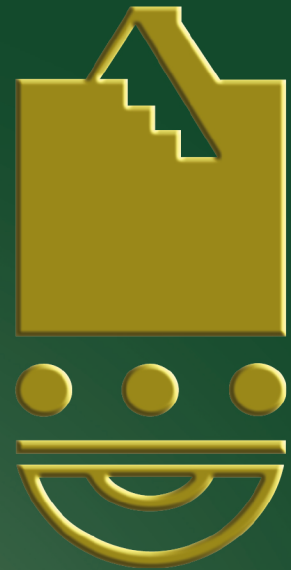


CIENCIA *ergo-sum*

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



Volumen 29 Número 3
noviembre 2022-febrero 2023

Modelo econométrico de demanda de carne porcina en México, 1990-2019

Influencia de la familiness en la relación de la heterogeneidad familiar y la postura innovadora de la empresa familiar

Sobrecarga y calidad de vida en cuidadores de enfermos crónicos con base en el nivel de independencia

El mural en el barrio de El Cóporo. Arte y paisaje urbano desde la estética de la marginalidad

El uso de la energía y la contaminación atmosférica. Caso de estudio: Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia), 2015

Efecto de los colorantes Sunset yellow y rojo Ponceau 4R en la esferificación inversa de un modelo de coctel

Influencia de la distribución del acero de refuerzo longitudinal en los diagramas de interacción de columnas sólidas circulares

Antioxidant capacity of commercial cranberry juices before and after storage at low temperature

Conservación de productos hortofrutícolas mediante el uso de nanopartículas de quitosano y agentes naturales

Las masacres de migrantes y la tolerancia estatal mexicana

Análisis bibliométrico de la producción científica en temas de ciberseguridad (2015-2020)



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 Seriadadas

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

Modelo econométrico de demanda de carne porcina en México, 1990-2019

Samuel Rebollar Rebollar, Juvencio Hernández Martínez y Eulogio Rebollar Rebollar

En el análisis de la demanda de carne de cerdo en canal en México (1990-2019) se utiliza un modelo de regresión lineal múltiple. La demanda de carne de cerdo en canal es inelástica en relación con sus determinantes. Se concluye que los precios reales del cerdo, del pollo y de la tortilla tienen influencia mayor en la demanda.

Influencia de la familiness en la relación de la heterogeneidad familiar y la postura innovadora de la empresa familiar

Ricardo Arista Zavala y María Isabel de la Garza Ramos

Se explora el efecto de la familiness en la relación de la heterogeneidad familiar y la postura innovadora de la empresa familiar en San Luis Potosí, México. Usando la tipología de Rondi y colaboradores, se encuentra que la familiness aumenta la proclividad de operar con una baja inclinación al riesgo y un alto apego a la tradición con un enfoque al logro de la continuidad en el largo plazo.

Ciencias Humanas y de la Conducta

Sobrecarga y calidad de vida en cuidadores de enfermos crónicos con base en el nivel de independencia

Ana Olivia Ruiz Martínez, Ma. de Lourdes Vargas Santillán, Claudia Rodríguez García, María Guadalupe Ruelas González y Norma Ivonne González Arratia López Fuentes

Se analiza la relación de la sobrecarga y la calidad de vida de los cuidadores primarios de enfermos crónicos. Los resultados indican una relación moderada entre sobrecarga y calidad de vida sólo en los cuidadores de enfermos depen-

dientes. Se concluye la utilidad de clasificar a los cuidadores de acuerdo con el grado de independencia del enfermo para identificar necesidades de apoyo en el cuidado.

El mural en el barrio de El Cópore. Arte y paisaje urbano desde la estética de la marginalidad

Ricardo Hernández López, Héctor Favila Cisneros y Andrés López Ojeda

Se analiza el mural de El Cópore bajo los conceptos de la estética de la marginalidad y se revisan los alcances que tuvo el proyecto en la rehabilitación física y social del espacio público de la zona. El mural otorga una nueva configuración al paisaje urbano de la ciudad de Toluca, pero no logra erradicar la marginación.

Ciencias de la Tierra y la Atmósfera

El uso de la energía y la contaminación atmosférica. Caso de estudio: Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia), 2015

Carlos Alberto Echeverri Lond

El sector transporte es el principal responsable de la emisión de contaminantes atmosféricos. En este sentido, se cuantifican las formas de energía que alimentan al Valle de Aburrá y se caracteriza la generación de contaminantes. Se emplean los poderes caloríficos de los combustibles para estimar el suministro de energía que aportan.

Ciencias Exactas y Aplicadas

Efecto de los colorantes Sunset yellow y rojo Ponceau 4R en la esferificación inversa de un modelo de coctel

Jesús Vladimir Escandell Comesaña, Arlet Mandiarote Casallas y Héctor Manuel Zumbado Fernández

Se evalúa el efecto de dos colorantes en la esferificación inversa de un modelo de coctel. Se obtienen esferas a partir de disoluciones de alginato de sodio, alginato de sodio + colorante Sunset yellow y alginato de sodio + colorante rojo Ponceau 4R. Las esferas se evalúan sensorialmente en la categoría "buena" y el tipo de colorante no influyó de manera significativa en la sinéresis hasta minutos después de preparadas.

Influencia de la distribución del acero de refuerzo longitudinal en los diagramas de interacción de columnas sólidas circulares

Sulpicio Sánchez Tizapa, Alfredo Cuevas Sandoval, Rocío N. Ramos Bernal, Ángel Cortés Niño, René Vázquez Jiménez y Roberto Arroyo Matus

Se presenta la variación de los diagramas de interacción en columnas sólidas circulares considerando la posición del acero de refuerzo longitudinal. Las conclusiones están dirigidas a la importancia de considerar la posición del acero de refuerzo en columnas circulares sólidas armadas con pocas barras de refuerzo.

Ciencias Naturales y Agropecuarias

Antioxidant capacity of commercial cranberry juices before and after storage at low temperature

Rocío del Carmen Díaz Torres y Virginia Gabriela Cilia-López

Se evalúa la actividad antioxidante de jugos de arándano disponibles en los supermercados de San Luis Potosí, México, antes y después de su almacenamiento. Se recomienda el consumo de jugo de arándano una vez abierto el envase para garantizar el consumo de los compuestos antioxidantes asociados a un efecto benéfico para la salud.

Espacio del Divulgador

Conservación de productos hortofrutícolas mediante el uso de nanopartículas de quitosano y agentes naturales

Silvia Bautista-Baños, María Luisa Corona-Rangel y Zormy Nacary Correa-Pacheco

Se presenta el estado del arte del uso de recubrimientos nanoestructurados de nanopartículas de quitosano con agentes naturales, sus beneficios y un enfoque académico, industrial y gubernamental del uso de la nanoagrotecnología, así como las perspectivas de esta técnica para la conservación de frutas y hortalizas como una solución alternativa amigable con el ambiente

Las masacres de migrantes en tránsito y la tolerancia estatal mexicana

Marisol Pérez Díaz y Alina Díaz Ramos

Se evidencian las violencias perpetradas por la economía criminal hacia las personas migrantes tras el aumento de las medidas restrictivas implementadas por el gobierno mexicano como estrategia para frenar el tránsito irregular. La tolerancia y la indolencia política ante la intervención violenta de la economía criminal en el tránsito migratorio irregular apuntan a la falta de atención y la tolerancia de las autoridades respecto a las masacres de personas migrantes.

Análisis bibliométrico de la producción científica sobre México en temas de ciberseguridad (2015-2020)

Yesenia Matilde-Espino y Luis-Rodrigo Valencia-Pérez

Se desarrolla un análisis bibliométrico sobre artículos científicos referentes a México en temas de ciberseguridad indizados en los portales ScienceDirect, Redalyc y Dialnet. De acuerdo con los artículos se detectan tendencias investigativas que sugieren una aportación mayoritaria de investigadores afiliados a universidades, así como la asociación del tema de la ciberseguridad y las tecnologías implicadas en el ciberespacio a tópicos sociales.

CIENCIA *ergo-sum*, Volumen 29, Número 3, noviembre 2022-febrero 2023, 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 2022 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/>.



Modelo econométrico de demanda de carne porcina en México, 1990-2019

Rebollar Rebollar, Samuel; Hernández Martínez, Juvencio; Rebollar Rebollar, Eulogio

Modelo econométrico de demanda de carne porcina en México, 1990-2019

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | e167

Ciencias Sociales

Universidad Autónoma del Estado de México, México

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



Rebollar Rebollar, S., Hernández Martínez, J. y Rebollar Rebollar, E. (2022). Modelo econométrico de demanda de carne porcina en México, 1990-2019. *CIENCIA ergo-sum*, 29(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a1>

Modelo econométrico de demanda de carne porcina en México, 1990-2019

Econometric demanda model of pork meat in Mexico, 1990-2019

Samuel Rebollar Rebollar

Universidad Autónoma del Estado de México, México

srebollar@uaemex.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-2906-0571>

Recepción: 2 de julio de 2021
Aprobación: 6 de octubre de 2021

Juvenio Hernández Martínez

Universidad Autónoma del Estado de México, México

jhernandezma1412@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-7864-5595>

Eulogio Rebollar Rebollar

Universidad Autónoma del Estado de México, México

rebollar55@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-2148-7033>

RESUMEN

En el análisis de la demanda de carne de cerdo en canal en México (1990-2019) se utiliza un modelo de regresión lineal múltiple. La variable dependiente es la demanda de carne de cerdo en canal y como predeterminadas son los precios reales en canal de la carne de cerdo, del bovino, del pollo, de la tortilla y el producto interno bruto per cápita. La demanda de carne de cerdo en canal es inelástica en relación con sus determinantes: la elasticidad precio del cerdo fue -0.38 , la de bovino 0.17 , la de pollo 0.49 , tortilla -0.43 e ingreso fue 0.11 . Se concluye que en el periodo referido, los precios reales del cerdo, del pollo y de la tortilla tienen influencia mayor en la demanda.

PALABRAS CLAVE: carne de cerdo, demanda nacional, elasticidades, modelo econométrico.

ABSTRACT

In the demand analysis for carcass pork in Mexico (1990-2019), a multiple linear regression model was used. The dependent variable was the demand for carcass pork and as predetermined, the real prices for carcass pork, beef, chicken, tortilla, and the per capita gross domestic product. The demand for carcass pork was inelastic in relation to its determinants: the price elasticity for pork meat was -0.38 , for beef (0.17), chicken (0.49), tortilla (-0.43) and the income was 0.11 . Concluding that in the referred period, the real prices of pork meat, chicken, and tortilla, had a greater influence on the demand.

KEYWORDS: pork meat, national demand, elasticities, econometric model.

INTRODUCCIÓN

La porcicultura es una actividad de interés económico difundida en todo el mundo. Su dinámica permite generar empleos, incrementar planta productiva y producir carne de calidad para abastecer un mercado que cada día es más demandante (Iglesias *et al.*, 2017). En 2019 la producción mundial de carne de cerdo fue de 102 millones de toneladas (Mt), 9.70% menos que en 2018, de la cual China es líder (41.70%) y le sigue la Unión Europea (23.40%), los Estados Unidos de América (EUA) (12.30%) y Brasil (3.90%). México aportó 1.40% (FAO, 2020; PORCIMEX, 2020).

En ese mismo año, el consumo mundial fue de 100.9 Mt. En este aspecto destacó China en 45.50%, Unión Europea 20.20%, EUA 10%, Brasil 3.4% y México 2.20% (2.153 Mt). Los importadores principales fueron China,

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

jhernandezma1412@gmail.com

Japón, México, Corea del Sur y EUA cuya participación fue de 72.60% y los vendedores (exportadores) la Unión Europea, EUA, Canadá y Brasil que en conjunto aportaron 93.50% al mercado mundial (PORCIMEX, 2020).

México en 2019 alcanzó un consumo nacional aparente (CNA) de carne de cerdo de 2.10 Mt, de ese total 42% fue de importaciones, 10.90% exportaciones y 47.10% producción interna; todo ello producto de un consumo per cápita de 18.20 kg (PORCIMEX, 2020).

En su concepción microeconómica la demanda de un producto es una función lineal o no lineal de su precio, del ingreso del consumidor, precio de bienes sustitutos y complementarios, número de consumidores, entre otros (Brigham y Pappas, 1992; Figueroa *et al.*, 2019; Rebollar y Rebollar, 2019), y su dinámica temporal se aplica al comportamiento que tienen en el mercado diversos bienes por ejemplo agrícolas y pecuarios (Carbajal *et al.*, 2017; Guzmán *et al.*, 2019).

En relación con el comportamiento de dicha demanda en el ámbito pecuario, algunas investigaciones se han orientado a explicar el efecto de sus determinantes para periodos temporales diferentes sobre carne porcina; así, García *et al.* (2004), estudiaron los factores que afectan la demanda de carne porcina en México durante 1960-2002 con un modelo de ecuaciones simultáneas y enfatizaron que el progreso tecnológico fue la de mayor influencia para explicar el crecimiento de la actividad. Callejas *et al.* (2020) analizaron la estructura de mercado para cerdos vivos en México mediante un modelo de redes y confirmaron que se aprovecha menos del 50% del capital social de la red de distribución del producto cárnico.

En adición Pérez *et al.* (2010) en un trabajo acerca del efecto de importaciones sobre el mercado porcino en México, con mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E), dedujeron que las variables de la demanda fueron de impacto mayor en el crecimiento de las importaciones. Por su parte, Díaz y Rodríguez (2010) realizaron un estudio de oferta y demanda de carne de cerdo en México 1980-2009 en donde el precio del producto y el precio del bovino como bienes sustitutos influyeron en mayor medida en la demanda. En este sentido, Rebollar *et al.* (2014) analizaron la demanda regional de carne porcina en México 1994-2012 mediante modelos de regresión lineal múltiple; destacaron que en ese periodo la variable “población”, además de ser inelástica a la demanda, fue la que presentó mayor dinamismo.

En concordancia, Rebollar *et al.* (2020) en un modelo de demanda carne de pollo en el centro-este de México en el periodo 1996-2018, al utilizar regresión lineal múltiple, afirmaron que el precio del bovino se comportó como sustituto de la carne de pollo y la carne de cerdo fungió como complementario al consumo del pollo; finalmente, Rubí *et al.* (2018) discutieron sobre la demanda de carne de pollo en la Ciudad de México por medio de un modelo de regresión lineal múltiple y concluyeron que el número de consumidores tuvo la dinámica mayor sobre la demanda.

Por lo anterior, el objetivo de este artículo es estimar los factores determinantes de la demanda de carne porcina en México y el grado de sensibilidad con referencia en sus elasticidades para el periodo 1990-2019. La hipótesis principal afirma que la demanda nacional de carne porcina es inelástica e inversa al precio real del producto, directa e inelástica a los precios reales de carne bovina y pollo y que además se comporta como un bien normal e inelástico al ingreso del consumidor; aunado a eso, es inelástica e inversa al precio real de la carne de cerdo.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para estimar los factores que determinan el comportamiento microeconómico de la función de demanda de carne porcina en canal en México durante 1990-2019, se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple aditivo (Brigham y Pappas, 1992; Gujarati y Porter, 2010), ya que es el que mejor ajustó o que mejor se ajustó a la masa de datos del periodo de análisis.

La especificación de la forma aditiva del modelo estadístico fue la siguiente:

$$DNCP_t = \beta_0 + \beta_1 PRC_{t-2} + \beta_2 PRCB_{t-1} + \beta_3 PRCP_t + \beta_4 PRT_t + \beta_5 PIBR_{t-2} + DNCP_{t-1} + e_i$$

Donde:

$DNCP_t$ = demanda nacional de carne porcina en canal, para el periodo t , en toneladas (t)

β_0 = intercepto de la función

$\beta_1, \dots, \beta_5$ = parámetros por estimar de la función

PRC_{t-2} = precio real de la carne de cerdo en canal, retrasado dos periodos, en pesos por tonelada ($\$/t$)

$PRCB_t$ = precio real de la carne de bovino en canal, en el periodo t , en $\$/t$

$PRCP_t$ = precio real de la carne de pollo en canal, en $\$/t$

PRT_t = precio real de la tortilla, en $\$/t$

$PIBR_{t-2}$ = Producto Interno Bruto real per cápita, retrasado dos periodos, en $\$/habitante$, como medida de aproximación al ingreso real per cápita (Gujarati y Porter, 2010; Rebollar *et al.*, 2020).

$DNCP_{t-1}$ = Demanda nacional de carne porcina en canal, retrasada un periodo como variable independiente del modelo, en toneladas (t).

ei = error estadístico, aleatorio o estocástico.

