerkom, M., & Menting, C. (2017). Mindfulness as substitute for leadership. *Journal of Managerial Psychology*, 32(4), 284-297. <https://doi.org/10.1108/jmp-07-2016-0223>
- Kuada, J. (2009). Paradigms in International Business Research. *Working Paper Series*, 53. https://www.researchgate.net/publication/242563189_Paradigms_in_International_Business_Research_-_Classifications_and_Applications
- Kuwabara, K., Yu, S., Lee, A., & Galinsky, A. (2016). Status decreases dominance in the West but increases dominance in the East. *Psychological Science*, 27(2), 127-137. <https://doi.org/10.1177/0956797615612694>
- Lee, L., & Fiore, R. (2020). Measuring levels of fundamental attribution error ascribed to leadership of entrepreneurial organizations across national cultures. *Journal of Business Strategies*, 37(1), 28-56. <https://doi.org/10.54155/jbs.37.1.1-28>
- Li, M. (2018). *What Have We Learned from the 100-Year History of Leadership Research? (Part II)*. <https://fisher.osu.edu/blogs/leadreadtoday/blog/what-have-we-learned-from-the-100-year-history-of-leadership-research-part-ii>
- Mabey, C. (2013). Leadership development in organizations: Multiple discourses and diverse practice. *International Journal of Management Reviews*, 15, 359-380. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2012.00344.x>
- Meindl, J., Ehrlich, S., & Dukerich, J. (1985). The romance of leadership. *Administrative Science Quarterly*, 30, 78-102. <https://doi.org/10.2307/2392813>
- Miller, J. T. (2020). The ontology of words: Realism, nominalism, and eliminativism. *Philosophy Compass*, 15, 1-13. <https://doi.org/10.1111/phc3.12691>
- Morgan, G. (1980). Paradigms, metaphors, and puzzle solving. *Administrative Science Quarterly*, 25(4), 605-622. <https://doi.org/10.2307/2392283>
- Nicholson, N. (1997). Evolutionary psychology: Toward a new view of human nature and organizational society. *Human Relations*, 50(9), 1053-1078. <https://doi.org/10.1177/001872679705000901>
- Parker, M. (1992). Post-modern organizations or post-modern organization theory? *Organization Studies*, 13(1), 1-17. <https://doi.org/10.1177/017084069201300103>
- Peiró, J., Bayona, J., Caballer, A., & Di Fabio, A. (2020). Importance of work characteristics affects job performance: The mediating role of individual dispositions on the work design-performance relationships. *Personality and Individual Differences*, 157, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2019.109808>
- Pfeffer, J. (1997). The ambiguity of leadership. *Academy of Management Review*, 2(1), 104-112. <https://doi.org/10.2307/257611>
- Re, D., DeBruine, L., Jones, B., & Perrett, D. (2013). Facial cues to perceived height influence leadership choices in simulated war and peace contexts. *Evolutionary Psychology*, 11(1), 89-103. <https://doi.org/10.1177/147470491301100109>
- Robbins, S., & Judge, T. (2017). *Organizational Behavior*. New York: Prentice Hall.
- Saleem, A., Wu, L., Aslam, S., & Zhang, T. (2021). Spotlight on path-goal leadership theory silos in practice to improve and sustain job-oriented development: Evidence from education sector. *Sustainability*, 13, 1-20. <https://doi.org/10.3390/su132112324>
- Sánchez, C., & Lehnert, K. (2019). The unbearable heaviness of leadership: The effects of competency, negatives, and experience on women's aspirations to leadership. *Journal of Business Research*, 95, 192-194. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.033>
- Schultze, U., & Stabell, C. (2004). Knowing what you don't know? Discourses and contradictions in knowledge management research. *Journal of Management Studies*, 41(4), 549-573. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2004.00444.x>

- Schyns, B., Kiefer, T., & Foti, R. (2020). Does thinking of myself as leader make me want to lead? The role of congruence in self-theories and implicit leadership theories in motivation to lead. *Journal of Vocational Behavior*, 122, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2020.103477>
- Schyns, B., & Riggio, R. (2016). Implicit leadership theories. In A. Farazmand (Ed.), *Global Encyclopedia of Public Administration, Public Policy, and Governance* (pp. 20-30). Berlin: Springer.
- Tooze, J. G. (2015). *Consultancy Companies Analysis; Leadership Success*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/97987/Consultancy+companies+analysis.pdf?sequence=1>
- Turner, J. (2007). Ideographic versus nomothetic explanation: A comment on Porpora's conclusion. *Journal for the Theory of Social Behavior*, 13(3), 273-280. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5914.1983.tb00478.x>
- Waldman, D., Bass, B., & Yammarino, F. (2000). Adding to contingent-reward behavior: The augmenting effect of charismatic leadership. *Group and Organizational Studies*, 15(4), 381-394. <https://doi.org/10.21236/ada204115>
- Welch, C., Plakoyiannaki, E., Piekkari, R., & Paavilainen-Mäntymäki, E. (2013). Legitimizing diverse uses for qualitative research: A rhetorical analysis of two management journals. *International Journal of Management Reviews*, 15, 245-264. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12001>
- Western, S. (2008). *Leadership. A critical text*. Thousand Oaks: SAGE Publications Inc.
- Zhu, J., Jiwen Song, L., Zhu, L., & Johnson, R. (2019). Visualizing the landscape and evolution of leadership research. *Leadership Quarterly*, 30, 215-232. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2018.06.003>

NOTAS

- [1] Esta observación es un tanto paradójica en el caso del liderazgo, pues, desde el funcionalismo, mientras que el discurso dominante destaca el papel del dirigente en el combate de la decepción y el aislamiento del empleado, al mismo tiempo se caracteriza por el control que el líder ejerce sobre los seguidores para beneficio último de la organización.

CC BY-NC-ND



Producción masiva de microorganismos para la obtención de proteína sustentable con alto valor biológico

Gamboa-Delgado, Julián; Márquez-Reyes, Julia Mariana; Godínez-Siordia, Daniel Enrique
Producción masiva de microorganismos para la obtención de proteína sustentable con alto valor biológico
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 30, núm. 3, noviembre 2023-febrero 2024 | **e215**

Espacio del Divulgador

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Gamboa-Delgado, J., Márquez-Reyes, J. M. y Godínez-Siordia, D. E. (2023). Producción masiva de microorganismos para la obtención de proteína sustentable con alto valor biológico. CIENCIA *ergo-sum*, 30(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v30n3a11>

Producción masiva de microorganismos para la obtención de proteína sustentable con alto valor biológico

Upscaling the production of microorganisms as a source of sustainable, high biological value proteins

*Julían Gamboa-Delgado**

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

julian.gamboadlg@uanl.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-9041-1388>

Julia Mariana Márquez-Reyes

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

julia.marquezrys@uanl.edu.mx

 <http://orcid.org/0000-0001-8632-2673>

Daniel Enrique Godínez-Siordia

Universidad de Guadalajara, México

dangos@costera.melaque.udg.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-0986-5874>

Recepción: 28 de enero de 2022

Aprobación: 17 de mayo de 2022

RESUMEN

Se revisa el estado actual del uso de microorganismos como insumos alimenticios. Se enfatiza la producción de grupos microbianos tales como levaduras, bacterias, cianobacterias y microalgas, los cuales muestran un alto potencial para ser cultivados masivamente. Los alimentos derivados de la pesca y agricultura tienen un papel primordial al satisfacer las actuales necesidades poblacionales; sin embargo, el aumento de la producción de estos insumos se verá restringido debido a la sobrepesca y al límite de tierra arable disponible. Entre las diversas fuentes alternativas de nutrientes, la biomasa derivada de microorganismos ha sido considerada como un prometedor sustituto de las proteínas animales y vegetales debido a que presentan excelentes características nutricionales para humanos y para animales de cría.

PALABRAS CLAVE: microorganismos, nutrición humana, cianobacterias, microalgas, hongos unicelulares, proteína unicelular.