El modelo propuesto es aditivo, lineal en los parámetros, lineal en las variables y tiene características de ser autorregresivo por disponer, como predeterminada, a la variable dependiente retrasada un periodo (Gujarati y Porter, 2010). Además, en este artículo, como variable de aproximación a la demanda nacional de carne porcina por cada año de la serie de tiempo, se consideró al consumo nacional aparente (CNA), definido como la suma de producción nacional más importaciones menos las exportaciones de carne porcina en canal.

Esa función aditiva de la demanda (Brigham y Pappas, 1992; Gujarati y Porter, 2010) implica que los efectos marginales de cada variable independiente, son constantes; es decir, cambian linealmente con las fluctuaciones de cada una de las variables fijas o predeterminadas.

Así, con base en Rebollar *et al.* (2014) y Vázquez-Alvarado y Martínez-Damián (2015), la demanda de cualquier producto en el mercado se expresa como una función de su precio, del ingreso del comprador, del precio de bienes sustitutos y complementarios, de sus gustos y preferencias, de la población y otros factores, por lo que la adaptación de tal premisa implicó que la demanda mexicana de carne porcina en canal fue una función del precio real al consumidor de carne de cerdo, del precio real al consumidor de carne bovina en canal, del precio real al consumidor de carne de pollo en canal, del precio real de la tortilla y del PIB real per cápita como medida de aproximación al ingreso real por persona. La población, como determinante adicional de la demanda y como variable independiente, no se consideró debido a que está implícita cuando se obtiene la variable regresora PIB per cápita.

En la estimación del modelo estadístico y con referencia en la teoría microeconómica de la demanda (Gujarati y Porter, 2010), es de esperarse que el signo del coeficiente del parámetro β_1 sea negativo el del β_2 y β_3 positivos, el del β_4 negativo, el de β_5 positivo y el del β_6 positivo.

La significancia estadística global del modelo se validó con la F calculada (F_c) que da la salida de resultados al 95% de confiabilidad por *default*. Para la congruencia estadística, se consideró el R^2 ajustado debido a que presenta una imagen más optimista del ajuste de la regresión (Wooldridge, 2010; Gujarati y Porter, 2010), en tanto que la significancia individual de cada estimador se realizó con la t de Student conocida como razón de t . La significancia económica, que en microeconomía se entiende como la lógica económica del modelo, se consideró mediante el signo y el valor de los coeficientes de las variables predeterminadas en la función de demanda.

De este modo, la relación entre la cantidad de demanda de carne de cerdo en canal en el promedio del periodo, aproximado por el consumo nacional aparente (t) y el precio del producto en canal en el promedio del periodo ($\$/t$), debe ser inversa. Por su parte, el precio de la carne de bovino y del pollo en canal ($\$/t$) debe ser directa, una vez que en esta investigación tales productos se consideraron como bienes sustitutos de la carne de cerdo. La del precio real de la tortilla y la demanda de carne de cerdo es inversa, mientras que la del Producto Interno Bruto real per cápita nacional, en el promedio del periodo ($\$/persona$), como aproximación al ingreso nacional disponible real per cápita

es directa. Después, con base en Rebollar *et al.* (2020), se calculó la elasticidad económica por cada variable explicativa de la demanda de carne de cerdo en México y se evaluó de acuerdo con el signo y magnitud de su coeficiente.

Con referencia en Brigham y Pappas (1992) y en Rebollar *et al.* (2020), la elasticidad se obtuvo al multiplicar el coeficiente de la derivada parcial del modelo estimado por el valor actual que se observó en la variable independiente respecto a la cantidad demandada (Díaz y Rodríguez, 2010) al considerar que los modelos de demanda lineal tienen elasticidad variable a través de su rango de estimación; por ello, el valor de la elasticidad se obtuvo al utilizar el promedio del periodo analizado (Rebollar *et al.*, 2014; Vázquez-Alvarado y Martínez-Damian, 2015; Rebollar y Rebollar, 2019).

De acuerdo con la información anual del consumo nacional aparente de carne de cerdo, fue necesario obtener el dato de producción de carne de cerdo en canal, el cual provino del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020a; FAO, 2020a); las exportaciones y exportaciones en canal de esa carne se consultaron en la FAO (2020b). Los precios nominales al consumidor tanto de la carne de cerdo, bovino y pollo provinieron de la nube SIAP (2020b). Para el precio nominal de la tortilla se consultaron fuentes, como la CEDRSSAR (2014) y el INEGI (2020a). El PIB nacional per cápita, como medida de aproximación al ingreso nacional per cápita, provino del INEGI-BIE (2020) para varios años.

Todas las variables monetarias del modelo estadístico se deflactaron con el índice nacional de precios al consumidor (INPC) base 2012 (INEGI, 2020). Los resultados del modelo estadístico estimado se obtuvieron con la utilización del procedimiento GLM de SAS (SAS, 2003).

2. RESULTADOS

El modelo de regresión lineal múltiple estimado para la demanda de carne de cerdo en canal en México, periodo 1990-2019, fue:

$$DNCP_t = 48,280 - 16.51PRC_{t-2} + 6.34PRCB_{t-1} + 27.90PRCP_t - 64.32PRT_t + 1.77PIBR_{t-2} + 1.14DNCP_t$$

El coeficiente 48 280 como valor del intercepto carece de interpretación económica debido a que no es posible concebir que la demanda nacional de carne de cerdo en canal sea en esa magnitud cuando todas las variables fijas toman un valor de 0 (Gujarati y Porter, 2010; Rebollar y Rebollar, 2020). El coeficiente de cada variable independiente de la función de la demanda expone la relación marginal entre dicha variable y la demanda nacional de carne de cerdo en canal, donde se mantiene constante el efecto de todas las demás variables. Así, 16.51 que es el valor del coeficiente del PRC, significa que por cada 1 000 pesos mexicanos que aumente el precio por tonelada de la carne de cerdo en canal, se espera, *ceteris paribus*, que la cantidad demandada decrezca en, aproximadamente, 16.51 miles de toneladas. Con base en Gujarati y Porter (2010) este efecto no es causal porque el análisis de regresión trata de la relación de una variable dependiente con otras variables, por lo que una relación estadística no puede por sí misma implicar en forma lógica, una causalidad; lo mismo sucede con el resto de los efectos de las variables independientes: no hay relaciones causales.

En adición, 6.34 el coeficiente del PRCB señala que por cada 1 000 pesos mexicanos que aumente el precio de la carne bovina en canal, la demanda de carne de cerdo se incrementará, *ceteris paribus*, en 6.34 miles de toneladas de carne en canal; de forma similar, 27.90 el precio asignado al precio de la carne de pollo en canal significa que, por cada 1 000 pesos mexicanos de aumento en su precio, la demanda nacional de carne de cerdo en canal aumentará en 27.90 miles de toneladas. De la misma manera, PRCP el precio asignado a la tortilla, revela que cuando se mantienen constantes los efectos de todas las demás variables, cada incremento de 1 000 pesos en su precio, la demanda por carne de cerdo se reduce en 64.32 miles de toneladas y el coeficiente de la variable de ingreso real per cápita manifiesta que cada 1 000 pesos adicionales de ingreso representan, en promedio, un aumento de 1.77 miles de toneladas de carne de cerdo al año.

La significancia global del modelo estimado dada por la F calculada fue de 275 ($P < 0.0001$), por lo que el modelo fue significativo estadísticamente. Por su parte, las variables fijas explicaron, a través del coeficiente de determinación R^2 ajustado, en 99.20% la dinámica nacional de la demanda de carne de cerdo en canal. Todas las variables independientes incluidas en el modelo fueron significativas tanto estadística ($P < 0.05$) como económicamente (cuadro 1) y, además, permitieron demostrar la hipótesis de investigación. Si bien todas estas variables presentaron significancia estadística, no se omite mencionar que es factible su utilización con cierto grado de confianza para fines de toma de decisiones.

CUADRO 1

Resultados estadísticos del modelo de demanda de carne de cerdo en canal en México, 1990-2019

Variable	Estimador	EE	<i>t</i> calculada	Significancia
Intercepto	48 280	141 050	0.34	$P < 0.740$
PRCC	-16.51	7.34	-2.25	$P < 0.065$
PRCB	6.34	2.81	2.6	$P < 0.035$
PRCP	27.86	9.64	2.89	$P < 0.027$
PRT	-64.32	21.42	-3.0	$P < 0.023$
PIB	1.77	0.78	2.27	$P < 0.031$
DCC	1.14	0.19	6.13	$P < 0.0009$

Fuente: elaboración propia con datos de la salida del modelo.

Nota: las cifras se escribieron con dos y tres decimales para una mejor presentación de los resultados estadísticos. EE: error estándar; DW: Durbin-Watson = 2.64; BP: Breusch-Pagan = 13; White = 4.77.

Cada estimación de parámetro es más del doble que su error estándar, lo cual muestra su importancia desde el punto de vista de la estadística (Brigham y Pappas, 1992; Wooldridge, 2010). En adición, los errores estándar de las tres variables controlables de decisión el precio de la carne de cerdo, pollo y el precio de la tortilla son muy pequeños en relación con sus respectivos coeficientes. Ello significa que los coeficientes de regresión de esas tres variables son probablemente estimaciones aceptables de la relación verdadera entre ambas y la demanda nacional de carne de cerdo en canal; de esta forma, es factible utilizarlas con un cierto grado de confianza para fines de toma de decisiones.

En este mismo sentido, el modelo no presenta evidencia de resultados espurios (Guzmán *et al.*, 2019), tiene baja correlación (DW = 2.64) y, con base en el resultado de White (13) y Breush-Pagan (4.77), no hubo evidencia de heterocedasticidad.

Por tanto, desde el punto de vista de la teoría microeconómica el signo aritmético de cada estimador fue el esperado y, por ende, el modelo presentó lógica económica.

3. DISCUSION

Con base en el signo de los coeficientes de las variables predeterminadas, el modelo, además de presentar significancia estadística, fue significativo desde el enfoque de la microeconomía. Así, la demanda nacional de carne de cerdo en canal para México durante el periodo 1990-2019 se explicó por la dinámica de los precios del producto, de la carne de cerdo y de la de pollo en canal, por el precio de la tortilla y la evolución del PIB per cápita como aproximación al ingreso real por persona.

De manera particular, la cantidad demandada de carne porcina fue inelástica al precio (-0.38) (cuadro 2), pues cada unidad porcentual de variación en su precio, se espera, *ceteris paribus*, que dicha cantidad demandada varíe en 0.38%; así, por cada 1% en que decrezca el precio real de esta carne, es de esperar que la cantidad demandada se incremente en 0.38%; resultado similar (-0.42) al de Kesavan y Buhr (1995) para un estudio de carnes en

Estados Unidos mediante un sistema de demanda inverso y convergente (-0.01) con el hallazgo de Piggott *et al.* (1996), sobre un estudio de elasticidades de carne en Australia y alejado (-2.20) del estudio de Olubasoglu *et al.* (2015) referente a elasticidades de carnes australianas y concordante (-0.8) con el trabajo de Martínez *et al.* (2019) enfocado en elasticidades de demanda marshalliana y hicksianas de las carnes en México.

Durante el periodo de análisis, el precio real promedio del producto presentó una dinámica decreciente (-1.5%) (INEGI-BIE, 2020), en tanto la demanda promedio nacional fue creciente (4%). Este resultado es similar, pero alejado en valor (-0.006), al de Rebollar *et al.* (2014) en un estudio en México, pero por regiones; similar (-0.97) al de Díaz *et al.* (2007), alejado al de Barrera (2010) (-0.06) para un estudio de carnes en Colombia; cercano (-0.3) al de Díaz y Rodríguez (2010) y poco alejado, pero inelástico del de García *et al.* (2004) en el periodo 1980-2009 también para México. En relación con estudios de demanda de carne porcina fuera de México, Galvis (2000) en su análisis de demanda de carnes en Colombia concluyó que la elasticidad precio de la demanda de carne de cerdo fue de -0.55 en el periodo 1970-1998.

El resultado de la elasticidad cruzada de la demanda de carne de cerdo y el precio de carne en canal de bovino (cuadro 2), fue mayor que 0 (0.17) y lo clasifica, de acuerdo con la teoría económica, como bien sustituto. Significa que por cada 1% de incremento en el precio de la carne de bovino, se espera, *ceteris paribus*, que la demanda de carne de cerdo en canal aumente 0.17% . En el periodo de análisis, el precio real promedio del bovino en canal aumentó 0.6% y su efecto observado sobre la demanda porcina en canal fue 4% de aumento en promedio del periodo. Tal hallazgo concuerda con el de García *et al.* (2004) al confirmar un valor de 0.16 para el periodo 1984-2002, que es semejante al de Díaz *et al.* (2007), cuya elasticidad cruzada cerdo/bovino fue de 1.40 , y en la misma dirección con Díaz y Rodríguez (2010) cuyo resultado fue 0.32 y a su vez convergente (0.10) con el de Rebollar *et al.* (2014).

En este estudio el precio de la carne de pollo en canal se comportó como sustituto en la demanda nacional de carne porcina en canal, la elasticidad cruzada cerdo/pollo (0.5) implica que cada 1% de incremento en el precio del pollo, la demanda nacional de carne de cerdo aumenta en 0.50% . Tal resultado es homogéneo con el de Rebollar *et al.* (2020) cuya elasticidad cruzada de la demanda pollo/cerdo en la región centro-este de México fue de 0.16 . En adición, durante el periodo de estudio, el precio real de la tortilla fue como bien complementario a la demanda nacional de carne de cerdo, cuya elasticidad cruzada alcanzó un valor de -0.43 ; esto es, que por cada 1% de incremento en su precio determina que la demanda por carne de cerdo se incremente en 0.43% . Tal efecto se observó durante el periodo de estudio, en México, ya que tanto el precio real de la tortilla como el consumo de carne de cerdo aumentaron (Iglesias *et al.*, 2017; INEGI-BIE, 2020).

En esta investigación, la carne de cerdo se comportó como un bien normal, necesario e inelástico al ingreso del consumidor, ya que la elasticidad ingreso de la demanda que se obtuvo fue 0.11 (cuadro 2) y significa que por cada 1% de incremento en el PIB per cápita como medida de aproximación al ingreso real, la demanda nacional de carne de cerdo se incrementa en 0.10% y se espera que la curva de la demanda del producto cárnico se mueva hacia la derecha debido al efecto desplazador del ingreso; en contraste, Olubasoglu *et al.* (2015) confirmaron que en Australia la carne de cerdo es elástica al ingreso (1.59).

CUADRO 2
Elasticidades estimadas para la demanda de carne de cerdo en canal, 1990-2019

Elasticidad	Valor	Clasificación
Precio de la demanda de carne de cerdo	-0.38	Inelástica
Cruzada de demanda cerdo/bovino	0.17	Bien sustituto
Cruzada de demanda cerdo/pollo	0.50	Bien sustituto
Cruzada de demanda cerdo/tortilla	-0.43	Bien complementario
Ingreso de la demanda	0.11	Normal e inelástico

Fuente: elaboración propia con datos de la salida del modelo.

Durante el periodo de estudio, los datos oficiales observados mostraron que el ingreso del consumidor se incrementó en promedio 3.50%; en consecuencia, la demanda nacional de carne porcina aumentó 3.90% (INEGI, 2020). En concordancia con este resultado, Rebollar *et al.* (2014) confirmaron 0.13 como elasticidad ingreso de la demanda de carne porcina en México; Díaz y Rodríguez (2010) 0.37 para el periodo 1980-2009; García *et al.* (2004) concluyeron 0.22 como elasticidad del gasto destinado al consumo de esta carne como promedio del periodo 1961-2002. En adición, Martínez *et al.* (2019) argumentaron una elasticidad ingreso de la demanda marshalliana inelástica en carne de cerdo en México de 0.58 y la caracterizaron como un bien normal debido a que el cambio en el consumo es en menor proporción al cambio en el ingreso. Por su parte, Cortés (2011) en su estudio sobre consumo de carne de cerdo en la zona metropolitana del Valle de México confirmó que consumidores con ingresos bajos y medios demandan cortes populares de esta carne. En su caso, Bacab *et al.* (2021) estimaron un modelo lineal multivariable para la demanda de carne de cerdo en México y dedujeron que el ingreso per cápita tuvo un efecto positivo en la demanda del producto. El hallazgo de González *et al.* (1992) fue de 0.68 para el periodo 1960-1990. En sí, todos los autores señalados enfatizaron en que la demanda nacional de carne de cerdo, en periodos distintos, fue un bien normal e inelástico al ingreso.