ABSTRACT

The present article reviews the current state of the production of microorganisms as a source of nutrients, with emphasis on microbial groups such as yeasts, bacteria, cyanobacteria and microalgae, which have shown a high potential for massive production. Food derived from fisheries and agriculture plays an important role in satisfying the current human population needs. However, it is forecast that the growth of these industries will be restricted due to overfishing and unavailability of arable land. Among the alternative sources of nutrients, the biomass produced from several microbes has been considered a promising substitute for the proteins currently supplied by plants and animals. Many microorganisms can thus be a source of nutritious, sustainable ingredients for both, human populations and livestock.

KEYWORDS: microorganisms, human nutrition, cyanobacteria, microalgae, unicellular fungi, single cell protein.

INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la agricultura y la pesca suele atribuirse al mejoramiento de las técnicas de producción. Conforme las industrias de estos sectores se desarrollan y los métodos de producción se intensifican, se genera un mayor aporte de alimentos para las poblaciones humanas y para la crianza de animales. Pronósticos confiables indican que el crecimiento de las industrias pecuarias puede disminuir a causa de futuras restricciones en los insumos e ingredientes requeridos para la producción animal. Entre estos insumos, se prefieren las harinas de origen vegetal

*AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

julian.gamboadlg@uanl.edu.mx

y animal debido a sus buenas propiedades nutricionales. Sin embargo, la producción de algunas materias primas, como lo es la harina de pescado, trae consigo preocupaciones de índole económica y ambiental. Además, existe un límite global de la tierra arable disponible, lo cual a su vez impone restricciones a la producción agrícola tradicional. En consecuencia, los esfuerzos para encontrar ingredientes sustentables y alternativos para crianza animal constituyen pasos importantes que garanticen una seguridad alimentaria de las poblaciones humanas. Las restricciones mencionadas y los rápidos desarrollos biotecnológicos permiten suponer que la próxima generación de nutrientes estará significativamente representada por aquellos derivados de los microorganismos. Una gran cantidad de estudios nutricionales se han enfocado en la evaluación de nutrientes no convencionales, en primera instancia, para la nutrición animal y, desde hace poco, para la nutrición humana. Este artículo compila resultados recientes acerca de investigaciones enfocadas a la producción masiva de microorganismos y a la vez enfatiza en los nuevos usos y aplicaciones de diversos tipos de biomasa microbiana. Para finalizar, aborda los logros alcanzados por empresas dedicadas a esta actividad, así como las perspectivas relevantes a la nutrición humana y a la nutrición de animales de crianza.

1. VENTAJAS DEL CULTIVO DE MICROORGANISMOS Y SUS PRODUCTOS

El término *proteína unicelular* (SCP por sus siglas en inglés) fue acuñado en 1966 por Carol L. Wilson en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (Suman *et al.*, 2015). Se refiere colectivamente a la biomasa ya sea procesada o extraída de cultivos de microorganismos. Esta biomasa presenta un alto potencial para utilizarse como ingrediente o alimento humano o como alimento alternativo para animales de crianza. Las ventajas del uso de microorganismos para la producción de biomasa o harinas microbianas se han demostrado bastante. Las más relevantes se enlistan a continuación.

1. 1. Rápido crecimiento y alto rendimiento por unidad de área

Bajo condiciones óptimas, los microorganismos exhiben unas tasas de crecimiento difíciles de superar por otros organismos. Se han estimado ganancias de 1 kg de proteína en un día de crecimiento de un bovino de 500 kg, mientras que 500 kg de levadura producirían varias toneladas de proteína en un solo día. La empresa Marlow Foods Limited en Reino Unido produce una micoproteína derivada del microhongo *Fusarium venenatum*, la cual se usa para elaborar un amplio rango de alimentos comercializados en varios países como sustitutos de carne desde 1985. El proceso patentado genera a diario hasta siete toneladas de biomasa derivada de este moho del suelo (Wiebe, 2002). Otro ejemplo es el que representan las microalgas, las cuales al ser cultivadas de manera intensiva en estanques se calcula que produzcan más de 40 toneladas de proteína por hectárea al año (Weyer *et al.*, 2010). En comparación, este rendimiento es hasta diez veces más alto que la producción estándar de soya y mayor que la producción de maíz (Pelczar y Chan, 2010). Una ventaja adicional es que muchos microorganismos pueden cultivarse en sistemas de tres dimensiones (largo, ancho y alto), a diferencia del tradicional sistema agrícola de dos dimensiones en donde no se aprovecha la altura para los cultivos, excepto en los sistemas hidropónicos y acuapónicos.

1. 2. Valor nutricional

Una gran cantidad de microorganismos presenta buenos perfiles nutricionales tanto para el consumo humano como para el consumo de animales de cría. En general, las células completas de microalgas, levaduras y bacterias contienen un alto contenido de proteína (cuadro 1). El valor biológico de una proteína depende de su digestibilidad y de su composición de aminoácidos esenciales. Se considera que este valor es alto cuando las proporciones de aminoácidos son las adecuadas para fomentar el crecimiento de un organismo específico. Las proteínas derivadas de muchos mi-

croorganismos han sido consideradas como portadoras de un alto valor biológico gracias a los apropiados perfiles de aminoácidos para los organismos consumidores (Gamboa-Delgado y Márquez-Reyes, 2018). Por otro lado, el contenido de lípidos tiende a ser mayor en la biomasa derivada de las microalgas, mientras que la biomasa de bacterias y levaduras suele ser rica en proteína, pigmentos y vitaminas. Aunado a esto, se ha reportado que el perfil nutricional de bacterias y microalgas mejora significativamente mediante el uso de medios de cultivo y condiciones específicas de crecimiento (Ray *et al.*, 2022). Algunos tipos de bacterias tienen paredes celulares que resultan más digeribles que aquellas encontradas en las microalgas y levaduras. A pesar de que las paredes celulares resultan indigeribles para algunos organismos consumidores, también representan una importante fuente de nutrientes debido a que se componen en su mayoría de polisacáridos y proteína. Cuando se compara con otros ingredientes, la biomasa microbiana representa una fuente insuperable de ácidos nucleicos.

CUADRO 1

Comparación de características nutricionales de microalgas, bacterias, levaduras y una harina de origen animal*

	Proteína	Lípidos	Cenizas	Ácidos nucleicos
Microalgas	6-62	3-45	8-43	3-8
Levaduras	45-55	1-6	5-10	6-15
Bacterias	50-65	1-3	3-7	8-12
Harina de pescado	59-74	8-14	10-22	0.2-0.6

Fuente: Gamboa-Delgado y Márquez-Reyes, 2018.

Nota: *rangos de composición porcentual en base seca.

Por ejemplo, se ha reportado que hasta el 20% del nitrógeno en la levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae* (una fuente microbiana utilizada en nutrición animal) proviene de su ácido nucleico (Rumsey *et al.*, 1991). Hoy en día, varias compañías consolidadas han patentado métodos de producción de biomasa bacteriana, la cual ha sido considerada como una fuente sostenible de proteínas de alta calidad. Otras bioempresas emergentes se enfocan en la producción de biomasa bacteriana a partir de sustratos alternativos y económicos. El uso de metano y desechos derivados de actividades agrícolas y de la industria alimentaria han sido útiles para producir microorganismos benéficos y comestibles. Estas investigaciones y sus procesos patentados han establecido la base para productos comerciales tales como Profloc® (Nutrinsic) y FeedKind® (Calysta), los cuales han sido dirigidos en específico al sector de la nutrición animal como ingredientes de reemplazo de las proteínas de origen animal (Chen *et al.*, 2022; Gamboa-Delgado *et al.*, 2020; Olivares *et al.*, 2019).

1. 3. Versatilidad para su cultivo

Los sistemas para producir biomasa a partir de microorganismos son muy variados y pueden consistir en fermentadores, fotobiorreactores y diversos tipos de contenedores. Un gran número de especies de microorganismos son tolerantes a amplios rangos de temperatura, salinidad y a otros parámetros fisicoquímicos. Aunado a esto, son muy eficientes al convertir una variedad de sustratos a partir de los cuales obtienen sus nutrientes, lo cual deriva en una versátil y rápida producción de biomasa microbiana. Por otro lado, los microorganismos también se clasifican de acuerdo con las fuentes de carbono y energía que son capaces de utilizar. Dicha diversidad metabólica ha permitido su producción sustentable a través de una amplia gama de fuentes de energía (luz solar o luz artificial para las microalgas y cianobacterias) y sustratos de carbono, que van desde agares comerciales hasta residuos agrícolas, efluentes de fábricas de alimentos y gas metano (Lim *et al.*, 2021; Owsianiak *et al.*, 2022). Las técnicas de producción existentes se pueden adaptar a esta diversa variedad metabólica microbiana (tabla 1) y, gracias a la ingeniería genética, también es posible lograr lo contrario, es decir, adaptar genéticamente los microorganismos a las técnicas y condiciones de producción disponibles.

TABLA 1
Grupos de microorganismos utilizados con más frecuencia como fuente de lípidos, pigmentos y proteínas orientadas a la nutrición humana y animal

Microorganismo/ género	Contenido de proteína (%)	Tipo de metabolismo	Sustratos para su crecimiento	Referencias
Microalgas <i>Chlorella</i> <i>Dunaliella</i> <i>Schizochytrium</i>	51-58 57 12-16	Autótrofo/heterótrofo Autótrofo/heterótrofo Autótrofo/heterótrofo	Medios de cultivo tradicionales con fertilizantes inorgánicos, sustratos ricos en carbón, efluentes de la industria de los alimentos	Becker, 2007; Chavoshi <i>et al.</i> , 2019; Wang <i>et al.</i> , 2022
Levaduras <i>Saccharomyces</i> <i>Fusarium</i> <i>venenatum</i>	28-45 44	Heterótrofo Heterótrofo	Mezclas orgánicas y minerales, agua geotermal como fuente mineral, extractos fúngicos, fermentación con glucosa, jarabes vegetales	Derbyshire y Finnigan, 2022; Hosseini, 2009; Wiebe, 2002
Bacterias <i>Methylococcus</i> <i>capsulatus</i> <i>Corynebacterium</i> <i>ammoniaenes</i>	68-81 61	Quimioautótrofo/ metanótrofo Quimioautótrofo	Metano derivado de la fermentación de desechos, gas natural Agares tradicionales, desechos sólidos de la industria agrícola	Øverland <i>et al.</i> , 2010; Sakarika <i>et al.</i> , 2022; An <i>et al.</i> , 2018
Cianobacterias <i>Arthrospira</i>	46-71	Fotoautótrofo	Medios químicos, efluentes de descargas industriales, tequesquite (recurso mineral tradicional)	Lim <i>et al.</i> , 2021; Martínez-Jerónimo <i>et al.</i> , 2017

Fuente: elaboración propia.

Nota: se indican los sustratos tradicionales y alternativos usados para su producción masiva.

1. 4. Exitoso escalamiento de la producción

Gracias a la investigación aplicada, la generación continua de biomasa microbiana en fermentadores y fotobiorreactores ha alcanzado una escala industrial. En la actualidad, las metodologías establecidas permiten predecir un incremento significativo en el número de especies cultivadas, así como en el rango de aplicaciones en la nutrición humana y en la nutrición animal. El escalamiento comienza con la selección cuidadosa del microorganismo que se va a cultivar. El aislamiento de las primeras células y los cultivos iniciales son altamente controlados, ya que son cruciales para el eventual escalamiento a volúmenes mayores (figura 1). Muchos de los nuevos métodos de producción son independientes de las condiciones estacionales y pueden funcionar de manera continua; algunos de estos métodos de producción son capaces de generar, a partir de insumos no onerosos, biomasa bacteriana con calidad nutricional consistente. Diversos procesos industriales bien establecidos han apoyado el incremento de producción de microalgas, levaduras y bacterias. La biomasa representaría el producto final o también puede ser un subproducto de un proceso primario, como en el caso de la producción de pigmentos y biocombustibles a partir de las microalgas (Gamboa-Delgado y Márquez-Reyes, 2018).

1. 5. Múltiples usos y una creciente demanda

Los productos derivados de microorganismos han sido dirigidos a una amplia variedad de propósitos. En el caso de la nutrición humana, los lactobacilos y varios hongos unicelulares han sido producidos durante siglos para manufacturar alimentos y bebidas. Por otro lado, cianobacterias, tales como *Spirulina* (*Arthrospira*) y microalgas como *Chlorella*, tienen hoy por hoy una amplia aceptación como suplementos dietarios. Varios productos mantienen un consumo y demanda considerables en varios países y representan la forma más común en la cual los humanos consumen directamente biomasa microbiana. Sin embargo, se espera un mayor consumo futuro de este tipo de productos, ya que al surgir nuevos tipos de ingredientes derivados de microorganismos, la industria de los alimentos encuentra rápidamente formas efectivas para incluirlos en diversos productos. En la alimentación animal, la biomasa de levaduras es suministrada en las dietas como aporte de vitaminas, pigmentos, proteínas

y aminoácidos específicos. También, se ha demostrado su papel como promotor de buena palatabilidad y como un agente potenciador de la respuesta inmune en animales terrestres y acuáticos. Algunos de los usos no nutricionales de los microorganismos incluyen la extracción de lípidos para obtener biocombustibles, además de su creciente papel en la biotecnología y remediación de efluentes contaminados (Leong y Chang, 2020; Moshood *et al.*, 2021).