CONCLUSIONES

En este artículo, el modelo de regresión lineal múltiple explicó favorablemente el comportamiento de la demanda nacional de carne de cerdo en canal. Todos los signos de los coeficientes de las variables independientes durante el periodo 1990-2019 tuvieron el signo esperado de acuerdo con la teoría microeconómica. Las variables predeterminadas que ejercieron influencia mayor en el comportamiento de la demanda nacional del cárnico fueron el precio del producto, el precio real de la carne de pollo y el precio real de la tortilla. Lo anterior fue con base en el error estándar de cada uno de sus estimadores. Por la significancia estadística y económica de los resultados, el modelo puede considerarse dentro la toma de decisiones por quienes deciden la política pecuaria en México.

ANÁLISIS PROSPECTIVO

La producción nacional de carne de cerdo, que sólo cubre el 60% del consumo nacional, aunado a la limitada trazabilidad del producto fuera de las granjas, la restringida salubridad en el manejo del ganado en pie en la movilidad hacia su procesamiento industrial y la insuficiente cadena de frío y congelado son algunos de los factores que han contribuido a que se continúe importando carne de cerdo, de la que poco más del 80% procede de los Estados Unidos, y que se destina principalmente a abastecer a la industria agroalimentaria nacional (COMECARNE, 2018; SIAP, 2020c).

En este sentido, es necesario ampliar el análisis de la demanda nacional de la carne de cerdo tomando en consideración las variables explicativas tales como diversas tipologías de ingreso y niveles de concentración de la población, sea urbana o rural, regionalización del consumo, entre otras variables, ya que este producto continúa siendo significativo para los hogares de México y ha presentado un incremento en los últimos años, el cual abarca un 5% del ingreso disponible destinado a comida (INEGI, 2020b).

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares de 2018 (INEGI, 2020b), el incremento en el consumo de la carne de cerdo en México se debe al aumento de la renta per cápita, el encarecimiento de los cortes de la carne de bovino y el cambio del estilo de vida de los mexicanos (Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México, 2018). Este panorama ha ocasionado, desde hace algunos años, una sustitución de consumo de carne de res a favor de la carne de cerdo (INEGI, 2020b).

La nueva configuración de la demanda de carne de cerdo en México hace necesario que en futuras investigaciones sobre este tema se incluya información de corte transversal de las diversas encuestas de la ENIGH del INEGI,

que contienen información específica sobre el gasto en el consumo regional de los hogares, diversos cortes del producto, edad, género, número de miembros en el hogar y nivel educativo, entre otras variables. A partir de esos tópicos se pueden elaborar nuevos enfoques del análisis de la demanda de carne de esta especie pecuaria.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen los comentarios de los árbitros de la revista que mejoraron sustancialmente el contenido del artículo.

REFERENCIAS

- Bacab, S. J. R., May, O. E., Ávila, O. J. I. y Márquez-Hernández, R. R. (2021). Estimación de la demanda de carne de cerdo en México. *Engormix-Porcicultura*. Disponible en <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/estimacion-demanda-carne-cerdo-t46476.htm>.
- Barrera, V. H. (2010). La función de demanda observada de carnes en Colombia (2000-2007): análisis comparativo de resultados de varios modelos econométricos. *Revista de la Maestría en Derecho Económico*, 6(6), 179-220. Disponible en <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revmaescom/article/view/7171>.
- Brigham, F. E. y Pappas, L. J. (1992). *Economía y Administración*. McGraw Hill.
- Callejas, J. N., Martínez, C. F. E. y Rebollar, R. S. (2020). Estructura de mercado para cerdos vivos en México. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 31(2), 85-102. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.888>.
- Carbajal, G. M., Rebollar, R. S., Hernández, M. J., Gómez, T. G. y Guzmán, S. E. (2017). Estimación de un modelo de demanda de sorgo grano en México, con la técnica de retrasos distribuidos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(2), 235-242. Disponible en <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2347/1158>.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). (2014). *Consumo, distribución y producción de alimentos: el caso del complejo maíz-tortilla*. Disponible en http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/40Reporte_ma%C3%ADz-tortilla_septiembre_2014.pdf.
- COMECARNE (Consejo Mexicano de la Carne). (2018). *Compendio Estadístico 2018*. Disponible en <https://comecarne.org/wp-content/uploads/2019/04/Compendio-Estadi%CC%81stico-2018-VF.pdf>.
- Cortés, T. G. F. (2011). *Estudio del consumo de la carne de cerdo en la zona metropolitana del Valle de México* (tesis de maestría). Estado de México: Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/236680583_Estudio_del_consumo_de_la_carne_de_cerdo_en_la_zona_metropolitana_del_Valle_de_Mexico/link/54ca7f520cf2517b755e297b/download.
- Díaz, C. M. A., Mejía, R. P. y Del Moral, B. L. E. (2007). El mercado de la carne de cerdo en canal en México. *Análisis Económico*, 5(12), 275-287. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/413/41311486014.pdf>.
- Díaz, C. M. A y Rodríguez, L. G. (2010). Análisis de la oferta y demanda de la carne de cerdo en canal en México, 1980-2009. *Paradigma Económico*, 2(2), 41-57. Disponible en <https://paradigmaeconomico.uaemex.mx/article/view/4777>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020a). *Ganadería primaria*. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020b). *Estadísticas de Comercio Exterior*. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL>.

- Figuroa, R. S., Rebollar, R. S., Rebollar, R. E., Rebollar, R. A. y Hernández, M. J. (2019). Modelo de demanda para bovinos carne en el Centro-Occidente de México, 1996-2017. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 23(44), 138-145. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/141/14161295002/14161295002.pdf>.
- Galvis, A. L. A. (2000). La demanda de carne en Colombia: un análisis econométrico. *Documentos de Trabajo sobre Economía Regional y Urbana*, 13. Banco de la República Cartagena de Indias. Disponible en https://www.academia.edu/29897966/La_demanda_de_carnes_en_Colombia_un_an%C3%A1lisis_econom%C3%A9trico.
- García, M. R., Villar, V. M. F., García, S. J. A., Mora, F. J. S. y García, S. R. C. (2004). Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. *Interciencia*, 29(8), 414-429. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33909503>.
- González, H. S., García M. R. y López E. L. (1992). *El Mercado de la Carne en México: res, cerdo y pollo*, México. Centro de Economía, Colegio de Posgraduados.
- Gujarati, N. D. y Porter, D. C. (2010). *Econometría*. McGraw Hill Interamericana.
- Guzmán, S. E., De la Garza, C. M. T., García, S. J. A., Rebollar, R. S. y Hernández, M. J. (2019). Análisis económico del mercado del frijol grano en México. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 131-146. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/33760/36153>.
- Iglesias, R. A. E., Ortiz, M. A. R., Juárez, M. M. L., Guevara, G. J. A. y Córdova, I. A. (2017). Comportamiento de la porcicultura mexicana de los años 1970 a 2017. Una revisión documental sobre su desempeño. *Sociedad Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 17(34), 153-172. Disponible <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/338>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020a). *Cuentas nacionales de México*. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020b). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2018*. México. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2018/>
- INEGI-BIE (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Banco de Información Económica). (2020). *Consulta de precios promedio*. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/preciospromedio/>
- Kesavan, T., & Buhr, B. (1995). Price determination and dynamic adjustments: An inverse demand system approach to meat products in the United States. *Empirical Economics*, 20, 681-688. <https://doi.org/10.1007/BF01206064>.
- Martínez, L. D., Caamal, C. I., Pat, F. L. A., Pérez, F. A., Torres, G. P. y Anguebes, F. T y F. (2019). Impacto de los cambios en el ingreso sobre la demanda de carnes en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(10), 511-523. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1241>.
- Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México (2018). *El mercado de la carne de cerdo en México*. Disponible en https://carnica.cdecomunicacion.es/images/descargas/carnica/M%C3%A9xico_El_mercado_de_la_carne_de_cerdo.pdf.
- Olubasoglu, M., Mallick, D., Wadud, M., Hone, P., & Hazsler, H. (2015). Food Demand Elasticities in Australia. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 60(2). <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12111>.
- Pérez, V. F. C., García, M. R., Martínez, D. M. A., Mora, F. J. S., Vaquera, H. H. y Estrada, G. A. (2010). Efecto de carne de porcino en el mercado mexicano, 1961-2007. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(2), 115-126. Disponible en <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1517/1512>.
- Piggott, N. E., Chalfant, J. A., Alston, J. M., & Griffith, G. R. (1996). Demand response to advertising in the Australian meat industry. *American Journal of Agricultural Economics*, 78(2), 268-79. <https://doi.org/10.2307/1243701>.

- PORCIMEX (Confederación de Porcicultores Mexicanos). (2020). *Producción mundial*. Disponible en <http://porcimex.org/estadisticas/nprodmundial.htm>.
- Rebollar, R. A., Gómez, T. G., Hernández, M. J., Rebollar, R. S. y González, R. F. J. (2014). Comportamiento de la oferta y demanda regional de carne de cerdo en canal en México, 1994-2012. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(4), 377-392. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/4008>.
- Rebollar, R.S., Rebollar, R. E. y Hernández, M. J. (2020). Análisis de los determinantes de la demanda de carne de pollo en el Centro-Este de México, 1996-2018. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 6, 1-8. Disponible en <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/112>.
- Rebollar, R. E. y Rebollar, R. S. (2019). Determinantes de la demanda de carne de pollo en canal en México, 1990-2018. *AgroProductividad*, 12(12), 75-80. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1533>.
- Rubí, G. Y., Rebollar, R. A., Rebollar, R. S., Rebollar, R. E. y Hernández, D. M. R. (2018). Modelo econométrico de demanda de carne de pollo en la CDMX, 1996-2016. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 22(43), 99-106. Disponible en https://ageconsearch.umn.edu/record/281301/files/9.-%20Rebollar%20et%20al_carne%20pollo%20CDMX.pdf.
- SAS (Sistema de Análisis Estadístico). (2003). *SAS versión 9.1.3*. Institute Inc.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020a). *Concentrado nacional de la producción pecuaria*. Disponible en http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecConcentrado.jsp.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020b). *Anuario estadístico de la producción ganadera*. Disponible en https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020c). *Cosechando números/Carne de porcino*. Disponible en <http://numerosdelcampo.agricultura.gob.mx/publicnew/productosPecuarios/cargar-Pagina/3>.
- Vázquez-Alvarado, J. M. P. y Martínez-Damián, M. A. (2015). Estimación empírica de elasticidades de oferta y demanda. México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 955-965. <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263139893004.pdf>.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. Cengage Learning.

CC BY-NC-ND



Influencia de la familiness en la relación de la heterogeneidad familiar y la postura innovadora de la empresa familiar

Arista Zavala, Ricardo; de la Garza Ramos, María Isabel

Influencia de la familiness en la relación de la heterogeneidad familiar y la postura innovadora de la empresa familiar

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | **e168**
Ciencias Sociales

Universidad Autónoma del Estado de México, México

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



Arista Zavala, R. y de la Garza Ramos, M. I. (2022). Influencia de la familiness en la relación de la heterogeneidad familiar y la postura innovadora de la empresa familiar. *CIENCIA ergo-sum*, 29(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a2>

Influencia de la familiness en la relación de la heterogeneidad familiar y la postura innovadora de la empresa familiar

Influence of familiness in the relationship of family heterogeneity and family business innovative posture

Ricardo Arista Zavala

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México

ricardo.arista.z@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-1770-8809>

Recepción: 19 de abril de 2021

Aprobación: 21 de septiembre de 2021

María Isabel de la Garza Ramos

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México

idelagarza4@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-0003-8757>

RESUMEN

Se explora el efecto de la *familiness* en la relación de la heterogeneidad familiar y la postura innovadora de la empresa familiar en cinco negocios de la capital de San Luis Potosí, México, mediante el método de caso. Usando la tipología de Rondi y colaboradores, se encuentra que la *familiness* llega a aumentar la proclividad de operar bajo un comportamiento estratégico determinado. En específico, se halla un perfil *re-enactor* en las cinco entidades, esto es, una baja inclinación al riesgo y un alto apego a la tradición con enfoque al logro de la continuidad en el largo plazo. La *familiness* se define como aquellos recursos y capacidades resultantes de la interacción familiar y empresarial.

Palabras clave: empresa familiar, innovación, *familiness*, heterogeneidad familiar, postura innovadora.

ABSTRACT

The objective of the present work was to explore its effect on the relationship between family heterogeneity and the family business innovation posture in five businesses in the capital of San Luis Potosí, Mexico using the case method. Using the typology of Rondi and collaborators, it was found that familiness increases the proclivity to operate under a specific strategic behavior. Specifically, a re-enactor profile was found in the five entities, that is, a low inclination to risk and a high adherence to tradition with a focus on achieving continuity in the long term. Familiness, defined as those resources and capacities resulting from family and business interaction, is a recently used concept.

KEYWORDS: Family business, innovation, familiness, family heterogeneity, innovative posture.

INTRODUCCIÓN

El caso de las empresas familiares (EF) resulta particular debido a las complejas interacciones entre los familiares con aquellos no emparentados y los negocios (Benavides-Velasco *et al.*, 2013; Xi *et al.*, 2015). En especial, las decisiones estratégicas en este tipo de organizaciones son tomadas por una coalición dominante, es decir, un bloque emparentado cuya forma de proceder combina lógicas familiares y empresariales para definir objetivos tanto económicos como no económicos (De Massis *et al.*, 2014).

Por consiguiente, dado que cualquier negocio se desarrolla a partir de las percepciones e intenciones de sus líderes, así como de las elecciones hechas para alcanzar sus metas, la teoría y la práctica muestran que es común que en las entidades señaladas su modo de operación responda a las diversas necesidades y fines

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

ricardo.arista.z@gmail.com

de una familia empresaria en un ambiente rodeado de situaciones organizacionales y sociocognitivas particulares (Chrisman *et al.*, 2015).

A mayor detalle, De Massis *et al.* (2015) y Matzler *et al.* (2015) estipulan que las EF abarcan cerca del 90% de todas las formas organizacionales alrededor del mundo y que en su mayoría son pequeñas y medianas (Filser *et al.*, 2018). De manera similar, de acuerdo con Fernández *et al.* (2015), los negocios controlados estratégicamente por familias han sido la forma organizativa predominante en Latinoamérica, lo que corresponde al 85% del total de unidades económicas (Casanova, 2015). En México, García Berumen *et al.* (2011) y San Martín y Durán (2017) estiman que, al menos, el 80% puede considerarse de carácter familiar.

En este sentido, los investigadores han mostrado interés en la *familiness*, concepto que Habbershon *et al.* (2003: 451) definen como “el paquete idiosincrásico a nivel firma de recursos y capacidades resultante de [...]” las interacciones de la familia empresaria tanto con su negocio como entre ellos mismos. Siguiendo esta perspectiva, las diferencias entre las EF y las no familiares derivan de la participación de las coaliciones dominantes en sus negocios como directivos, miembros del consejo directivo o accionistas (Addae-Boateng *et al.*, 2014). En lo referente a los recursos y capacidades diferenciales de las primeras, Peña y Sánchez (2011) afirman que tienen su base tanto en las relaciones internas y externas de las mismas como en las normas y valores subyacentes que definen la esencia propia de este tipo de negocios.

En la literatura el aspecto familiar se encuentra subestimado y los estudios se han centrado en el lado racional y económico de la empresa (Basco, 2017). En consecuencia, la influencia de elementos tales como las metas o las relaciones familiares en las actividades empresariales por lo general se han omitido (Combs *et al.*, 2018; Frank *et al.*, 2017). En cuanto a esto, las ciencias familiares^[1] contienen elementos que describen la variabilidad de patrones, procesos e interacciones de grupos emparentados, pero su integración como factores que faciliten u obstaculicen en el comportamiento organizacional de dichas entidades ha sido escaso (Rondi *et al.*, 2018).

De tal forma, al considerar que la característica esencial de las EF reside en los diferentes grados de participación familiar en la propiedad y gestión, en la investigación se debería establecer la influencia de su variabilidad en el desarrollo estratégico de la misma (Basco, 2013; Cabrera-Suárez *et al.*, 2014; Nordqvist, Sharma, y Chirico (2014); Dyer, 2018). En este sentido, Rondi *et al.* (2018) denominan lo anterior como *heterogeneidad familiar*, en concreto la diversidad de patrones formados en términos de estructuras, funciones, interacciones y eventos entre las familias (Jaskiewicz y Dyer, 2017).

A su vez, la innovación es un proceso que involucra múltiples elementos capaces de propiciarla o inhibirla, y que además puede ser dependiente del contexto (Armenta *et al.*, 2018). De esta forma, el hecho de que las organizaciones desarrollen actividades innovadoras es crítico para mantener un perfil competitivo: en las EF las dinámicas familiares podrían aumentar o disminuir dichos esfuerzos (López-Fernández *et al.*, 2016; Manzaneque *et al.*, 2018). No obstante, tanto Calabrò *et al.* (2018) como Filser *et al.* (2016) coinciden en que este tópico ha recibido una limitada atención en la literatura orientada al tema.