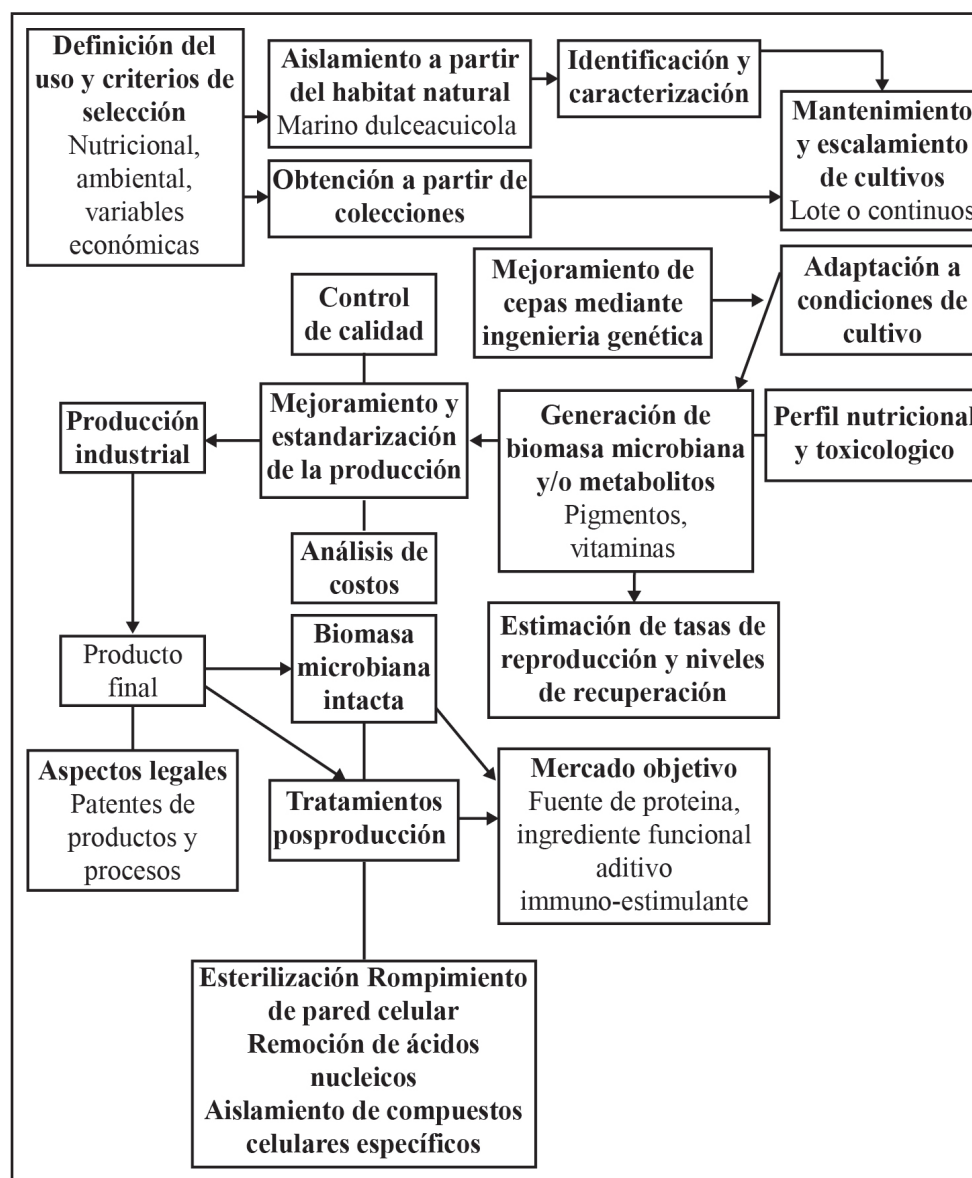


FIGURA 1

Principales etapas en la producción de microorganismos con potencial para generar biomasa microbiana o compuestos específicos útiles en la nutrición humana y en la nutrición animal

Fuente: Gamboa-Delgado y Márquez-Reyes, 2018.

2. GRUPOS ESPECÍFICOS DE MICROORGANISMOS Y SU POTENCIAL PARA PRODUCIR NUTRIENTES

2. 1. Bacterias

En cuanto a los ya conocidos lactobacilos, estudios recientes han demostrado que la biomasa bacteriana derivada de la fermentación de gas natural es una fuente prometedora de proteína para varios usos. Esta biomasa bacteriana (cultivos bacterianos de *Methylococcus capsulatus*) se ha probado con éxito en animales vertebrados e invertebrados,

a los cuales se les suministra dietas con diferentes porcentajes de estos ingredientes alternativos (Glencross *et al.*, 2023). De la misma forma, biomasa derivada de la bacteria *Corynebacterium ammoniagenes* (una pequeña bacteria que habita en diversos tipos de suelos) ha sido probada como un ingrediente funcional en dietas formuladas para aves de crianza (An *et al.*, 2018). En este momento, el cultivo de muchas otras especies de bacterias y sus efectos nutricionales en humanos y animales se encuentran en investigación. Las bacterias presentan una amplia adaptabilidad metabólica, lo cual facilita su cultivo experimental en medios de cultivo alternativos y de fácil adquisición (metano y efluentes de la industria de los alimentos), lo cual con frecuencia conlleva a la disminución en los costos de producción y al posterior escalamiento industrial. En el cultivo de varias especies acuáticas existe un método de producción en el cual se fomenta la formación de bioflóculos bacterianos en el agua, los cuales son a su vez aprovechados como alimento por peces y crustáceos de valor comercial (El-Sayed, 2021).

2. 2. Cianobacterias

A diferencia de las bacterias, las cianobacterias tienen la capacidad fisiológica para realizar fotosíntesis y, por lo tanto, capturan la energía luminosa y la convierten en energía química. En nuestro país, resalta el consumo histórico de una de las cianobacterias más conocidas en nuestros días, la espirulina (*Arthrospira máxima*, figura 2), cuyo uso se remonta a la época prehispánica cuando los aztecas las colectaban en los sistemas lacustres del valle de México. Conocida como *tecuitlatl*, las masas de color verde-azul eran secadas y consumidas en pequeñas cantidades e incluso usadas como condimento (Ramírez-Moreno y Olvera-Sánchez, 2006). Las sobresalientes características nutricionales de cianobacterias, tales como *Arthrospira máxima* o *Arthrospira platensis*, han sido reconocidas a nivel global y en muchas ocasiones se hace referencia a estos productos como superalimentos (Al-Fadhly *et al.*, 2022). Las cianobacterias del género *Arthrospira* son muy resistentes a la variación de las diversas condiciones de cultivo y existen metodologías y manuales de producción que se pueden obtener con facilidad.

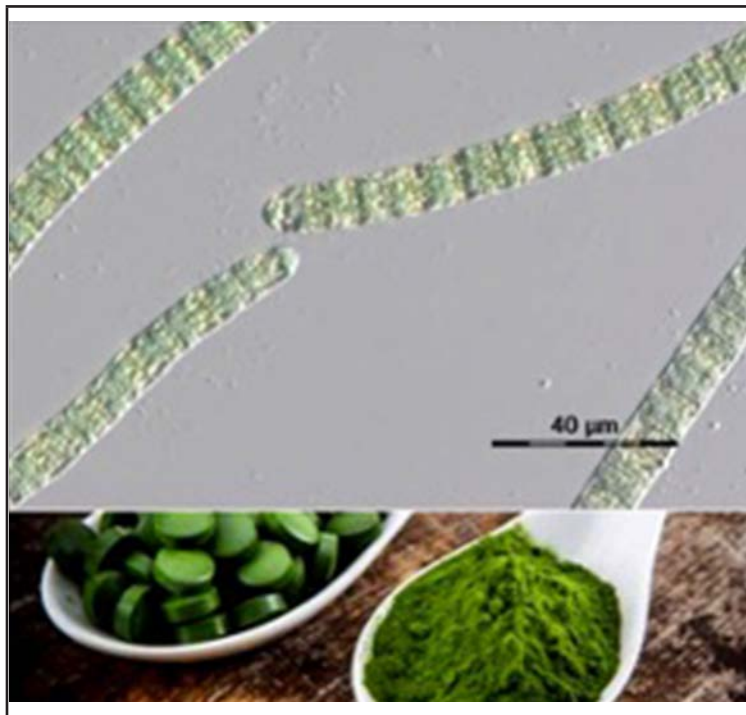


FIGURA 2

Células vivas de la cianobacteria *Arthrospira maxima* (espirulina) y ejemplos de productos procesados a partir de su biomasa

Fuente: EPSAG, Goettingen University y PlantPills Wiki.^[1]

2. 3. Microalgas de agua dulce y marinas

La producción masiva de diferentes especies de microalgas marinas ha sido una actividad intrínseca al cultivo de varios organismos acuáticos con valor comercial tales como los camarones y diversas especies de peces marinos. Las microalgas se usan en la alimentación de las etapas larvales de estos organismos, e incluso en la etapa adulta en el caso de los moluscos bivalvos. De igual forma, se cultivan grandes cantidades de microalgas para enriquecer nutricionalmente (bioencapsular) zooplancton, el cual a su vez es suministrado como alimento. En vista de lo anterior, ya se cuenta con tecnologías bien establecidas para el escalamiento exitoso de la producción (Merlo *et al.*, 2021). En las últimas décadas se ha explorado la producción de microalgas para el desarrollo de biocombustibles a partir de su biomasa. Otros sectores industriales han desarrollado tecnologías para elaborar productos específicos para la nutrición humana. Por ejemplo, varias especies de microalgas pertenecientes al género *Chlorella* son actualmente cultivadas y destinadas a un amplio rango de objetivos, entre ellos su uso como alimento directo, la extracción de pigmentos carotenoides, usos farmacéuticos, generación de biocombustibles y tratamiento de aguas residuales (Gorgich *et al.*, 2021). *Chlorella* es una microalga muy robusta, tolerante a amplios rangos de luz, temperatura y salinidad y además puede crecer en diversos medios de cultivo no onerosos. Otra microalga verde de agua dulce es *Haematococcus pluvialis*, la cual se ha producido durante varios años para extraer pigmentos valiosos con fines comerciales, tales como la astaxantina (figura 3).



FIGURA 3

Ejemplos de sistemas para el cultivo intensivo de microalgas^[2]

Fuente: Tree hugger y Cyanotech Corporation.

Nota: las imágenes muestran unidades de cultivo de la microalga *Haematococcus pluvialis*.

2. 4. Hongos microscópicos

Por tradición, las levaduras han sido la forma más típica en la cual los humanos consumen hongos microscópicos, siendo la más común *Saccharomyces cerevisiae*, la cual se emplea en panificación como un agente de fermentación que convierte los compuestos fermentables de la masa en bióxido de carbono. De igual forma, dos especies de hongos unicelulares filamentosos que habitan naturalmente en suelos, y que no son patógenos, han sido sujetos a extensivas investigaciones orientadas a su uso como alimento humano. El primero es *Fusarium venenatum* (figura 4), el cual ha sido producido durante décadas para manufacturar diversos productos categorizados como “análogos de carne a base de mico-proteínas” (Quorn®) (Ahmad *et al.*, 2022). Los productos manufacturados a partir de este microhongo se comercializan en ocho países europeos, además de Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda y Filipinas.



FIGURA 4

Filamentos y ramificaciones del microhongo *Fusarium venenatum*^[3]

Fuente: Finnigan *et al.*, 2017; Marlow Foods Ltd. (Reino Unido).

El segundo hongo microscópico comestible es *Aspergillus oryzae*, el cual es muy utilizado en la cocina japonesa como un agente fermentador. *Aspergillus oryzae* ha llamado la atención no sólo por sus buenas propiedades nutricionales, sino porque tiene un alto potencial para su producción industrial gracias a su capacidad natural para crecer en medios alternativos, tales como material orgánico de efluentes residuales, desechos de la manufactura del papel y vinazas (Uwineza *et al.*, 2021). Aplicaciones emergentes de los hongos microscópicos tanto nutricionales, inmunológicas y biotecnológicas indican que la demanda de estos microorganismos se incrementará.

Las técnicas de producción muestran una tendencia hacia producciones más eficientes y económicas; sin embargo, el uso de los microhongos es una actividad relativamente nueva que requiere mayor investigación sobre posibles efectos fisiológicos adversos (*e. g.* generación de alergias) promovidos tanto en humanos como en animales.

3. ¿CÓMO ESTIMAR EL DESEMPEÑO NUTRICIONAL DE LOS MICROORGANISMOS?

3. 1. Palatabilidad

La palatabilidad dietaria es una característica organoléptica que conduce al inicio y continuación de la respuesta alimenticia. La mayoría de las sustancias que estimulan a las células olfativas y gustativas se caracterizan por tener bajo peso molecular, tales como los aminoácidos y los nucleótidos. El alto contenido de nucleótidos en los microorganismos los convierte en eficientes agentes para mejorar la palatabilidad de los productos alimenticios (Alloul *et al.*, 2022). Los extractos de levadura se usan a menudo en la industria de los alimentos como mejoradores del sabor, en particular debido al alto contenido de ácido glutámico y nucleótidos. En este sentido, la adición de pequeñas cantidades de levadura a las dietas balanceadas para diversos animales mejoraría su atractabilidad y aceptación; sin embargo, al aplicarse en altas concentraciones, las levaduras afectan de forma negativa el sabor de los alimentos. Las pruebas de palatabilidad consisten en estudios observacionales relativamente sencillos y permiten determinar si un ingrediente o dieta es aceptada (palatable) o rechazada (deterrente) por un organismo experimental.

3. 2. Digestibilidad y asimilación

La digestibilidad aparente provee un indicador de la disponibilidad de los nutrientes, y, por lo tanto, puede utilizarse como parte de los criterios de selección de ingredientes tanto alternativos como tradicionales. La digestibilidad de un ingrediente o insumo depende sobre todo de su composición química y de la fisiología digestiva de la especie receptora. Varios estudios han sido desarrollados para explorar la digestibilidad de diferentes fuentes de biomasa microbiana en especies animales. Estos estudios han demostrado que la biomasa microbiana tiende a mostrar una alta digestibilidad. Por ejemplo, en bioensayos realizados con camarón, se ha observado que la levadura genera coeficientes de digestibilidad similares a aquellos obtenidos para la harina de pescado (Villarreal-Cavazos *et al.*, 2019). En un estudio sobre nutrición de peces, Sarker *et al.* (2015) desarrollaron un experimento con tilapia del Nilo y reportaron alta digestibilidad de los aminoácidos suministrados por microalgas *Schizochytrium* y cianobacterias *Arthrospira*. La fragmentación de la pared celular incrementa la digestibilidad y el valor nutricional de las levaduras al ser suministradas en dietas para peces y crustáceos.

La incorporación final de los nutrientes en los tejidos de los organismos consumidores (asimilación) se evalúa por medio de varias metodologías. Las técnicas aplicadas con más frecuencia para estimar asimilación recurren a algún biomarcador natural (firma isotópica, perfil de aminoácidos). Dichas técnicas hoy se aplican con frecuencia en estudios de ecología y nutrición para trazar nutrientes desde los alimentos hasta los tejidos (Gamboa-Delgado, 2022). En nutrición animal han permitido evaluar la utilización fisiológica de los nutrientes derivados de ingredientes alternativos, como lo es el caso de la biomasa microbiana. En estos bioensayos, los animales son alimentados con dietas formuladas con diferentes proporciones de un ingrediente de referencia (proteína animal) y diferentes proporciones de ingredientes experimentales (proteínas vegetales o microbianas). En general, los resultados de tales experiencias indican que las proteínas de origen microbiano son asimiladas igual o con más rapidez que las proteínas de origen vegetal o animal y, además, contribuyen en altas proporciones a la biosíntesis de tejido muscular (Gamboa-Delgado y Márquez-Reyes, 2018). Sin embargo, estos estudios también han indicado que al sustituir los ingredientes tradicionales por niveles muy altos de biomasa microbiana se genera una disminución en la tasa de crecimiento de los animales.

4. ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA MICROBIANA

El incremento en el consumo de alimentos ha provocado una fuerte demanda de los insumos requeridos para su manufactura, lo cual, a su vez, ha ejercido una fuerte presión sobre los recursos naturales. Esta demanda de recursos causa impactos ambientales negativos e incrementa el precio en los alimentos. Los costos de producción estimados para generar un kilogramo de biomasa microbiana son altamente variables (de 1 a 70 dólares por kilogramo de biomasa seca) (Gamboa-Delgado y Márquez-Reyes, 2018). Sin embargo, se ha observado una reducción general y progresiva en los costos de manufactura gracias a que se han implementado nuevas tecnologías, en particular para las bacterias y levaduras. Los principales costos de producción se atribuyen a la obtención de sustratos para los cultivos y a la energía requerida para las operaciones de cosecha, secado y transporte. Por otro lado, técnicas de manufactura novedosas se han enfocado en el uso de sustratos no convencionales para producir biomasa microbiana en una forma sustentable y económica. En la actualidad, métodos alternativos para obtener levaduras y bacterias a partir del uso de sustratos derivados de efluentes y desechos de las industrias agrícolas y alimenticias, se encuentran en etapa experimental o piloto comercial (Choi *et al.*, 2022; Lim *et al.*, 2021). Sin embargo, como se mencionó, otros procesos ya han sido estandarizados, escalados y patentados. Algunos de estos productos están orientados al sector de la nutrición de animales de crianza tanto terrestres como acuáticos.

CONCLUSIONES

Las características nutricionales y la alta capacidad de crecimiento que muestran varias especies de microorganismos permiten predecir un significativo aumento en sus aplicaciones dentro de la nutrición humana y también dentro de la nutrición animal. En cuanto a esto, investigaciones recientes indican que la aptitud nutricional de los microorganismos puede ser muy alta, ya que suministran proteína, lípidos, vitaminas y pigmentos a los consumidores. Además de la importancia estructural de algunos nutrientes como contribuyentes a la biosíntesis de nuevos tejidos, se ha demostrado que otros componentes presentes en los microorganismos representan ingredientes funcionales que promueven actividades fisiológicas significativas, tales como la estimulación del sistema inmunológico. Adicionalmente, las funciones que desempeñan varios de estos componentes microbianos como prebióticos y probióticos conllevan al establecimiento de un microbioma intestinal sano. Una gran cantidad de especies de microorganismos se mantienen vivos y disponibles en colecciones institucionales. Sin embargo, algunas especies no han sido investigadas respecto a sus diversos potenciales. Otros microorganismos ni siquiera han sido descubiertos aún; por lo tanto, existe un alto potencial para la investigación y desarrollo futuro de otras técnicas de producción. Los actuales procesos industriales de producción aplicados a los microorganismos son cada vez más sofisticados y eficientes. Varios de estos procesos se han enfocado en utilizar la sobresaliente diversidad metabólica de los microorganismos para permitir su crecimiento en sustratos desechados por otras industrias. Lo anterior conlleva a un menor uso de recursos e impacto ambiental y permite que tales procesos se desarrollen en una forma redituable y sustentable. Como nota final, es muy probable que las actuales tecnologías de producción y las nuevas innovaciones sigan contribuyendo a la seguridad alimentaria mediante el impulso al aumento de la producción de microorganismos. Una vez alcanzada la escala de producción industrial, se obtendrán beneficios directos para la nutrición animal y eventualmente para la nutrición humana.