Asimismo, López-Fernández *et al.* (2016) resaltan que la competitividad de las organizaciones depende de su capacidad para innovar. En este contexto, la innovación en las EF es un tópico más reciente que se ha adoptado, donde los hallazgos han sido inconsistentes y apuntan al mismo tiempo a la consideración de relaciones más complejas y multidimensionales.

Estudiosos del tema como Kotlar y De Massis (2013), Liang *et al.* (2013) y Memili *et al.* (2015) sugieren investigar qué lleva a las EF a innovar y en qué medida llegan a hacerlo. Se abarcan aspectos más allá del número de patentes o el desarrollo de innovaciones de productos, por ejemplo, mediante elementos hacia adentro de las organizaciones que reflejen su empeño por lograr dicho fin.

De tal forma, lo anterior puede ser abordado en términos de la postura innovadora de la empresa familiar, la cual se refiere a “la orientación estratégica que la familia propietaria –particularmente el grupo familiar involucrado en la coalición dominante de la empresa– imprime en la empresa familiar, dando forma al clima, la filosofía y las prácticas de innovación de la firma” (Rondi *et al.*, 2018: 4).

En esta línea, de acuerdo con Habbershon *et al.* (2003), la tendencia para innovar de las EF puede hallarse asociada a su *familiness* particular; no obstante, el estudio de su influencia aún es muy limitado (López *et al.*, 2012). A su vez, Frank *et al.* (2017) señalan que dicho constructo puede tener efectos diversos en la innovación, argumento respaldado en la literatura a partir de algunos de sus componentes, a diferencia de este escrito en donde se hace una consideración más amplia del mismo.

Así, con base en los argumentos presentados en los párrafos anteriores, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo influye la *familiness* en la relación de la heterogeneidad y la postura innovadora de la empresa familiar?

1. OBJETIVOS Y CONTRIBUCIONES

Se tiene como objetivo analizar el efecto del *familiness* en la relación de la heterogeneidad familiar y la postura innovadora de la empresa familiar. Con ello se busca contribuir a la literatura *a)* centrándose en la *familiness* como fuente de su comportamiento organizacional a partir de la idiosincrasia las coaliciones dominantes, *b)* profundizando en el contexto de la innovación en función de la heterogeneidad familiar y la *familiness* y *c)* utilizando empíricamente, en conjunto con lo anterior, la tipología teórica de la postura innovadora de la empresa familiar y *d)* haciendo un análisis prospectivo del tema.

2. MARCO TEÓRICO

La EF es una unidad económica singular debido a las particulares dinámicas y procesos empresariales derivados de la participación familiar en los negocios (Frank *et al.*, 2010). Sin embargo, no existe una definición consensuada para precisar qué representan y cómo se diferencian de las no familiares a pesar de su predominio como forma organizacional (Arregle *et al.*, 2017).

Ahora bien, una de las conceptualizaciones más utilizadas para caracterizar a la EF es la de Chua *et al.* (1999: 25):

El negocio familiar es un negocio [gobernado, administrado o ambos] con la intención de dar forma y perseguir la visión del negocio sostenida por una coalición dominante controlada por miembros de la misma familia o un pequeño número de familias de una manera potencialmente sostenible a través de generaciones de la familia o familias.

Como puede observarse en la definición, las características predominantes son la propiedad y el control ejercido por la familia y el deseo de continuidad a través de las generaciones venideras.

En principio, estos negocios difieren de otros en términos de filosofía, liderazgo y relaciones, que se ven reflejados en la particular forma en la que persiguen objetivos y obtienen resultados (Combs *et al.*, 2018; Gagné *et al.*, 2014), lo cual tiene efectos particulares en el desempeño empresarial a fin de fomentar cercanía, lealtad y confianza entre los integrantes con una visión de largo plazo para proteger tanto al negocio como a la familia (Chirico *et al.*, 2017; Patel y Chrisman, 2014). Por el contrario, la preminencia de la familia empresaria podría obstaculizar el desarrollo de sus negocios si sus fines predominan sobre las metas financieras o si hubiese renuencia al cambio en aras de proteger agendas que llegaran a frenar su crecimiento (Howorth *et al.*, 2010).

Por lo dicho, sobre la participación familiar no puede afirmarse que sea buena o mala en sí misma, sino que dependerá, entre otros factores, de que el grupo emparentado maneje los efectos de su intervención con resultados positivos o negativos (González-Cruz y Cruz-Ros, 2016).

3. LA FAMILINESS

De acuerdo con Habbershon *et al.* (2003), la *familiness* hace referencia al conjunto distintivo de recursos y capacidades resultante de la vinculación sinérgica de los sistemas familiar y empresarial, la cual abarca la in-

terdependencia e interacciones de dichas esferas categóricamente distintas, así como conductas y elecciones individuales y organizacionales (Frank *et al.*, 2010). Desde este enfoque, la presencia de la familia empresarial no conduce en automático a la *familiness* por el mero hecho de encontrarse en la organización, sino que el grupo emparentado debe crear un entorno significativo y consciente para alinear de forma adecuada su participación con el ideal del negocio.

Respecto a lo anterior, el concepto ha sido abordado desde perspectivas tales como el capital social (Pearson *et al.*, 2008) y la teoría de sistemas (Frank *et al.*, 2017), por lo que se seguirá la segunda para especificar sus características con base en el trabajo de Zellweger *et al.* (2010). Dicha elección se fundamenta en que *a*) la definición multicriterio es utilizada por diferentes autores (Meroño-Cerdán *et al.*, 2018), *b*) integra los elementos importantes en la literatura y empata con los conceptos utilizados en mayor medida para especificar los atributos de la EF de acuerdo con el estudio bibliométrico de Hernández-Linares *et al.* (2018) y *c*) no se centra nada más en alguno de sus factores, ya que se podría ofrecer una perspectiva incompleta (Frank *et al.*, 2017).

Así, las dimensiones del constructo señalado son, primero, el involucramiento familiar, en específico la participación de la coalición dominante en un negocio en términos de *a*) la propiedad familiar, esto es, que la mayoría del capital está en manos de la familia dueña de la empresa), *b*) la gobernanza familiar, definida como la proporción de familiares involucrados en el gobierno corporativo de la empresa y *c*) la administración familiar, que se refiere a la porción de parientes que gestionan el negocio (Matzler *et al.*, 2015).

Luego, está la esencia, generada, por un lado, a partir de la riqueza socioemocional, es decir, la creación de valor emocional relacionado a cuestiones no económicas, tales como sentimientos de satisfacción personal y social provenientes de buscar el bienestar empresarial (Razzak *et al.*, 2019). Y, por otro, del propósito de perpetuar lo anterior por medio de la intrasucesión, que se refiere a la intención de la coalición dominante de transferir la organización a la próxima generación para asegurar la viabilidad del negocio y mantener su integridad como grupo (Cabrera-Suárez y Martín-Santana, 2010; Zellweger *et al.*, 2013).

Por último, el tercer componente de la *familiness* es la identidad de la empresa familiar, la cual evalúa “el grado en que los familiares y los que no lo son ven a la empresa como una [EF]” (Zellweger *et al.*, 2010: 60). Como tal, se refiere a un sentido de unidad y destino compartido que lleva al grupo emparentado a ver la empresa como suya y a encontrar orgullo en el cumplimiento de las obligaciones de la organización.

4. HETEROGENEIDAD FAMILIAR

A medida que el estudio de las EF avanza, los investigadores reconocen cada vez más su heterogeneidad y se interesan en explicar las diferencias entre los diversos tipos que existen, ya que esto podría estar vinculado de forma importante a sus resultados organizacionales (Neubaum, Brigham y Kammerlander, 2019).

En esta línea, de acuerdo con Venter y Kruger (2004), definir a la familia podría estar dado por los criterios del investigador y los propósitos de su estudio, pero una noción ampliamente aceptada establece que es una institución universal basada en una pareja que se ama, vive junta y tiene hijos (Jaskiewicz y Dyer, 2017). Desde luego, no todas las familias se ajustarán a esta definición, pues es seguro que haya diferencias dentro y entre sociedades alrededor del mundo; no obstante, al ser la célula básica de la sociedad, las variadas percepciones, valores o comportamientos de sus integrantes podrían llegar a repercutir en los negocios de su propiedad (Carsrud, 2006; González *et al.*, 2018).

Lo anterior puede tener implicaciones en un nivel individual, grupal y para la organización como un todo en las EF, ya que las decisiones de las coaliciones dominantes pueden verse influenciadas por su equilibrio de vida y lo que ocurre en sus hogares podrá reflejarse en la forma en que operan comercialmente (Combs *et al.*, 2018; Jennings *et al.*, 2018). En consecuencia, es viable suponer que dichas entidades son una población diversa como resultado de la variabilidad de las familias empresarias (Hauck y Prügl, 2015).

Así, al intentar evaluar lo anterior, se describirá la integridad funcional del grupo emparentado, lo cual abarca la colaboración, el afecto, los intereses comunes y el apoyo percibido, cuestión que requerirá recurrir a diversos enfoques teóricos (Filser *et al.*, 2018). Tocante a esto, Combs *et al.* (2019) y Jaskiewicz y Dyer (2017) coinciden en que la ciencia familiar es una vía para entender mejor a las familias empresarias. Por su parte, Jennings *et al.* (2014: 25) aseveran que dichas teorías pueden “promover el enfoque distintivo de la investigación de la empresa familiar: primero, al enriquecer la comprensión actual de cómo la familia afecta a las empresas; y segundo, estimulando preguntas menos frecuentes sobre cómo los negocios afectan a la familia”.

Ilustrando, las funciones de los miembros, sus cambiantes propósitos y expectativas, sus interacciones, vistas como la interdependencia de conductas, emociones y pensamientos entre sí y con su entorno como producto de diversas y frecuentes interconexiones o eventos transformadores tales como nacimientos, decesos, matrimonios o divorcios, permiten ver que las familias empresarias no son grupos monolíticos, ya que sus integrantes pueden tener diferentes aspiraciones, necesidades y dinámicas relacionales que van a influir en sus negocios al ser los responsables de la toma de decisiones estratégicas (Gagné *et al.*, 2014; Filser *et al.*, 2018).

En específico, los elementos sustanciales de la heterogeneidad familiar considerados para este artículo son la diversidad de objetivos familiares y la cohesión familiar, entendida la primera como la diversidad de metas que persiguen los miembros de la familia, dentro y fuera de la empresa, y la segunda, el grado de vinculación emocional de los mismos, según sea la confianza, la armonía y el apoyo entre ellos (Rondi *et al.*, 2018).

5. POSTURA INNOVADORA DE LA EMPRESA FAMILIAR

Es común que se mencione que innovar sea un problema para las EF; sin embargo, es posible que cada una pueda crear sus propias dinámicas a partir de la influencia de varios elementos dependientes de la coalición dominante a lo largo del tiempo, razón por la cual “pueden ser altamente innovadoras y a su vez mantener un fuerte carácter familiar” al seguir diferentes estrategias al momento de hacerlo (De Massis *et al.*, 2016: 190). Así, la investigación ha mostrado que los esfuerzos de innovación que llevan a cabo dichas entidades son diferentes a los de los negocios no familiares y que no son un grupo uniforme entre ellas (Filser *et al.*, 2018; Meroño-Cerdán *et al.*, 2018).

Aunado a esto, las decisiones que tiene que ver con los esfuerzos de innovación requieren, primero, elegir o no hacerlo, después, implica cómo llevarlo a cabo. Sin embargo, la gran mayoría de los estudios previos no ha considerado el impacto que las preferencias y las dinámicas familiares pueden tener en dicho proceso (Diéguez-Soto *et al.*, 2018; Kraiczy *et al.*, 2015). Referente a este punto, Rondi *et al.* (2018) plantean la postura innovadora de la empresa familiar conjuntando la heterogeneidad familiar en términos de la diversidad de objetivos y la cohesión familiares con la propensión a la toma de riesgos y el apego a la tradición.

En lo referente al riesgo, este factor ha sido abordado bastante en la literatura al ser central en la realización de actividades innovadoras y es definido por los autores como la proclividad de hacer uso de recursos para explotar oportunidades y participar en comportamientos con resultados inciertos. De acuerdo con este último elemento, De Massis *et al.* (2016) señalan que se recomienda desprenderse del pasado para abrir paso al futuro, pero este conflicto aparente puede manejarse en un modo positivo, ya que la idiosincrasia de las familias empresarias llega a crear recursos y capacidades valiosas que podrían reinterpretarse para innovar con éxito.

De tal forma, Rondi *et al.* (2018: 4) establecen que el apego a la tradición se refiere a “la medida en que la [EF] está anclada en su pasado y quiere transmitirlo al futuro” a través de la transmisión consciente de elementos tales como valores, costumbres, conocimiento y competencias imbuidos en sus productos, métodos y prácticas.

Respecto a los perfiles de Rondi *et al.* (2018) se debe enfatizar que se trata de una tipología equifinal, lo que significa que una categorización particular no es mejor que cualquier otra y que todas pueden conducir al resultado deseado; los tipos en cuestión son cuatro y se conceptualizan como sigue:

- a) *Seasoner*. Se caracteriza por una baja tendencia debido a resultados inciertos y un apego a las formas tradicionales de trabajo que se refleja en el aprovechamiento de los recursos existentes para desarrollar algo diferente, pero a su vez evitando cambios dramáticos al centrarse en la mejora de los procesos comerciales y de producción. También, busca perpetuar la agenda familiar y, a la par, muestra una escasa cohesión familiar.
- b) *Re-enactor*. Implica una reducida inclinación por asumir riesgos y un alto apego a la tradición, lo que lleva a la realización de movimientos cercanos al *statu quo*. Además, debido a la considerable unidad familiar, los objetivos grupales impuestos por la familia son pocos y giran en torno a la conservación del negocio a largo plazo en aras de mantener intacto el pasado de la empresa en el futuro.
- c) *Digger*. Combina una elevada propensión al riesgo y un apego a las formas habituales de trabajo, combinando recursos y capacidades idiosincrásicas presentes con otras contemporáneas para innovar. En este caso, los familiares visualizan distintos objetivos, pero presentan una alta cohesión; por tanto, se apoyan en su experiencia y competencias para no dañar la armonía familiar.
- d) *Adventurer*. Refleja la tendencia a tomar grandes riesgos y un bajo apego a la tradición al desafiar el *statu quo* para innovar más allá de las tendencias y distanciarse de las actividades actuales y pasadas. Las diversas metas y reducidos niveles de integración familiar permiten buscar independencia para perseguir oportunidades, por lo que dan libertad al desarrollo de la innovación.

6. MÉTODO

Este estudio, de alcance correlacional, hace uso de un enfoque cualitativo a través de un estudio de caso múltiple, con el propósito de analizar el objeto de estudio tal como ocurre en su entorno, ya que las fronteras entre ambos no son claras al hablar de empresas de estructura familiar (Leppäaho *et al.*, 2016). Siguiendo a Yin (2014), es una estrategia que permite estudiar condiciones contextuales que podrían ser de gran importancia en situaciones complejas mediante la triangulación de múltiples tipos de evidencia.

En particular, este método es conveniente: a) para abordar preguntas sobre “cómo” o “por qué” se produce una situación de interés, b) cuando se tiene poco control sobre los eventos y los comportamientos relevantes y c) si el tema en cuestión se encuentra en las etapas iniciales del ciclo de teorización. De tal forma, esta herramienta resulta muy útil para profundizar en la comprensión tanto de los efectos asociados a la participación familiar en los negocios como de sus antecedentes y consecuencias (De Massis *et al.*, 2014).

Ahora, en cualquier investigación es necesario seguir un diseño metodológico y contrastar lo observado con la pregunta de investigación. Siguiendo a De Massis *et al.* (2014), se parte de este cuestionamiento: ¿Cómo influye la *familiness* en la relación de la heterogeneidad y la postura innovadora de la empresa familiar? Se eligió el caso múltiple y se seleccionaron cinco unidades de análisis que tuviesen características diversas en cuanto a tamaño, antigüedad, giro y generación familiar en control. Los instrumentos de recolección de datos son la entrevista semiestructurada, la observación no participante y el análisis documental de información pública, la cual se trianguló más adelante.

Al respecto, es primordial reducir la incertidumbre y la ambigüedad del proceso mediante pautas que permitan unificar sus fases, los componentes planteados y la lógica subyacente a partir del desarrollo previo de proposiciones teóricas (Yazan, 2015). Sin embargo, en ciertas ocasiones no es posible hacerlo antes del trabajo de campo debido a la falta información en la literatura, cuestiones que, como Pounder (2015) subraya, son críticas en el área de estudio de la empresa familiar.