PROSPECTIVA

Las técnicas de producción de microorganismos y los nuevos métodos para mejorar el valor nutricional de los productos finales son dos de los aspectos que determinarán qué tan rápido aumenta el actual uso de la biomasa microbiana en la nutrición humana y en la nutrición animal. En estos momentos, una intensiva investigación se desarrolla en diversas instituciones educativas y empresas orientadas a la producción de los recursos derivados

de microorganismos. Aunado a esto, los métodos industriales más avanzados para generar biomasa microbiana corresponden a aquellos aplicados a la producción de levaduras y microalgas. Un aspecto relevante consiste en que la producción de microorganismos conlleva menor impacto al ambiente que el provocado por otras industrias. Por ejemplo, la producción de micoproteínas para manufacturar alimentos análogos de carne genera una huella de carbono hasta 90% menor que la de la producción de carne de bovinos, y por otro lado, se requiere hasta veinte veces menos volumen de agua para su procesamiento en comparación con el ganado (Hashempour-Baltork *et al.*, 2020). Además, el uso de materiales obtenidos de efluentes industriales como sustratos de crecimiento microbiano implica una tendencia hacia economías circulares más sustentables. Algunos de los problemas por resolver en la producción de microorganismos son de índole técnico-nutricional; por ejemplo, la pared celular de las microalgas representa hasta el 10% de su peso y constituye un problema para su completa digestión en humanos y organismos no rumiantes. Los procedimientos innovadores para romper la pared celular han permitido incrementar la biodisponibilidad nutricional. Otro desafío lo representa el típicamente alto contenido de ácidos nucleicos presentes en la biomasa microbiana. Por ejemplo, la levadura contiene entre 6 y 15% de ácidos nucleicos comparado al 2% en los productos cárnicos. En nutrición humana, un contenido de ácidos nucleicos de 1% en los alimentos ingeridos es considerado como el límite superior. Los animales terrestres tampoco son capaces de tolerar altos niveles de nucleótidos dietarios debido a que estos incrementan el ácido úrico. Se requieren estudios adicionales para adecuar, mediante nuevos tratamientos postcosecha, las diferentes formas de biomasa microbiana a la nutrición humana.

AGRADECIMIENTOS

Los coautores agradecen a los revisores(as) anónimos(as) por su tiempo y esfuerzo en sus observaciones, ya que contribuyeron a mejorar y orientar este manuscrito hacia ideas más claras.

REFERENCIAS

- Ahmad, M. I., Farooq, S., Alhamoud, Y., Li, C., & Zhang, H. (2022). A review on mycoprotein: History, nutritional composition, production methods, and health benefits. *Trends in Food Science and Technology*, 121, 14-29.
- AlFadhly, N. K., Alhelfi, N., Altemimi, A. B., Verma, D. K., Cacciola, F., & Narayanankutty, A. (2022). Trends and technological advancements in the possible food applications of Spirulina and their health benefits: A Review. *Molecules*, 27(17), 5584.
- Alloul, A., Spanoghe, J., Machado, D., & Vlaeminck, S. E. (2022). Unlocking the genomic potential of aerobes and phototrophs for the production of nutritious and palatable microbial food without arable land or fossil fuels. *Microbial biotechnology*, 15(1), 6-12.
- An, B. K., Choi, Y. I., Kang, C. W., & Lee, K. W. (2018). Effects of dietary *Corynebacterium ammoniagenes*-derived single cell protein on growth performance, blood and tibia bone characteristics, and meat quality of broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 27(2), 140-147.
- Becker, E.W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25, 207-210.
- Chavoshi, Z. Z., & Shariati, M. (2019). Lipid production in *Dunaliella salina* under autotrophic, heterotrophic, and mixotrophic conditions. *Biologia*, 74, 1579-1590.
- Chen, Y., Chi, S., Zhang, S., Dong, X., Yang, Q., Liu, H., Tan, B., & Xie, S. (2022). Evaluation of Methanotroph (*Methylococcus capsulatus*, Bath) bacteria meal on body composition, lipid metabolism, protein synthesis and muscle metabolites of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 547, 737517.
- Choi, K. R., Yu, H. E., & Lee, S. Y. (2022). Microbial food: microorganisms repurposed for our food. *Microbial Biotechnology*, 15(1), 18-25.
- Derbyshire, E. J., & Finnigan, T. J. (2022). Mycoprotein: A futuristic portrayal. In *Future Foods* (pp. 287-303). Utah: Academic Press.

- El-Sayed, A. F. M. (2021). Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 676-705.
- Finnigan, T., Needham, L., & Abbott, C. (2017). Mycoprotein: a healthy new protein with a low environmental impact. In *Sustainable Protein Sources* (pp. 305-325). Utah: Academic Press.
- Gamboa-Delgado, J. (2022). Isotopic techniques in aquaculture nutrition: State of the art and future perspectives. *Reviews in Aquaculture*, 14(1), 456-476.
- Gamboa-Delgado, J., Nieto-López, M. G., Maldonado-Muñiz, M., Villarreal-Cavazos, D., Tapia-Salazar, M., & Cruz-Suárez, L. E. (2020). Comparing the assimilation of dietary nitrogen supplied by animal-, plant- and microbial-derived ingredients in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: A stable isotope study. *Aquaculture Reports*, 17, 100294.
- Gamboa-Delgado, J. & Márquez-Reyes J. M. (2018). Potential of microbial-derived nutrients for aquaculture development. *Reviews in Aquaculture*, 10(1), 224-246.
- Glencross, B., Muñoz-Lopez, P., Matthew, C., MacKenzie, S., Powell, A., Longshaw, M., & LeBlanc, A. (2023). Digestibility of bacterial protein by Atlantic salmon (*Salmo salar*) is affected by both inclusion level and acclimation time. *Aquaculture*, 565, 739137.
- Gorgich, M., Martins, A. A., Mata, T. M., & Caetano, N. S. (2021). Composition, cultivation and potential applications of *Chlorella zofingiensis*—A comprehensive review. *Algal Research*, 60, 102508.
- Hashempour-Baltork, F., Khosravi-Darani, K., Hosseini, H., Farshi, P., & Reihani, S. F. S. (2020). Mycoproteins as safe meat substitutes. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119958.
- Hosseini, S. M., Khosravi-Darani, K., Mohammadifar, M. A., & Nikoopour, H. (2009). Production of mycoprotein by *Fusarium venenatum* growth on modified vogel medium. *Asian Journal of Chemistry*, 21(5), 4017.
- Leong, Y. K., & Chang, J. S. (2020). Bioremediation of heavy metals using microalgae: recent advances and mechanisms. *Bioresource Technology*, 303, 122886.
- Lim, H. R., Khoo, K. S., Chew, K. W., Chang, C. K., Munawaroh, H. S. H., Kumar, P. S., & Show, P. L. (2021). Perspective of Spirulina culture with wastewater into a sustainable circular bioeconomy. *Environmental Pollution*, 284, 117492.
- Martínez-Jerónimo, F., Flores-Hernández, D. I., & Galindez-Mayer, J. (2017). Formulation of an alternative culture medium for *Arthrospira maxima* (Spirulina) based on “tequesquite,” a traditional mineral resource. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48(6), 887-897.
- Merlo, S., Gabarrell Durany, X., Pedrosa Tonon, A., & Rossi, S. (2021). Marine microalgae contribution to sustainable development. *Water*, 13(10), 1373.
- Moshood, T. D., Nawarir, G., & Mahmud, F. (2021). Microalgae biofuels production: A systematic review on socioeconomic prospects of microalgae biofuels and policy implications. *Environmental Challenges*, 5, 100207.
- Nouska, C., Mantzourani, I., Alexopoulos, A., Bezirtzoglou, E., Bekatorou, A., Akrida-Demertzi, K., Demertzis P., & Plessas, S. (2015). *Saccharomyces cerevisiae* and kefir production using waste pomegranate juice, molasses, and whey. *Czech Journal of Food Sciences*, 33, 77-282.
- Olivares, J. A., Puyol, D., Melero, J. A., & Dufour, J. (2019). *Wastewater treatment residues as resources for biorefinery products and biofuels*. Elsevier. The Netherlands..
- Øverland, M., Tauson, A.-H., Shearer, K., & Skrede, A., (2010). Evaluation of methane-utilising bacteria products as feed ingredients for monogastric animals. *Archives of Animal Nutrition*, 64, 171-89.
- Owsianiak, M., Pusateri, V., Zamalloa, C., De Gussem, E., Verstraete, W., Ryberg, M., & Valverde-Pérez, B. (2022). Performance of second-generation microbial protein used as aquaculture feed in relation to planetary boundaries. *Resources, Conservation and Recycling*, 180, 106158.
- Pelczar, M. J., & Chan, E. C. S. (2010). *Microbiology: An application based approach*. New Deli: Tata McGraw Hill.
- Ramírez-Moreno, L., & Olvera-Ramírez R. (2006). Uso tradicional y actual de *Spirulina* sp. (*Arthrospira* sp.). *Interciencia*, 31(9), 657-663.