Por lo tanto, bajo estas condiciones es necesario el análisis de la evidencia recopilada para generar proposiciones a partir de las diversas y detalladas experiencias de los participantes y para identificar ideas recurrentes y unificadoras sobre el tema indagado, así como las relaciones entre conceptos (Bradley *et al.*, 2007). En este artículo los planteamientos se puntualizan en el apartado de Discusión.

7. POBLACIÓN DE ESTUDIO

De acuerdo con la definición de la unidad de análisis y la selección de casos mediante un muestreo teórico, lo que se refiere a que “que son particularmente adecuados para iluminar un fenómeno y para extender las relaciones y la lógica entre las variables” (De Massis *et al.*, 2014: 17), esta labor investigativa analizó EF pequeñas, medianas y grandes de la capital de San Luis Potosí que operan en los sectores de comercio y servicio, a excepción de El Contratista, que funciona en San Antonio, Texas, Estados Unidos. La tabla 1 muestra las características de los negocios participantes.

La elección del último caso se encuentra fundamentada en que el muestreo teórico abre la posibilidad de trabajar con unidades de análisis inusuales o extremas (Eisenhardt y Graebner, 2007). En este sentido, ya que las culturas difieren entre sociedades, el conocimiento y la experiencia de un entorno específico pueden no ser efectivos en otro; por tanto, las empresas deben adoptar estrategias, estructuras y tecnologías diferenciadas (Schuster y Copeland, 1999).

Así, la particularidad de esa empresa es que se trata de una *family founder firm*^[2] fundada y dirigida por su director general, emprendedor mexicano de nacimiento y posteriormente ciudadano norteamericano. Es común que en la investigación se considere que la mayor parte de los miembros de las familias empresarias tengan un vínculo directo; por su parte, en El Contratista los parientes políticos son mayoría.

TABLA 1
Empresas participantes

Empresa	Antigüedad	Actividad	Tamaño	Generación familiar
El Periódico	79 años	Edición de periódicos	Grande	Cuarta
El Contratista	19 años	Instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos	Pequeña	Primera
La Distribuidora	36 años	Comercio al por mayor de abarrotes	Grande	Segunda
El Cereal	42 años	Elaboración y comercialización de botanas	Pequeña	Tercera
La Papa	52 años	Elaboración y comercialización de botanas	Mediana	Tercera

Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, los informantes clave en todos los casos fueron socios propietarios. En cuatro de ellos, sus directores generales, a excepción de El Cereal, donde participó la hija del director y responsable del área de *marketing*. En La Papa contribuyó la gerente de ventas e hija de la directora. En las empresas de primera y segunda generación tomaron parte los fundadores. En las de tercera generación colaboró la nieta del fundador de El Cereal. En el caso de La Papa intervino la hija y una nieta de los iniciadores. En la cuarta generación de El Periódico colaboró un nieto del fundador.

8. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En primer lugar, para acercarse a los informantes clave se buscó información en internet de negocios establecidos que se reconocieran en el mercado como empresa familiar. A continuación, se indagó más a detalle a la familia propietaria y a las organizaciones. Después, se llamó por teléfono a los directores generales de El Periódico y La Distribuidora para invitarlos y explicarles el propósito del proyecto, así como para validar que las entidades fueran dirigidas por familias empresarias.

Para el resto de los casos, se aplicó la misma dinámica. Sin embargo, para El Contratista la invitación se hizo en persona, ya que el participante se encontraba de visita en la República mexicana cuando accedió a formar parte del estudio. En relación con El Cereal, se acudió a las instalaciones de la empresa y se habló con la hija del gerente general y responsable de *marketing*. En el caso de La Papa se envió un correo electrónico. La tabla 2 reúne las características de las personas participantes.

TABLA 2
Informantes clave

Empresa	Participante	Generación	Relación	Rol
El Periódico	ADG	Tercera	Nieto del fundador	Dueño, director general y miembro del consejo de administración
El Contratista	DDG	Primera	Fundador	Dueño y director general
La Distribuidora	CDG	Primera	Fundador	Dueño, director general y miembro del consejo técnico
El Cereal	ARM	Segunda	Nieta del fundador	Dueña y responsable de <i>marketing</i>
La Papa	LDG	Segunda	Hija de la Fundadora	Dueña y directora general
	LGV	Tercera	Hija de LDG	Dueño y gerente de ventas

Fuente: elaboración propia.

Primero, para recabar la información se recurrió a fuentes primarias y secundarias por medio de entrevistas a profundidad semiestructuradas a partir de estudios previos aplicadas a informantes clave de las coaliciones dominantes partícipes de la propiedad y administración de sus negocios. Dentro de este marco, se llevaron a cabo entre dos y cinco sesiones por persona con duración aproximada de 30 a 60 min en el periodo comprendido de junio a agosto de 2019.

Segundo, se hizo observación no participante de la infraestructura de las empresas y las formas de trabajo empleadas. Sin embargo, dicha labor no fue posible ejecutar en El Contratista, por lo que la búsqueda de convergencia fue hecha a través de imágenes o publicaciones noticiosas o que se encontraron en internet. En tercer lugar, se condujo una investigación documental en los sitios web de las empresas, en otras páginas, así como documentación organizacional y evidencia fotográfica.

En su caso, las entrevistas fueron procesadas y analizadas fidedigna y deductivamente con el empleo de una codificación temática, a razón de que se partió de los constructos planteados mediante el *software* para datos cualitativos MAXQDA2018. De igual modo, con esta herramienta se construyó una base de datos que permitiera triangular las demás fuentes de información bajo los mismos principios. En lo que tiene que ver con el reporte de resultados, la presentación de hallazgos en los estudios de caso debe permitirle al lector consultar el texto sin dificultad, por lo que se empleó un enfoque narrativo para llevar a cabo dicha tarea (Yin, 2014).

9. RESULTADOS

9. 1. La *familiness*

En este apartado se muestran los niveles establecidos para las dimensiones de la *familiness*. La tabla 3 sintetiza el involucramiento familiar especificando el nivel para cada empresa a partir de la propiedad (porcentaje en manos de la familia), administración (razón de puestos directivos ocupados por miembros de la familia a puestos directivos totales) y gobernanza familiares (si existen órganos formales de gobierno corporativo y, de ser así, el número de miembros de la familia partícipes entre paréntesis).

La tabla 4 contiene lo relacionado a la esencia, es decir, la riqueza socioemocional y la intrasucesión con extractos ilustrativos de las entrevistas que muestran el valor emocional transferido a la entidad y la intención de mantener a la empresa en manos familiares. Sobresale que el nivel de esencia determinado para todas las organizaciones es alto.

La tabla 5 muestra aspectos de la identidad de la empresa familiar, donde el grado establecido para todas las organizaciones es alto a partir de lo expresado por los participantes.

TABLA 3
Involucramiento familiar

Empresa	Propiedad	Administración	Gobernanza	Nivel
El Periódico	100% familiar	3 a 3	Formal (3)	Alto
El Contratista	100% familiar	1 a 1	Informal	Alto
La Distribuidora	100% familiar	5 a 6	Formal (4)	Alto
El Cereal	100% familiar	1 a 2	Informal	Alto
La Papa	100% familiar	4 a 5	Informal	Alto

Fuente: elaboración propia.

TABLA 4
Esencia

Empresa	Riqueza socioemocional	Intrasucesión
El Periódico	Es una familia [...]. La integración también se da intelectualmente porque aprendes todos los días algo de la demás gente y eso te lleva a tener obligaciones mucho más allá de solamente la parte empresarial (ADG).	Este [negocio] [...] lo tengo que defender y heredar (ADG).
El Contratista	A veces veo las necesidades de los demás y quiero pagarles más y sacar más para pagarles más [...]. Que a todos nos vaya bien (DDG).	Lo hemos hecho todo para un fin familiar [...]. Yo creo que no la vendería (la empresa) (DDG).
La Distribuidora	No solamente buscamos el lucro [...], sino mucho más que eso (CDG)	Si algo te ha funcionado, no tienes por qué cambiar [...]. [Y cuando] ya tienes a un hijo [...] que trae otra chispa que tú, pues que mejor que, de lo que tenías, ahí él siga (CDG).
El Cereal	[El Cereal] es como una familia organizada (ARM).	Al preguntar si venderían el negocio a un tercero no familiar, ARM contestó: “yo creo que, en este momento, te digo que no lo haríamos”.
La Papa	El trabajar junto con mis padres, con mis hijos y con mi esposo ha sido una gran experiencia (LDG). Es satisfactorio, ¿no? A fin de cuentas, poder disfrutar el logro entre todos (LGV).	La empresa es para [mis hijos] (LDG).

Fuente: elaboración propia.

TABLA 5
Identidad de la empresa familiar

Empresa	Ilustración
El Periódico	La empresa “es donde existe el lazo que te convence de todos los días llegar y luchar [...]. Yo creo que si hemos logrado los valores de pertenencia, pero el que participe la familia, logras fortalecer mucho, en la gente que no es familia” (ADG).
El Contratista	Prácticamente es lo único que sé hacer [...]. Es en lo que he trabajado toda mi vida y es lo que me ha sacado económicamente adelante y como persona también (DDG).
La Distribuidora	Cuando tú, en tus inicios pensabas en generar algo propio y lo logras, tienes una satisfacción muy grande [...]. Esto es mi vida y aquí lo he creado [...]. Empezamos de cero [...] a picar piedra [...] nos pusimos a trabajar con ganas y hoy, ya viejos, pues ahí los hijos nos están ayudando (CDG).
El Cereal	Para ARM, la entidad simboliza “una [EF] que yo crecí con ella y [...] [para] mi papa [...]. Él vive de esto [...]. Como persona y dueño de la empresa, es como su vida”.
La Papa	No me veo haciendo otra cosa. Siento que [es] muy, muy importante [en] mi vida (LDG). Sí siento que tiene algo que ver los roles familiares, con los roles de la empresa. Como que la forma de ser que tú tienes en la familia, también la proyectas (LDV). Agrega: “compartimos un pedacito de cada uno de nosotros”.

Fuente: elaboración propia.

La tabla 6 resume el nivel de *familiness* para cada entidad con base en lo anterior.

TABLA 6
Nivel de *familiness* en las empresas participantes

Empresa	Involucramiento familiar	Esencia	Identidad de la empresa familiar	Nivel
El Periódico	Alto	Alto	Alto	Alto
El Contratista	Alto	Alto	Alto	Alto
La Distribuidora	Alto	Alto	Alto	Alto
El Cereal	Alto	Alto	Alto	Alto
La Papa	Alto	Alto	Alto	Alto

Fuente: elaboración propia.

9. 2. Heterogeneidad familiar

La tabla 7 concentra pasajes de las entrevistas relacionados con la diversidad de objetivos familiares y la cohesión familiar, los cuales permitieron registrar en todas las organizaciones niveles bajos para la primera variable y altos en la segunda.

TABLA 7
Heterogeneidad familiar

Empresa	Diversidad de objetivos Familiares	Cohesión familiar
El Periódico	[Los objetivos] son compartidos y se tratan aparte desde consejo [...]. Aquí no tiene que ver otros criterios ni otras necesidades (ADG).	Quiero mucho a mi familia, sobre todas las cosas (ADG).
El Contratista	Inculcamos que [...] se debe de dar el máximo en las metas y las visiones que tenemos en conjunto (DDG).	Tenemos buena relación, buena comunicación [...]. Siento que tienen un aprecio por uno y hay un buen trato entre nosotros (DDG).
La Distribuidora	Que sea el trabajo en equipo el que dé el fruto y de ese fruto se decida cómo hacerlo crecer (CDG).	[La empresa] ha fortalecido los lazos familiares [...] ha ayudado a que, al menos en nuestras familias, haya una buena armonía (CDG).
El Cereal	Todos estamos en el mismo canal [...]. Siempre va a haber alguna variante, pero sí (ARM).	Nos llevamos muy bien, porque sí he visto que, de repente, familias se separan, ¿no? Pero no, nosotros estamos muy bien en convivencia y en todo (ARM).
La Papa	Todos estamos conscientes y alineados formando un equipo hacia donde queremos ir (LDG).	No somos así como cursis, pero sí [hay] cariño y todo, pero no es así como esas familias melosas (LGV).

Fuente: elaboración propia.

9. 3. Postura innovadora de la empresa familiar

La tabla 8 agrupa fragmentos referentes a la toma de riesgos y el apego a la tradición, los cuales sirvieron para identificar niveles bajos y altos en todos los negocios.

TABLA 8
Postura innovadora de la empresa familiar

Empresa	Propensión a la toma de riesgos	Apego a la tradición
El Periódico	En sociedades de familia necesitas ser más precavido, no puedes ser tan liberal [...]. También hay un sentido de protección (ADG).	[El Periódico] no es tan sólo una empresa y desde esa formación y esa perspectiva y esa mística que dejó mi abuelo, pues tratamos de procurarla en la actualidad [...] por el dogma, enseñanza que nos inculcó mi papá [y que] hemos podido defender hasta la fecha (ADG).
El Contratista	Casi no me gusta tomar riesgos [...]. Y veces digo: “híjole, a veces me hace falta arriesgarme más”, [pero] mientras que no tenga una base, pues no me voy a aventar (DDG).	Aludiendo a la siguiente generación, DDG expresó: “Quiero que [ellos] sigan con lo mismo [...]. Deben seguir con la misma calidad que yo tengo”.
La Distribuidora	Si con lo que hago hoy, creo que no lo atiendo al 100, no quiero perder de vista mi mercado y mi giro (CDG).	Tenemos una visión y una misión [...] una conjunción de trabajo y de experiencia que no lo pierdes [...], que lo tenemos en nuestra filosofía de empresa y nos da resultado. Las siguientes generaciones lo tienen claro (CDG).
El Cereal	[Mi papá] es muy precavido [...] muy cuidadoso con su empresa, con sus empleados. Sí, no, lo menos que tiene es como ser atrabancado [<i>sic</i>] (ARM).	La experiencia que se ha tenido a lo largo de los 40 años [...] es como se ha mantenido la calidad del producto. [Buscamos] seguir como siempre con la tradición (ARM).
La Papa	Hace muchos que logramos nuestras ventas muy estables [...] prefiero mantenerme al margen (LDG).	No queremos [cambiar] nuestros procesos [...] hasta cierto punto artesanales en muchos aspectos [porque] es [...] nuestra diferenciación con los productos que están en el mercado (LDG).

Fuente: elaboración propia.

La tabla 9 muestra la configuración estratégica determinada para cada entidad de acuerdo con los grados observados en sus componentes: la diversidad de objetivos familiares, la cohesión familiar, la propensión a la toma de riesgos y el apego a la tradición. De tal forma, los resultados obtenidos se ajustan a lo que teóricamente plantean Rondi *et al.* (2018).

TABLA 9
Configuración estratégica

Empresa	Diversidad de objetivos familiares	Cohesión familiar	Propensión a la toma de riesgos	Apego a la tradición	Perfil
El Periódico	Baja	Alta	Baja	Alta	<i>Re-enactor</i>
El Contratista	Baja	Alta	Baja	Alta	<i>Re-enactor</i>
La Distribuidora	Baja	Alta	Baja	Alta	<i>Re-enactor</i>
El Cereal	Baja	Alta	Baja	Alta	<i>Re-enactor</i>
La Papa	Baja	Alta	Baja	Alta	<i>Re-enactor</i>

Fuente: elaboración propia.

La tabla 10 plasma la influencia de la *familiness* en la relación de la heterogeneidad familiar y su postura innovadora. Se tabulan los factores de la primera variable con los de las segundas, se señala si se estableció una relación y se indica si dicha conexión aumenta o disminuye a las últimas. A la par, se detalla el número de empresas en las que se observaron dichos efectos entre paréntesis.

TABLA 10
Influencia de la familiness en la relación de la heterogeneidad familiar y su postura innovadora

<i>Familiness</i>	Heterogeneidad familiar		Postura innovadora	
	Diversidad de objetivos familiares	Cohesión familiar	Propensión a la toma de riesgos	Apego a la tradición
Propiedad familiar				
Gobernanza familiar	Disminuye (5)		Disminuye (5)	
Administración familiar				
Intrasucesión				Aumenta (5)
Riqueza socioemocional		Aumenta (1)	Disminuye (5)	Aumenta (5)
Identidad de la empresa familiar				Aumenta (5)

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

A partir de los resultados de la tabla 2, se presentan a continuación las siguientes proposiciones. Con referencia a la postura innovadora, al ser poco estudiado el tema:

- a) Proposición 1: la gobernanza familiar reduce la diversidad de objetivos familiares a la vez que disminuye la propensión a la toma de riesgos.