- Ray, A., Nayak, M., & Ghosh, A. (2022). A review on co-culturing of microalgae: A greener strategy towards sustainable biofuels production. *Science of the Total Environment*, 802, 149765.
- Rumsey, G. L., Hughes, S. G., Smith, R. R., Kinsella, J. E., & Shetty, K. J. (1991). Digestibility and energy values of intact, disrupted and extracts from dried yeast fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal Feed Science and Technology*, 33, 185-193.
- Sakarika, M., Ganigué, R., & Rabaey, K. (2022). Methylootrophs: from C1 compounds to food. *Current Opinion in Biotechnology*, 75, 102685.
- Sarker, P. K., Gamble, M. M., Kelson S., & Kapuscinski A. R. (2015). Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) show high digestibility of lipid and fatty acids from marine *Schizochytrium* sp. and of protein and essential amino acids from freshwater *Spirulina* sp. feed ingredients. *Aquaculture Nutrition*, 22(1), 109-119.
- Suman, G., Nupur, M., Anuradha, S., & Pradeep, B. (2015). Single cell protein production: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(9), 251-262.
- Uwineza, C., Mahboubi, A., Atmowidjojo, A., Ramadhani, A., Wainaina, S., Millati, R., Wikandari, R., Niklasson, C., & Taherzadeh, M. J. (2021). Cultivation of edible filamentous fungus *Aspergillus oryzae* on volatile fatty acids derived from anaerobic digestion of food waste and cow manure. *Bioresource technology*, 337, 125410.
- Villarreal-Cavazos, D. A., Ricque-Marie, D., Nieto-López, M., Tapia-Salazar, M., Lemme, A., Gamboa-Delgado, J., & Cruz-Suárez, L. E. (2019). Apparent digestibility of amino acids in feedstuffs used in diets for the Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*. *Ciencias marinas*, 45(3), 91-100.
- Wang, S. K., Tian, Y. T., Dai, Y. R., Wang, D., Liu, K. C., & Cui, Y. H. (2022). Development of an alternative medium via completely replaces the medium components by mixed wastewater and crude glycerol for efficient production of docosahexaenoic acid by *Schizochytrium* sp. *Chemosphere*, 291, 132868.
- Wang, Y., Li, M., Filer, K., Xue, Y., Ai, Q., & Mai, K. (2017). Evaluation of *Schizochytrium* meal in microdiets of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae. *Aquaculture Research*, 48(5), 2328-2336.
- Weyer, K. M., Bush, D. R., Darzins A., & Willson, B.D. (2010). Theoretical maximum algal oil production. *Bioenergy Research*, 3(2), 204-213.
- Wiebe, M. (2002). Myco-protein from *Fusarium venenatum*: a well-established product for human consumption. *Applied microbiology and biotechnology*, 58(4), 421-427.

NOTAS

- [1] PlantPills Wiki disponible en wiki.plantpills.co.uk
- [2] Los fotobiorreactores consisten en arreglos tubulares que permiten mantener a las microalgas expuestas a la luz mientras fluyen en un medio de cultivo. La versión de tanques exteriores también es una opción de cultivo y, aunque es más susceptible a la contaminación, genera mayores cantidades de biomasa.
- [3] Este microhongo se cultiva y procesa masivamente para manufacturar alimentos altos en proteína unicelular que se comercializan como veganos o análogos de carne.

CC BY-NC-ND

Instrucciones para colaboradores

CIENCIA ergo-sum es una revista académica multidisciplinaria de prospectiva de la Universidad Autónoma del Estado de México, cuyo interés prioritario es que, con base en la rigurosidad académica, los artículos puedan incidir en la **toma de decisiones al extender sus conclusiones** de modo que no se queden en reportes de resultados sino que **apunten al futuro, den alternativas o adviertan los riesgos de preservar situaciones**. De este modo, se interesa en las colaboraciones que muestren la relevancia práctica, su utilidad y aplicabilidad para dar sustentabilidad social y responder a la problemática actual y futura.

Por lo que toca a los trabajos teóricos o de orden filosófico, el enfoque prospectivo ubicará el método o tratará el estado del arte del tema o de la frontera del conocimiento en cuanto a la discusión de la actualidad y la vigencia del paradigma. Para someter los trabajos a consideración del comité editorial, los colaboradores deberán apegarse a las siguientes normas editoriales:

1. Los originales serán sometidos a un proceso editorial que se desarrollará en varias fases. Primera: toda colaboración será objeto de una evaluación preliminar por parte del Comité Editorial y/o Dirección Editorial, quienes determinarán la pertinencia de turnarlo a dictamen. Segunda: una vez que se estableció que cumple con todos los requisitos formales indicados en estas instrucciones, será enviada a dos **árbitros externos**, quienes determinarán en **forma anónima**: a) publicar sin cambios, b) publicar cuando se hayan cumplido correcciones menores, c) publicar una vez que se haya realizado una revisión a fondo y d) rechazar. En caso de discrepancia entre ambos resultados, el trabajo se turnará a un tercer árbitro, cuya decisión será determinante.

Los resultados de la dictaminación son inapelables en todos los casos.

Para agilizar el proceso de dictaminación, cada artículo sometido a dictamen **deberá proponer a cuatro árbitros expertos en el tema con sus respectivos correos electrónicos**.

2. Cada colaboración se acompañará de una **declaración escrita en la que se especifique que no ha sido publicada y que no se someterá simultáneamente a otras publicaciones** antes de conocer la decisión del comité editorial.
3. Se aceptarán dos tipos de trabajos:
 - a) **Artículos científicos de cualquier área del conocimiento** (podrán estar escritos en español o inglés). Deberán ser de orden y de interés estrictamente académico, lo cual implica que podrán usarse términos, fórmulas y anotaciones técnicas haciendo las aclaraciones adecuadas.

En su caso, indicar si el artículo forma parte de un proyecto de investigación más amplio. En ningún caso excederán 25 cuartillas a doble espacio (40 000 caracteres), incluyendo cuadros y gráficos.

b) Trabajos de divulgación. Extensión máxima 15 cuartillas (24 000 caracteres). Se publicarán en las siguientes secciones fijas:

- **Espacio del divulgador:** son trabajos que presentan de manera accesible algún tema científico de interés general.
- **Ensayo científico:** son disertaciones generales sobre algún aspecto también general de la ciencia.