De acuerdo con los negocios familiares presentados, la gobernanza familiar, ya sea formal o informal, ha servido para procurar que sus líneas de acción sean equilibradas y de ese modo se evite que haya agendas divergentes al consensar las elecciones tácticas. Esa manera de proceder, se ha visto reflejada en la baja diversidad de objetivos familiares encontrada en todas las entidades. De igual forma, los acuerdos traducidos en la definición de estrategias medidas han tenido como finalidad el no exponer tanto a los grupos emparentados como a sus organizaciones, lo cual sacrifica la posibilidad de aumentar ganancias o lograr crecimiento y coincide con una baja propensión a la toma de riesgos.

- b) Proposición 2: la intrasucesión es la alternativa más conveniente para mantener el apego a la tradición.

En lo que se refiere a esta última, la preferencia por dicha alternativa aumenta el apego a la tradición, lo que se explicaría porque el traspaso intergeneracional del control ha sido, hasta el momento, el mecanismo idóneo en las empresas para transmitir no sólo las visiones y filosofías de las coaliciones dominantes, sino también las formas de trabajo y rutinas organizacionales.

- c) Proposición 3: la riqueza socioemocional decrece la propensión a la toma de riesgos e incrementa el apego a la tradición.

En términos de la riqueza socioemocional y la propensión a la toma de riesgos, las empresas participantes han tenido el cuidado de conservar el gran valor sentimental trasladado, de la familia a la entidad, hasta la actualidad, lo que a su vez ha propiciado una baja tendencia por arriesgarse en demasía; esto coincide con De Massis *et al.* (2016) sobre que es posible innovar sin perder el carácter familiar.

De esta manera, el elevado valor emocional de las entidades ha conducido a que se lleven a cabo actividades innovadoras relacionadas con sus principales actividades, mayor eficiencia en sus operaciones y la reducción de costos y gastos. Dicho de otra forma, el apego a la tradición ha preponderado por encima de otro tipo esfuerzos innovadores de naturaleza más radical.

- d) Proposición 4: la identidad de la empresa familiar aumenta el apego a la tradición.

En relación con la identidad de la empresa familiar y el apego a la tradición, además de la naturaleza familiar de la entidad, lo que es central, perdurable y distintivo de la identidad organizacional de los negocios, se encontró que también abarca su tradición al representar qué cosas hacen y cómo las realizan. Este escenario se refiere al conocimiento y experiencia acumulados, así como a las prácticas laborales y métodos de generación de valor que le dan a cada negocio; el sentido de unidad que menciona Zellweger *et al.* (2010). De tal forma, es posible considerar que la fuerte identificación de las familias empresarias con sus negocios podría delimitar, hasta cierto punto, qué tan posible es desviarse de lo establecido al haber un mayor interés en mantener en operación los mismos esquemas y directrices.

Por otra parte, relacionar los atributos organizacionales con la familiness no fue un objetivo de la investigación, pero resulta interesante denotar que el grado de dicha relación es alto en todos los casos e indistinto a su actividad, tamaño y generación familiar. En tal sentido, Razzak *et al.* (2019) observan que puede ser una fuente importante de heterogeneidad entre las EF, lo cual podría explicarse porque, conforme los ciclos familiares avanzan, es común que los grupos emparentados se transformen en varias unidades donde, por ejemplo, el valor afectivo de la organización y la identificación del grupo con la misma disminuyen. No obstante, los resultados encontrados se contraponen a dicho planteamiento.

Por lo anterior, será conveniente extender y profundizar este tipo de estudios, que ayuden a entender con mayor precisión, el hecho de que los cinco casos sean coincidentes o recurrir a otras teorías.

CONCLUSIONES

Se indagó cómo las características particulares de las familias empresarias mexicanas influyen en el comportamiento organizacional de sus negocios y la innovación y, al mismo tiempo, el papel de la participación familiar en dicho proceso. Los resultados refuerzan la noción de una dinámica sistémica en las EF que imposibilita separar las esferas familiar y empresarial.

Al mismo tiempo, muestran que niveles elevados de involucramiento familiar en la propiedad, administración y gobernanza, esencia en términos de intrasucesión y riqueza socioemocional, así como identidad de la empresa familiar, hacen que la *familiness* sea alta. Resulta interesante que este hallazgo parecería ser independiente de la antigüedad, tamaño y sector de las organizaciones estudiadas, así como de la generación de sus coaliciones dominantes.

Del mismo modo, las dimensiones analizadas para la postura innovadora de la empresa familiar coincidieron en niveles altos y bajos en todas las entidades participantes, lo que empata con el perfil de *re-enactor*. Por tanto, una vez que se rechazaron otros perfiles también posibles (*seasoner*, *digger* y *adventurer*), después de un riguroso análisis de la información, se encontró empíricamente lo planteado por Rondi *et al.* (2018), lo que dio pie a generalizar, desde un punto de vista analítico, los resultados obtenidos al basarse en dicha construcción teórica.

Por último, en la sección de Método se señaló que, en ciertas ocasiones, el desarrollo previo de proposiciones no es posible debido al contexto y a la falta de suficiente literatura. Así, en algunos análisis cualitativos de la EF similares al presente, estos planteamientos resumen los principales hallazgos posteriormente (Fletcher *et al.*, 2016).

ANÁLISIS PROSPECTIVO

Tanto propietarios y gerentes de EF como consultores deben comprender la dinámica sistémica de las esferas familiar y empresarial para que reconozcan su influencia mutua y evalúen su naturaleza positiva o negativa. Con este fin, diferentes mecanismos pueden implementarse para mejorar la toma de decisiones según sean las particularidades de cada coalición dominante y negocio, lo cual es de suma importancia en la innovación para ganar competitividad estratégica.

En este sentido, es necesario que las familias empresarias reconozcan que la innovación es un hábito que se puede construir al involucrar a todos los colaboradores, sean familiares o no, mediante actividades que fomenten el trabajo en equipo y el pensamiento creativo. Para concluir, la capacidad para vincular el pasado con el presente les ayudaría a que continúen operando con éxito en el futuro, por ejemplo, al transmitir conscientemente la identidad de la familia a cada miembro de la coalición dominante, a la vez que se planean la sucesión y se forman a las nuevas generaciones con el fin de que aporten habilidades y competencias nuevas a las ya existentes.

REFERENCIAS

- Addae-Boateng, S., Xiao, W., & Brew, Y. (2014). 'Governance issues in family businesses'. The views of family-member-employees, non-family-member-employees and management. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 2(12), 1-28.
- Armenta, J. R. C., Arango, O. M. y Gómez, H. R. (2018). La medición de la innovación a través de métodos multicriterio: el caso de una pequeña empresa manufacturera del estado de Hidalgo. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 8(1).
- Arregle, J.-L., Duran, P., Hitt, M. A., & Essen, M. van. (2017). Why Is Family Firms' Internationalization Unique? A Meta-Analysis. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41(5), 801-831. <https://doi.org/10.1111/etap.12246>
- Basco, R. (2013). The family's effect on family firm performance: A model testing the demographic and essence approaches. *Journal of Family Business Strategy*, 4(1), 42-66. <https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2012.12.003>
- Basco, R. (2017). "Where do you want to take your family firm?" A theoretical and empirical exploratory study of family business goals. *BRQ Business Research Quarterly*, 20(1), 28-44. <https://doi.org/10.1016/j.brq.2016.07.001>
- Benavides-Velasco, C. A., Quintana-García, C., & Guzmán-Parra, V. F. (2013). Trends in family business research. *Small Business Economics*, 40(1), 41-57. <https://doi.org/10.1007/s11187-011-9362-3>
- Bradley, E. H., Curry, L. A., & Devers, K. J. (2007). Qualitative data analysis for health services research: Developing taxonomy, themes, and theory. *Health Services Research*, 42(4), 1758-1772. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2006.00684.x>
- Cabrera-Suárez, M. K., Déniz-Déniz, M. de L. C., & Martín-Santana, J. D. (2014). The setting of non-financial goals in the family firm: The influence of family climate and identification. *Journal of Family Business Strategy*, 5(3), 289-299.
- Cabrera-Suárez, M. K., & Martín-Santana, J. D. (2010). La influencia de las relaciones intergeneracionales en la formación y el compromiso del sucesor: efectos sobre el proceso de sucesión en la empresa familiar. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 19(2), 111-128.
- Calabrò, A., Vecchiarini, M., Gast, J., Campopiano, G., Massis, A. D., & Kraus, S. (2018). Innovation in family firms: A systematic literature review and guidance for future research. *International Journal of Management Reviews*, 21(3), 317-355. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12192>
- Carsrud, A. L. (2006). Commentary: "Are we family and are we treated as family? Nonfamily employees' perceptions of justice in the family firm": It all depends on perceptions of family, fairness, equity, and justice. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 30(6), 855-860. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2006.00156.x>
- Casanova, L. (2015). Las multinacionales latinoamericanas ante la nueva realidad, en P. Fernández, M. I. Barbero y A. Lluch (Eds.), *Familias empresarias y grandes empresas familiares en América Latina y España: Una visión de largo plazo* (pp. 41-70). Fundación BBVA.

- Chirico, F., Salvato, C., Byrne, B., Akhter, N., & Múzquiz, J. A. (2017). Commitment Escalation to a Failing Family Business. *Journal of Small Business Management*, 56(3). <https://doi.org/10.1111/jsbm.12316>
- Chrisman, J. J., Chua, J. H., De Massis, A., Frattini, F., & Wright, M. (2015). The ability and willingness paradox in family firm innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 32(3), 310-318. <https://doi.org/10.1111/jpim.12207>
- Chua, J. H., Chrisman, J. J., & Sharma, P. (1999). Defining the family business by behavior. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 23(4), 19-46.
- Combs, J. G., Jaskiewicz, P., Shanine, K. K., & Balkin, D. B. (2018). Making sense of HR in family firms: Antecedents, moderators, and outcomes. *Human Resource Management Review*, 28(1), 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2017.05.001>
- Combs, J. G., Shanine, K. K., Burrows, S., Allen, J. S., & Pounds, T. W. (2019). What do we know about business families? Setting the stage for leveraging family science theories. *Family Business Review*, 33(1). <https://doi.org/10.1177/0894486519863508>
- De Massis, A., Frattini, F., Kotlar, J., Petruzzelli, A. M., & Wright, M. (2016). Innovation through tradition: Lessons from innovative family businesses and directions for future research. *Academy of Management Perspectives*, 30(1), 93-116. <https://doi.org/10.5465/amp.2015.0017>
- De Massis, A., Frattini, F., Pizzurno, E., & Cassia, L. (2015). Product innovation in family versus nonfamily firms: An exploratory analysis. *Journal of Small Business Management*, 53(1), 1-36. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12068>
- De Massis, A., Kotlar, J., Chua, J. H., & Chrisman, J. J. (2014). Ability and willingness as sufficiency conditions for family-oriented particularistic behavior: Implications for theory and empirical studies. *Journal of Small Business Management*, 52(2), 344-364. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12102>
- Diéguez-Soto, J., Garrido-Moreno, A., & Manzaneque, M. (2018). Unravelling the link between process innovation inputs and outputs: The moderating role of family management. *Journal of Family Business Strategy*, 9(2), 114-127. <https://doi.org/10.1016/j.jEFs.2017.11.007>
- Dyer, W. G. (2018). Are family firms really better? Reexamining "Examining the 'Family Effect' on Firm Performance". *Family Business Review*, 31(2), 240-248. <https://doi.org/10.1177/0894486518776516>
- Eisenhardt, K. M., & Graebner, M. E. (2007). Theory building from cases: Opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50(1), 25-32. <https://doi.org/10.5465/amj.2007.24160888>
- Fernández, P., Barbero, M. I. y Lluch, A. (2015). *Familias empresarias y grandes empresas familiares en América Latina y España: una visión de largo plazo*. Fundación BBVA.
- Filser, M., Brem, A., Gast, J., Kraus, S., & Calabrò, A. (2016). Innovation in family firms: Examining the inventory and mapping the path. *International Journal of Innovation Management*, 20(06). <https://doi.org/10.1142/S1363919616500547>
- Filser, M., De Massis, A. D., Gast, J., Kraus, S., & Niemand, T. (2018). Tracing the roots of innovativeness in family SMEs: The effect of family functionality and socioemotional wealth. *Journal of Product Innovation Management*, 35(4), 609-628. <https://doi.org/10.1111/jpim.12433>
- Fletcher, D., Massis, A. D., & Nordqvist, M. (2016). Qualitative research practices and family business scholarship: A review and future research agenda. *Journal of Family Business Strategy*, 7(1), 8-25. <https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2015.08.001>
- Frank, H., Kessler, A., Rusch, T., Suess-Reyes, J., & Weismeier-Sammer, D. (2017). Capturing the familiness of family businesses: Development of the Family Influence Familiness Scale (FIFS). *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41(5), 709-742. <https://doi.org/10.1111/etap.12229>

- Frank, H., Lueger, M., Nosé, L., & Suchy, D. (2010). The concept of “Familiness”: Literature review and systems theory-based reflections. *Journal of Family Business Strategy*, 1(3), 119-130. <https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2010.08.001>
- Gagné, M., Sharma, P., & Massis, A. D. (2014). The study of organizational behavior in family business. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 23(5), 643-656. <https://doi.org/10.1080/1359432X.2014.906403>
- García Berumen, J., García, P. y Domenge, R. (2011). Determinantes de la estructura de capital en la pequeña y mediana empresa familiar en México. *Contaduría y administración*, 57(3), 67-96.
- González, L. M., Castruita, E., y Mendoza, R. (2018). Caracterización de las empresas familiares: caso Durango (México). *Revista científica Pensamiento y Gestión*, 44, 102-131. <https://doi.org/10.14482/pege.44.9617>
- González-Cruz, T. F., & Cruz-Ros, S. (2016). When does family involvement produce superior performance in SME family business? *Journal of Business Research*, 69(4), 1452-1457. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.124>
- Habbershon, T. G., Williams, M., & MacMillan, I. C. (2003). A unified systems perspective of family firm performance. *Journal of Business Venturing*, 18(4), 451-465. [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(03\)00053-3](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(03)00053-3)
- Hauck, J., & Prügl, R. (2015). Innovation activities during intra-family leadership succession in family firms: An empirical study from a socioemotional wealth perspective. *Journal of Family Business Strategy*, 6(2), 104-118. <https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2014.11.002>
- Hernández-Linares, R., Sarkar, S., & Cobo, M. J. (2018). Inspecting the Achilles heel: a quantitative analysis of 50 years of family business definitions. *Scientometrics*, 115(2), 929-951. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2702-1>
- Howorth, C., Rose, M., Hamilton, E., & Westhead, P. (2010). Family firm diversity and development: An introduction. *International Small Business Journal*, 28(5), 437-451. <https://doi.org/10.1177/0266242610373685>
- Jaskiewicz, P., & Dyer, W. G. (2017). Addressing the elephant in the room: Disentangling family heterogeneity to advance family business research. *Family Business Review*, 30(2), 111-118. <https://doi.org/10.1177/0894486517700469>
- Jennings, J. E., Breitreuz, R. S., & James, A. E. (2014). *Theories from family science: A review and roadmap for family business research*, en L. Melin, M. Nordqvist, P. Sharma (Eds.), *SAGE Handbook of family business* (pp. 25-46). England: Sage.
- Jennings, J. E., Dempsey, D., & James, A. E. (2018). Bifurcated HR practices in family firms: Insights from the normative-adaptive approach to stepfamilies. *Human Resource Management Review*, 28(1), 68-82. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2017.05.007>
- Kotlar, J., & De Massis, A. (2013). Goal setting in family firms: Goal diversity, social interactions, and collective commitment to family-centered goals. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37(6), 1263-1288. <https://doi.org/10.1111/etap.12065>
- Kraiczy, N. D., Hack, A., & Kellermanns, F. W. (2015). What makes a family firm Innovative? CEO risk-taking propensity and the organizational context of family firms. *The Journal of Product Innovation Management*, 32(3), 334-348. <https://doi.org/10.1111/jpim.12203>
- Le Breton-Miller, I. L., & Miller, D. (2013). Socioemotional wealth across the family firm life cycle: A Commentary on “Family Business Survival and the Role of Boards”. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37(6), 1391-1397. <https://doi.org/10.1111/etap.12072>

- Leppäaho, T., Plakoyiannaki, E., & Dimitratos, P. (2016). The case study in family business: An analysis of current research practices and recommendations. *Family Business Review*, 29, (2), 159-173. <https://doi.org/10.1177/0894486515614157>
- Liang, Q., Li, X., Yang, X., Lin, D., & Zheng, D. (2013). How does family involvement affect innovation in China? *Asia Pacific Journal of Management*, 30(3), 677-695. <https://doi.org/10.1007/s10490-012-9320-x>
- López, M. C., Serrano, A. M., Gómez, R. y García, G. (2012). El efecto del *familiness* en la performance innovadora de las empresas familiares: un análisis exploratorio. *European Journal of Family Business*, 2(2), 7-21. <https://doi.org/10.24310/ejfbefjb.v2i2.4026>
- López-Fernández, M. C., Serrano-Bedia, A. M., & Gómez-López, R. (2016). Determinants of innovation decision in small and medium-sized family enterprises. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 23(2), 408-427. <https://doi.org/10.1108/JSBED-02-2015-0028>
- López-Montaña, L. M., & Herrera-Saray, G. D. (2014). Epistemología de la ciencia de familia-estudios de familia. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 12(1), 65-76.
- Manzanque, M., Diéguez-Soto, J., & Garrido-Moreno, A. (2018). Technological innovation inputs, outputs and family management: Evidence from Spanish manufacturing firms. *Innovation: Organization & Management*, 20(4), 1-27. <https://doi.org/10.1080/14479338.2018.1444491>
- Matzler, K., Veider, V., Hautz, J., & Stadler, C. (2015). The impact of family ownership, management, and governance on innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 32(3), 319-333. <https://doi.org/10.1111/jpim.12202>
- Memili, E., Fang, H. C., & Welsh, D. H. B. (2015). Value creation and value appropriation in innovation process in publicly-traded family firms. *Management Decision*, 53(9), 1921-1952. <https://doi.org/10.1108/MD-06-2014-0391>
- Meroño-Cerdán, A. L., López-Nicolás, C., & Molina-Castillo, F. J. (2018). Risk aversion, innovation and performance in family firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 27(2), 189-203. <https://doi.org/10.1080/10438599.2017.1325569>
- Neubaum, D. O., Kammerlander, N., & Brigham, K. H. (2019). Capturing Family Firm Heterogeneity: How Taxonomies and Typologies Can Help the Field Move Forward. *Family Business Review*, 32(2), 106-130. <https://doi.org/10.1177/0894486519848512>
- Nordqvist, M., Sharma, P., & Chirico, F. (2014). Family firm heterogeneity and governance: A configuration approach. *Journal of Small Business Management*, 52(2), 192-209. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12096>
- Patel, P. C., & Chrisman, J. J. (2014). Risk abatement as a strategy for R&D investments in family firms. *Strategic Management Journal*, 35(4), 617-627. <https://doi.org/10.1002/smj.2119>
- Pearson, A. W., Carr, J. C., & Shaw, J. C. (2008). Toward a theory of familiness: A social capital perspective. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 32(6), 949-969. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2008.00265.x>
- Peña, J. A. y Sánchez, J. M. (2011). *El capital social como recurso de la empresa familiar: La familiness*. La Coruña, España: Netbiblo
- Pounder, P. (2015). Family business insights: An overview of the literature. *Journal of Family Business Management*, 5(1), 116-127. <https://doi.org/10.1108/JFBM-10-2014-0023>
- Razzak, M. R., Abu Bakar, R., & Mustamil, N. (2019). Socioemotional wealth and family commitment: Moderating role of controlling generation in family firms. *Journal of Family Business Management*, 9(4), 393-415. <https://doi.org/10.1108/JFBM-09-2018-0050>

- Rondi, E., De Massis, A., & Kotlar, J. (2018). Unlocking innovation potential: A typology of family business innovation postures and the critical role of the family system. *Journal of Family Business Strategy*, 10(4), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2017.12.001>
- San Martín, J. M. y Durán, J. A. (2017). *Radiografía de la empresa familiar en México*. Editorial UDLAP.
- Schuster, C. P., & Copeland, M. J. (1999). Global business exchanges: Similarities and differences around the world. *Journal of International Marketing*, 7(2), 63-80.
- Venter, W. P., & Kruger, S. (2004). The contribution of familiness to the performance of family businesses. *Acta Commercii*, 4(1), 14-28.
- Xi, J., Kraus, S., Filser, M., & Kellermanns, F. W. (2015). Mapping the field of family business research: Past trends and future directions. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 11(1), 113-132. <https://doi.org/10.1007/s11365-013-0286-z>
- Yazan, B. (2015). Three approaches to case study methods in education: Yin, merriam, and stake. *The Qualitative Report*, 20(2), 134-152.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5th ed.). Sage Publications.
- Zellweger, T. M., Eddleston, K., & Kellermanns, F.W. (2010). Exploring the concept of familiness: Introducing family firm identity. *Journal of Family Business Strategy*, 1(1), 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.jEFs.2009.12.003>
- Zellweger, T. M., Nason, R. S., Nordqvist, M., & Brush, C. G. (2013). Why do family firms strive for nonfinancial goals? An organizational identity perspective. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37(2), 229-248. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2011.00466.x>

NOTAS

- [1] Pertenecen a las ciencias sociales y uno de sus fines es analizar las problemáticas y dinámicas familiares actuales con un enfoque interdisciplinario (López-Montaña y Herrera-Saray, 2014).
- [2] Entidades pequeñas que se encuentran dirigidas por el fundador y propietario mayoritario desde su constitución (Le Breton-Miller y Miller, 2013).

CC BY-NC-ND

El mural en el barrio de El Cópore. Arte y paisaje urbano desde la estética de la marginalidad

Hernández López, Ricardo; Favila Cisneros, Héctor; López Ojeda, Andrés

El mural en el barrio de El Cópore. Arte y paisaje urbano desde la estética de la marginalidad

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | **e170**

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.



Hernández López, R., Favila Cisneros, H. y López Ojeda, A. (2022). El mural en el barrio de El Cópore. Arte y paisaje urbano desde la estética de la marginalidad. CIENCIA *ergo-sum*, 29(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a4>

El mural en el barrio de El Cópore. Arte y paisaje urbano desde la estética de la marginalidad

The mural in the neighborhood of El Cópore. Art and urban landscape from the aesthetics of marginality

Ricardo Hernández López

Universidad Autónoma del Estado de México, México

rhernandezl@uaemex.mx

 <http://0000-0002-7145-3782>

Recepción: 19 de mayo de 2021

Aprobación: 13 de julio de 2022

Héctor Favila Cisneros

Universidad Autónoma del Estado de México, México

hfavilac@uaemex.mx

 <http://0000-0003-1070-0118>

Andrés López Ojeda

Universidad Autónoma del Estado de México, México

alopezoj@uaemex.mx

 <http://0000-0003-4069-2219>

RESUMEN

Se analiza, bajo los conceptos de la estética de la marginalidad, el mural de El Cópore y se revisan los alcances que tuvo el proyecto en la rehabilitación física y social del espacio público de la zona. La investigación se sustenta en un acercamiento historiográfico al tema y se apoya de los recorridos en la zona del mural y de un registro fotográfico. Entre los principales hallazgos destaca que el mural ha otorgado una nueva configuración al paisaje urbano de la ciudad de Toluca, pero no logra erradicar la marginación. Se concluye que el arte modifica el paisaje urbano e integra visualmente la zona a la ciudad; no obstante, el mural remarca el territorio y avala una identidad marginal del barrio.

PALABRAS CLAVE: paisaje urbano, estética de la marginalidad, arte.

ABSTRACT

The authors aim to analyze, under the concepts of the aesthetics of marginality, the mural of El Cópore, and review the scopes that the project had in the physical and social rehabilitation of the public space of the area. The research is based on a historiographic approach to the subject, supported by tours in the area of the mural, photographic record and interviews. Among the important findings is that the mural has given a new configuration to the urban landscape of the city of Toluca, but fails to eradicate marginalization. It is concluded that art modifies the urban landscape and visually integrates the area into the city, however, the mural highlights the territory and endorses a marginal identity of the neighborhood.

KEYWORDS: urban landscape, aesthetics of marginality, art.

INTRODUCCIÓN

Se lleva a cabo un análisis del arte vinculado con el paisaje urbano desde la estética de la marginalidad a partir del mural en el barrio de El Cópore, en Toluca, México. El campo de estudio está centrado en aquellas zonas de las ciudades que han sido relegadas históricamente por los responsables políticos, pero que, debido a ciertos aspectos históricos o artísticos, se tornan de interés para los habitantes y la cultura popular. Así, a partir de un acercamiento

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

hfavilac@uaemex.mx

historiográfico al tema, apoyado por un estudio etnográfico que incluye observaciones de campo, recorridos por la zona del mural y un registro fotográfico, este artículo pretende mostrar cómo el arte asume una función social renovadora, de bienestar social, y, a partir de un proyecto artístico, se intenta higienizar una zona conflictiva de Toluca y devolver la identidad a los barrios tradicionales con una nueva estética del lugar. El artículo comienza con un acercamiento a la estética de la marginalidad para comprender los procesos de reconfiguración del paisaje urbano desde esta dimensión teórica, luego se explica la zona de estudio para conocer su realidad, el desarrollo y características del mural y por último se discute sobre el viraje del arte urbano y su incidencia tanto social como física sobre los habitantes y el paisaje.

1. LA ESTÉTICA DE LA MARGINALIDAD EN EL PAISAJE URBANO

Las ciudades se constituyen, además de su funcionalidad, en espacios de socialización con características propias. Se privilegian en el sentido estético los edificios civiles y religiosos, así como calles, andadores, fuentes, plazas, y todos aquellos sitios donde convergen los habitantes tanto para llevar a cabo prácticas cotidianas como simbólicas. Pero también existen zonas rezagadas por la dinámica social, económica, cultural o política, las cuales han sido muy poco atendidas por las autoridades. La estética de la marginalidad está centrada en estas últimas, es decir, en aquellas zonas de las ciudades que han sido relegadas desde siempre por los dirigentes políticos, pero que, debido a ciertos aspectos históricos, culturales o artísticos se tornan de interés para los habitantes y la cultura popular. Lo anterior quiere decir que las características de dichas zonas contribuyen a su aprovechamiento económico. “La riqueza de la pobreza...”, así titula Montes (2003) a su trabajo sobre las estéticas de la representación en la cultura popular en las crónicas de Carlos Monsiváis.

Con similares argumentos, Dalmazzo y Pulgar (2018: 3) mencionan que se estetiza “a ratos artificiosa u obsenamente, siempre sin compromiso, la pobreza. Ello supone una clave decisiva, en tanto seña y categoría crítica que advierte sobre los límites éticos y políticos de un proyecto que intenta reflexionar sobre lo sensible en espacios marginales”. En este contexto, cabe hacer patente la estrechez social de ciertos espacios. Al respecto, emanadas de una política pública, se han llevado a cabo intervenciones artísticas en determinadas zonas de algunas de las ciudades de México, cuya finalidad primaria es la creación de ambientes urbanos que permitan renovar la imagen de la zona y propiciar un beneficio a la población y en consencuencia convertirla en un paisaje urbano que reconfigure la imagen y el aspecto físico del sitio, por ejemplo los murales en Toluca, Pachuca y Ecatepec.

Esta reconfiguración cobra sentido y relevancia cuando se conjugan intereses sociales y políticos, debido a que:

El paisaje urbano, creación y producto, representa el cosmos individual y colectivo que da lugar a una realidad físico-espacial. Desde el análisis es objetivo y subjetivo, expresa hechos materiales e inmateriales observados en sus elementos, relaciones, personas, y se enmarca en los enfoques dados al paisaje como recurso, objetivo y oportunidad (Briceño *et al.*, 2012: 6).

Es decir, cuando confluyen intereses comunes de beneficio social, y más cuando se perciben oportunidades de mejora a las situaciones extremas de inseguridad, los proyectos adquieren mayor relevancia. Menciona Briceño que:

Al estar satisfecha con su paisaje urbano, las sociedades reconocen en él, valores y elementos asociados con su cultura y necesidades cotidianas. La noción actual y futura, provee un sentido de lugar, pertenencia e identidad, donde se evidencian interrelaciones con parte de la herencia nacional, regional y local, en un mundo global. El paisaje urbano es una expresión de inteligencia compartida de una sociedad que —a través de la historia— ordena y relaciona de determinada forma, diversos elementos (Briceño *et al.*, 2012: 15).

De este modo, al constituirse el paisaje urbano como una obra de arte monumental, se comparten intereses en común entre los habitantes y los artistas que lo intervienen, se forja un sentido de pertenencia e identidad, y además se generan reflexiones en torno al papel del arte en el rescate de zonas en búsqueda de un bienestar social. De esta manera:

Una estética de la marginalidad sienta las bases de un ejercicio artístico y reflexivo como ecología, en tanto la experiencia estética se hace *vívida*, sin salir del espacio relacional de los propios actores involucrados, en el seno de un habitar común que a su vez impacta directamente sobre la constitución de los márgenes (Dalmazzo y Pulgar, 2018: 10).

En estos procesos de revitalización de espacios públicos hay un cruce de intereses artísticos vinculados con una política de sanidad social que busca una higiene social mediante una expresión cromática. Los habitantes de las zonas intervenidas intentan sumarse a los mecanismos políticos de bienestar social con la firme intención de mejorar su calidad de vida, “la medida para las ciudades es su cultura, desde la consideración de los aspectos formales visibles, entendidos como mecanismos de adaptación” (Briceño *et al.*, 2012: 6); por tanto, una manera de sobrevivir es mostrar sin tapujos, la pobreza histórica que caracteriza a la zona y a sus habitantes y, en la medida de lo posible, obtener algún beneficio.

Los procesos artísticos han jugado un papel importante en los cambios del paisaje urbano. Al aplicar color a una zona urbana se reconfigura la estética del lugar, pero aún subyace una realidad citadina que pugna por compensar una historia de inseguridad, pobreza y violencia. De esta manera, los murales impulsados por los gobiernos en las zonas marginales se convierten en un manto artístico de protección al hacerlos visibles, pero mantiene a la vez un sentimiento de nostalgia entre los habitantes. Hay que recordar que “el pueblo marginal es codificado –agarrado– entonces como algo escenificado que lejos de suscitar intervenciones impugnadoras o prácticas de vida en común, entretiene o entristece en la distancia” (Dalmazzo y Pulgar, 2018: 6).

En este sentido, y con la finalidad de paliar identidades estructuradas en ámbitos de pobreza, una estética de la marginalidad debe:

Entregarse a la tarea de construir una experiencia común, un habitar histórico y simbólico compartido, una política de la sensibilidad que no trate con ‘objetos’, con ‘obras’, ni mucho menos con ‘productos’, sino con restos de vida palpitante, con fragmentos de intensidad y conflictividad social en movimiento (Dalmazzo y Pulgar, 2018: 8).

Que una zona urbana sea integrada visualmente a la dinámica social de la ciudad permite a sus habitantes sentirse incluidos, tomados en cuenta, a la espera de una reconfiguración identitaria que logre la aceptación social de sus integrantes y de beneficios sociales. De esta manera,

Una estética de la marginalidad trabaja con huellas siempre expuestas a la cordura y la intervención de terceros. Es aquí donde los muros cumplen un rol fundamental: expresan, denuncian, marcan territorios, señalan identidades borrosas, ponen en juego hegemonías y poder (Dalmazzo y Pulgar, 2018: 8).

Este es el juego del arte y el poder, la mediación entre lo subalterno y lo hegemónico, donde el Estado aporta recursos para promover una estética de la marginalidad que muestre la belleza de una zona conflictiva. No obstante, faltaría revisar si en efecto la pobreza que se muestra reditúa a las inversiones de los gobiernos, de la población y de los artistas.

2. HALLAZGOS

2. 1. La realidad en el barrio de El Cóporo

La ciudad de Toluca, México, está situada en un valle franqueado en su parte norte por cerros. La Plaza de los Mártires es el área principal y la circundan el Palacio de Gobierno, el Palacio Municipal, el Palacio Legislativo y la Catedral. Al oriente se localiza el jardín botánico Cosmovitral con su respectiva plaza, al poniente el edificio del Teatro Morelos, al sur la Plaza González Arratia y los famosos Portales. Se mencionan estos edificios y plazas porque son las más visitadas por los habitantes y desde ahí se aprecia, hacia el noroeste, un cerro denominado *El Cóporo* (figura 1), que alberga viviendas, y cuya orografía determina las calles irregulares y de pronunciada pendiente, así como los callejones no lineales y de escasa anchura.



FIGURA 1

Vista del barrio El Cópore desde la Plaza de los Mártires, Toluca

Fuente: fotografía de Ricardo Hernández López (2020).

Estas casas construidas poco a poco por los mismos habitantes y adaptadas a las formas irregulares del terreno albergan “gente brava”. Es un barrio donde predominan las vecindades; además, en sus inicios cobijó a personas que llegaron tanto de otros municipios del Estado de México como de otros estados del país. Las familias fueron creciendo en número de integrantes y, por tanto, provocaron hacinamientos mayores.