4. El artículo se remitirá electrónicamente en procesador Word a través de nuestra plataforma Open Journal Systems, previo registro: <http://cienciaergosum.uaemex.mx>

5. Cada artículo se acompañará de: a) datos generales del autor (nombre completo, resumen curricular no mayor a cinco líneas, **dirección postal y electrónica**, teléfono y lugar de adscripción); b) **resumen del artículo en español e inglés no mayor a 120 palabras**, traducción del título y palabras clave (no más de cinco).

6. Los autores podrán acompañar sus textos con gráficas, fotografías, mapas, esquemas, audiovisuales u otras imágenes interactivas, que deberán incorporarse como anexos evitando redundancias y citando correctamente su fuente. En caso indispensable, se publicarán a color. Deberán entregarse en formato TIF, JPG o GIF en alta resolución. Los cuadros y tablas, en procesador Excel y/o Word.

7. El título del trabajo indicará claramente el contenido y deberá ser breve (máximo 140 caracteres con espacios).

8. Deberán hacerse siempre las referencias bibliográficas que correspondan al texto. De no ser así e incurrirse en plagio intelectual o de cualquier índole, **CIENCIA ergo-sum** no asumirá ninguna responsabilidad y, por lo tanto, el autor tendrá que hacer frente a las leyes correspondientes.

9. Los trabajos deberán ser escritos cuidando las normas de ortografía y redacción, además de cumplir con las siguientes características generales:

- a) No usar guiones al final del renglón.
- b) Las notas a pie de página deberán utilizarse sólo si es absolutamente necesario y con interlineado sencillo.
- c) Para las citas dentro del texto se usará el formato Harvard (Loría, 2013: 7)
- d) Las referencias se ordenarán alfabéticamente al final del texto con todos los elementos de una ficha de acuerdo con la siguiente guía: <https://library.port.ac.uk/guides/docs/LG190.pdf>
- e) Usar referencias actuales (máximo cuatro años de antigüedad).

10. En los trabajos aceptados para publicarse, la dirección editorial se reserva el derecho de:

- a) Editarlos, imprimirlos, reimprimirlos y difundirlos en versión impresa, digital y en medios magnéticos.
- b) Hacer los cambios editoriales que considere convenientes.

11. La recepción y procesamiento de artículos no tiene costo.



Revista **CIENCIA ergo-sum**

CIENCIA ergo-sum se rige por las **normas y códigos de ética internacionales** establecidas por el Committee on Publication Ethics (Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors, COPE), que se pueden consultar en nuestra página o en <http://publicationethics.org>

En cumplimiento con la norma **ISO 9001-2008** que determina el *Proceso de edición de revistas*, se pueden consultar todos los procedimientos que sigue su colaboración desde el momento de someterse a nuestra redacción en el siguiente enlace http://ergosum.uaemex.mx/PROCEDIMIENTO_REVISTAS.pdf.

Leona Vicario 201, Barrio de Santa Clara. Toluca, Estado de México, C.P. 50090.

Teléfonos: 722 277 3835 y 722 277 3836 ext. 2109.

Correo electrónico: ciencia.ergosum@yahoo.com.mx

Página electrónica: <http://cienciaergosum.uaemex.mx/>

Twitter: [CIENCIA_ergosum](#) / Facebook: [Ciencia Ergo Sum](#)

Instructions for Contributors

CIENCIA ergo-sum is a Scientific and Prospective Multidisciplinary Scientific Journal of the Universidad Autónoma del Estado de México (Autonomous University of the State of Mexico). The journal has adopted a prospective profile in order to contribute to **decision making** and **looking forward into the future** analysis and introspection.

In this line of thinking, all the works at least should have several extensions, trying to point out to the future their main results. Discussions, coming out from the analysis, about practical-theoretical use, or contribution to social or human kind sustainability are highly encouraged.

1. All the works submitted will follow an editorial process. Firstly, each paper will be pre evaluated by the Editor or the Editorial Board.

According to this previous outcome, it will continue with the process or will be rejected. If positive, then it will be turned to a peer review process of which there are the possible results: a) to be published without changes; b) published after making corrections; c) to be published after a deep correction of the whole piece; d) rejected. In the case of having a positive and a negative result, the Editor will turn the work to a final decision, which **cannot be appealed**.

In order to **reduce the evaluation process all the submissions should suggest four referees with their e-mail accounts**.

2. It receives scientific papers also written in English from all fields.

3. We publish three issues a year (March, July and November).

4. Authors will comply with the following editorial rules:

- Papers cannot be submitted simultaneously to other publications.
- Previously published papers will not be accepted.
- Papers of a journalistic nature or general commentaries are not suitable, except those which increase the readers' scientific knowledge.

5. Two types of work will be accepted:

- **Scientific Contributions.** Must be strictly academic, and not exceed 25 pages (40 000 characters) including tables and figures.
- **General Scientific Work.** Maximum of 12 pages (19 200 characters). These papers

will be published in the regular sections under the following categories:

Essay: An academic work presenting reflections on any subject of any field of knowledge; and does not necessarily comply with the requirements for scientific papers.

Popularization of Science: Is related to disclosing any scientific topic in an interesting manner and does not necessarily comply with the requirements for scientific papers.

In any case, works with a future or prospective approach will be prioritized.

Research Progress Reports will not be accepted although they can be incorporated in the form of scientific papers and/or scientific works in which a specific investigation problem is defined, discussed and settled.

6. Each paper must be sent electronically (preferably Word), through our OJS platform (URL: <http://cienciaergosum.uaemex.mx>) accompanied with a presentation containing general data allowing **CIENCIA ergo-sum** easy access to the author (address, telephone number, postal and e-mail address), with an abstract of the paper (less than 120 words) and key words.

7. Authors may include in their texts illustrations (pictures, tables, maps, diagrams, audiovisuals or other interactive images) to be incorporated. Repetitions or redundancies must be avoided. Figures must be submitted in diskettes labeled with the program and file names. In all cases, they must be of good quality. Just if necessary color prints are allowed.

8. Titles and subtitles must be distinguished by the size of the characters and their position in the text (maximum 140 characters with spaces).

9. The introduction must clearly reflect the paper's background and introduce the reader to the subject.

10. References must always be given. Otherwise, **CIENCIA ergo-sum** will not assume responsibility for plagiarism, whether intellectual or not, and the author will be held liable.

11. Works must be written in upper and lower case letters and comply with normal editing standards:

References may appear as footnotes.

For references appearing in the text itself, the Harvard notation system will be used (<https://library.port.ac.uk/guides/docs/LG190.pdf>), i.e. surname, year of publication and page number in parentheses (Loría, 2013: 7)

References will appear alphabetically at the end of the text.

12. The publication will not be responsible for the contents of the papers. To use recent bibliography (Less than four years) is highly recommended.

13. The decision of the Editorial Board (Peer Review) cannot be appealed.

14. For papers accepted, the Editor reserves the right to:

- a) Edit, print and reprint the papers in paper, electronic and magnetic version.
- b) Make editorial and editing corrections if necessary.

15. Papers can be submitted electronically in Word format through the Open Journal Systems, previous register in: <http://cienciaergosum.uaemex.mx>

16. **Reccipt and processing pappars have no cost.**



Journal **CIENCIA ergo-sum**

CIENCIA ergo-sum follows the **rules and codes of ethics** established by the Committee on Publication Ethics (Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors, COPE), which are available on our website or <http://publicationethics.org>

In compliance to **ISO 9001-2008** certification, the editing procedure is available in the following link http://ergosum.uaemex.mx/PROCEDIMIENTO_REVISTAS.pdf

Leona Vicario 201, Barrio de Santa Clara. Toluca, Estado de México, C.P. 50090.

Phones: 722 277 3835 and 722 277 3836 ext. 2109.

E-mail: ciencia.ergosum@yahoo.com.mx

Website: <http://cienciaergosum.uaemex.mx/>

Twitter: [CIENCIA_ergosum](#) / Facebook: [Cienia Ergo Sum](#)