En sus calles y callejones, los más pequeños de un metro y medio de ancho, dormían también las personas que no tenían posibilidades de rentar un “cuartito”, ni siquiera uno de los más pequeños, de unos 3×1.5 m (figura 2), fríos, húmedos, y por lógica sin baño, ya que el único disponible era utilizado por todas las familias de la vecindad, las cuales tenían que hacer fila todas las mañanas para poder “realizar sus necesidades”.



FIGURA 2

Vestigios de cuartos en vecindad de El Cópore

Fuente: fotografía de Ricardo Hernández López (2019).

Hasta hace unos 22 años, es decir, en el 2000, la zona contaba con lavaderos públicos donde las amas de casa, que no contaban con ellos en su vecindad, acudían todas las mañanas para lavar su ropa. Estos servicios han desaparecido y los espacios hoy en día funcionan como pequeños jardines y plazuelas de esparcimiento (figura 3).



FIGURA 3

Lugar donde se ubicaban los lavaderos públicos

Fuente: fotografía de Ricardo Hernández López (2019).

Nota: en la actualidad es espacio de esparcimiento de El Cópore.

El constituirse como un laberinto de estrechos callejones (figura 4 y figura 5) dio pie para que grupos de pandilleros, en su mayoría en las décadas de los sesenta y setenta del siglo pasado, conformaran territorios de violencia, donde era común que los transeúntes sufrieran de asaltos, amenazas, violaciones o incluso se les arrebatara la vida. Las características de la zona impedían el ingreso de la policía, y cuando lo lograba, el conocimiento del territorio ayudaba a los responsables de cometer delitos a huir.



FIGURA 4

Callejón en El Cópore

Fuente: fotografía de Ricardo Hernández López (2019).



FIGURA 5

Callejón en El Cópore

Fuente: fotografía de Ricardo Hernández López (2019).

A principios de este nuevo siglo, la traza urbana de la zona sufrió modificaciones, ya que algunas casas fueron destruidas para abrir calles que desahogaran el tráfico del centro de la ciudad. Por esta situación fue disminuyendo en apariencia el poder de algunos grupos delictivos que ostentaban sus delitos.

Resulta paradójico el hecho de que esta zona de barrios bravos colinda con los edificios sedes del poder estatal: el Palacio de Gobierno y el edificio del Palacio Legislativo, lo cual no impidió procesos de identidad. En este sentido, frases como “vivo en el Cópore” o “soy del Cópore” continúan siendo gritos de guerra, de orgullo o de amenaza.

Los negocios, en especial las “tienditas de la esquina”, hoy prácticamente desaparecidas del lugar (figura 6), “cooperaban” para no sufrir las consecuencias de los grupos delictivos. Las mujeres, sobre todo las más jóvenes, eran presa de hostigamiento, acoso sexual y violaciones.



FIGURA 6

Antigua “tiendita de la esquina” en El Cópore

Fuente: fotografía de Ricardo Hernández López (2019).

Por otro lado, este encierro urbano también propiciaba sentimientos de identidad, de unión vecinal, de protección mutua contra la invasión policiaca o de personas de otros barrios. Los vecinos se apoyaban en los festejos tradicionales, en especial los civiles como el 15 de septiembre (Día de la Independencia), o los religiosos como la Navidad y Año Nuevo, en los cuales, unidos por el vínculo del compadrazgo, se unían para las celebraciones, compartían los patios de las vecindades y festejaban con platillos sencillos, ingesta de bebidas alcohólicas y bailes populares amenizados por las tradicionales consolas.

En la actualidad, y no obstante la metamorfosis urbana y los intentos de las autoridades municipales por mejorar los barrios, esta zona continúa siendo peligrosa:

Los constantes robos que suceden en calles de este barrio han ‘satanizado’ a El Cópore y por lo mismo vecinos de la zona pidieron seguridad permanente, ya que el módulo policiaco tiene casi siete años que está abandonado. Los operativos no existen, las cámaras de videovigilancia no sirven y la policía sólo se da sus ‘vueltecitas’.

‘La inseguridad en la zona ha provocado que los taxistas ya no suban, que haya deserción escolar en escuelas aledañas, que los repartidores lleguen pero con seguridad y hasta que asusten a personas que quieren dejar las drogas o el alcohol’, coincidieron varios vecinos del barrio El Cópore, quienes exigieron a las autoridades una seguridad real.

En una reunión vecinal, habitantes de este lugar mencionaron que efectivamente la inseguridad ha etiquetado a este barrio como el más inseguro de la ciudad de Toluca, ‘apenas y subimos a un taxi y le decimos que somos de El Cópore, casi nos bajan. De hecho los taxis ni quieren subir’, mencionó una de las quejas.

Manifestaron que esta ‘etiqueta’ la han traído puesta desde hace muchos años [...] ‘aquí los asaltos son el pan de cada día?’ [...], ‘lo más grave es que hoy los delincuentes no sólo te asaltan, sino te golpean o hasta te atacan con una navaja’, añadió otra vecina de la zona [...]. Es un barrio donde la policía no existe, así de simple, finalizó (Miranda, 2017: 12A).

Como se aprecia en la nota anterior, son los vecinos, quienes, al verse rebasados, exigen la protección permanente de las autoridades debido a que la inseguridad ha provocado desabasto, deserción escolar y escasas oportunidades para los habitantes que quieren dejar las drogas.

Por consecuencia, al paso de los años y a pesar de los intentos gubernamentales para cambiar el imaginario social del barrio, la “fama” no ha disminuido:

San Miguel Apinahuizco, El Cópore, La Retama, Santa Bárbara, La Unión, Zopilocalco, La Teresona, El Calvario, El Seminario, son algunos de los llamados barrios más conocidos de la ciudad de Toluca. [A algunas personas] con el solo hecho de mencionarlos les causa miedo, y lo primero que les viene a la mente es la delincuencia. Años atrás estos barrios eran de cuidado, si alguien se paseaba por esas calles era porque conocía el barrio o a personas de esos lugares, y si no, se tenía que caminar con mucho cuidado, ya que dependiendo del barrio por el que se transitara era el riesgo que se corría (*El Sol de Toluca*, 2019: 1).

Este panorama, aunque breve, contextualiza la marginalidad, la traza urbana de la zona y la cotidianidad de los habitantes del barrio de El Cópore y, de igual manera muestra, su perfil urbano y la razón de su imaginario colectivo.

2. 2. El mural en el barrio de El Cópore

Como antecedente, el gobierno municipal, en colaboración con los gobiernos estatal y federal, apoyó y proyectó la idea de un mural monumental con la finalidad de recuperar espacios públicos, renovar y cambiar tanto la imagen física como la percepción social en este barrio bravo, para lo cual consiguió patrocinadores e involucró a la gente de la zona para su puesta en marcha.

Cabe señalar que un mural tradicionalmente es una obra plástica que se plasma sobre la superficie de una pared mediante diferentes técnicas. Las más conocidas son las denominadas *al fresco* o *al seco*. La primera es cuando la pintura se diluye en líquidos y se aplica sobre una capa de aplanado fresco, la cual, al momento de secar, logra que el color también endurezca, lo que le permite una larga duración. La segunda consiste en aplicar color sobre una superficie ya seca; esta técnica otorga a la obra una menor duración, en particular cuando está expuesta al sol.

De ahí que, por la aplicación de pintura en las fachadas, así como por tradición o arraigo, la gente nombra la obra de El Cópore como *mural*. No obstante, en los últimos años, esta denominación ha trascendido y se ha aplicado a otras prácticas creativas: algunos autores las han considerado intervenciones artísticas (Hernández, 2014), otras arte alternativo o emergente (Juanes, 2010), artealización (Colafranceschi, 2007) o simplemente arte urbano. Se menciona lo anterior porque la obra de análisis de este artículo forma parte de estas prácticas contemporáneas que rebasan el estatuto del objeto y se insertan en una dinámica de relación con los espectadores y su entorno.

Una vez aclarado lo anterior, se menciona que la historia de este mural es muy corta, apenas poco más de cinco años. Comenzó en marzo de 2016 como parte de una política gubernamental de los tres poderes de gobierno para crear ambientes de bienestar social como una forma de que el arte ayude a erradicar los problemas sociales.

El proyecto, coordinado y patrocinado por la Fundación Corazón Urbano, tuvo como finalidad cambiar el aspecto que por muchos años ha tenido esta zona de la capital del Estado de México.

El proyecto consistió en pintar 500 fachadas de casas que cubren en su totalidad el barrio ubicado en el cerro de El Cópore; con este número se supera al primer mural de este tipo, el cual se encuentra en Pachuca, Hidalgo, donde se intervinieron 209 casas. Para el mural de Toluca se utilizaron un aproximado de 4 572 botes de pintura de diferentes colores y se emplearon a 18 pintores divididos en tres cuadrillas, quienes trabajaron alrededor de cuatro meses, de marzo a junio de 2016. Los vecinos de la zona otorgaron su permiso para poner en ejecución el proyecto, ya que se conseguiría una imagen distinta (*Así sucede*, 2016).

El mural, visible hasta cinco kilómetros de distancia aproximadamente, presenta, desde el punto de vista de la Plaza de los Mártires, una composición geométrica no definida (figura 7), pero se aprecia, por los recortes de color (delimitación entre uno y otro por medio de líneas), un triángulo invertido, de cuyo vértice se despliegan trazos diagonales, en forma de “V”, que funcionan como límites para los colores. Estas características otorgan dinamismo a la intervención y ocultan las líneas verticales de las construcciones, razón por lo que dan la sensación de una prolongación visual y, más que oponer la intervención a la orografía, ésta se adapta. A cierta distancia da la impresión de que la pintura está directamente aplicada sobre el cerro, es decir, se oculta la arquitectura de las construcciones y sólo los huecos de las ventanas interrumpen lo plano del color y otorgan diversas perspectivas, ya que va a depender del sitio donde se ubique el espectador.



FIGURA 7

Composición y recortes de color en El Cópore

Fuente: fotografía de Ricardo Hernández López (2019).

Se aprecia una perspectiva aérea, conocida también como *atmosférica*, sobre todo al observar el mural desde la Plaza de los Mártires, con lo cual la mirada se expande hacia el fondo azul del cielo, cambiante de acuerdo con la hora del día que a su vez modifica los tonos de color.

Se aplicó pintura acrílica sobre los muros de las casas, en especial las fachadas, aunque también sobre las bardas que conforman los callejones. Es un mural de naturaleza cálida que debido a la gama de color utilizada (figura 8) contrasta con los tonos fríos de los edificios gubernamentales que se observan en un primer plano. Predominan los colores pastel en tonos rojos, verdes, azules, rosas, lilas y anaranjados, que se constituyen como un colorido telón de fondo a los edificios que albergan el Palacio de Gobierno Estatal y el Palacio Legislativo, cuyas fachadas presentan tonalidades oscuras debido al empleo del tezontle. El gran colorido pastel le da visibilidad al anteriormente pálido cerro y a sus construcciones, ya que existe mínima variación en la distribución espacial de la luz solar.

Debido sobre todo a su color, hasta el momento este mural de bienestar social ha sido bien recibido tanto por los habitantes de la zona como por las otras colonias que conforman la ciudad.



FIGURA 8

Gama de color en fachadas y bardas en El Cópore

Fuente: fotografía de Ricardo Hernández López (2019).

3. DISCUSIÓN

Una vez conocido el contexto y algunos elementos visuales del mural cabría preguntarse lo siguiente: ¿La estética de la marginalidad, además de modificar el paisaje urbano, otorga beneficios a la comunidad? ¿Realmente el arte ayuda a minimizar la violencia y la marginación del barrio? ¿Qué pasa con el arte público? ¿Transformación, adaptación o institucionalización? ¿Viraje de una estética revolucionaria de arrebató a una estética de bienestar por encargo?

Para intentar dar respuestas a los anteriores planteamientos conviene traer a colación el siguiente dato histórico: hace cien años, José Vasconcelos empezó en México un proyecto educativo y cultural desde la entonces Secretaría de Educación. Vasconcelos les otorgó

A la educación, la cultura y el arte, la capacidad de incidir sobre la transformación política del país, y de estimular el desarrollo espiritual de la comunidad [...]. Creó desde el gobierno mismo la infraestructura necesaria para que los artistas e intelectuales, bajo circunstancias totalmente favorables se empeñaran en su antiguo esfuerzo por hacer de la cultura y el arte bienes sociales (Azuela, 1999: 117).

De este proyecto surgió la Escuela Mexicana de Pintura y se dejó un legado plástico en varios edificios de importancia en nuestro país. Se menciona este centenario proyecto, porque, a pesar de la distancia temporal, las formas y el fondo siguen vigentes. Es decir, los proyectos culturales en México continúan, de manera diversificada, apoyando el arte. Pero en la actualidad los muros han sido rebasados. Ahora desde el Estado se intenta reconfigurar el paisaje urbano de Toluca a partir de un mural monumental en El Cópore mediante la participación de la comunidad receptora para implantar una estética de bienestar social.

Es sabido que el paisaje urbano modificado por el mural de naturaleza efímera responde más a una realidad social que a una estética, caracterizada por una problemática de violencia cotidiana. Por tanto, la obra, apoyada por los *corpus* cromáticos, organizada y patrocinada por el Estado le da un giro a la función primigenia del espacio público.

El mural en El Cópore es un arte social, pero no de protesta, sino de reconciliación que persigue no difundir una estética revolucionaria o histórica como la Escuela Mexicana que encabezó Diego Rivera hace ya un siglo; por el contrario, busca crear un entorno de bienestar social. Los promotores del mural de El Cópore, bajo una aparente institucionalización, aprovechan el mecenazgo del gobierno para producir arte público en una zona marginada. De esta forma, los artistas se adaptan a las nuevas circunstancias y también reconocen la problemática social, urbana y artística contemporánea, diferente a la de cuarenta y cinco años atrás en la ciudad que encabezó el muralista mexicano Leopoldo Flores y su arte de protesta denominado “Arte abierto, arte para todos”. Es otra generación, son otras ideas, pero en esencia, la misma propuesta: que el arte sirva a las masas y que abandere problemáticas sociales. No se intervienen los muros de manera aislada, sino ahora los artistas modifican el paisaje urbano para beneficiar a los habitantes.

El mural presenta un marco tanto natural como cultural, y se vislumbran al menos tres objetivos en su creación: *a*) modificar el paisaje urbano, *b*) desligar la tradicional producción artística y su circulación de los museos y presentarlo en la calle para destinarlo a públicos más amplios y, por tanto, no especialistas en arte, *c*) vincular el arte con las problemáticas sociales con el fin de contribuir a un proyecto urbano de bienestar social, de higiene social y visual, en particular esto último, hacer palpable una problemática de marginación y, de esa manera, lograr que el espectador ponga atención al color, pero de manera subyacente a lo que sucede entre las casas y calles que sirven de base a la composición. Es decir, el color, además de promover una armonía cromática, visibiliza la delincuencia de uno de los barrios más estigmatizados.

El Cópore se convierte entonces en lienzo y paisaje, en oportunidad y desafío, en esperanza de cambio, y a sus habitantes les otorga una oportunidad de higiene social, de visibilizar una zona que ha sido estigmatizada como violenta, peligrosa y marginada. No obstante, y valga la analogía, al parecer se torna, al igual que un anfibio venenoso, que entre más colorido más peligro representa.

El mural de El Cópore crea un *corpus* plástico de arte urbano que resignifica el paisaje urbano de Toluca a través de mensajes simbólicos que intentan modificar el imaginario social del barrio ganado a pulso a lo largo de los años. Es una alternativa artística que los vecinos piensan que puede ayudar a bajar los índices delictivos y minimizar los problemas sociales. De ahí la aceptación al proyecto.

Por consiguiente, la estética se vislumbra como una oportunidad para higienizar una zona marginal de Toluca, y los habitantes del barrio aprovechan el momento histórico para manifestar, ante los medios de comunicación, la inseguridad que sufren y su esperanza en el arte como una oportunidad social para mejorar. De esta manera, los artistas y los vecinos se apoyan en un proyecto municipal, estatal y federal para vincularse con los espectadores a través de composiciones visuales en sus espacios cotidianos: zona de vivienda, trabajo, escuelas, hogares, andadores, calles o plazas.

Sin duda alguna, el mural ha otorgado una nueva configuración al paisaje urbano de la ciudad de Toluca, cuyo imaginario social la concibe pasiva y lluviosa, lo que en términos plásticos se diría que es una ciudad en tonos fríos. De ahí que la aparición del color en una zona marginal, céntrica y con fama de barrio bajo ha sido motivo de práctica fotográfica y de difusión por medio de redes sociales, donde se notan algunos comentarios halagadores. En este sentido, la política gubernamental incidió de modo favorable para la reconfiguración física del paisaje a la par de una simbólica de la ciudad.

Sin embargo, dentro de las críticas al mural se tiene que no se consideraron opiniones de los vecinos en cuanto a la temática, color, composición, técnicas, o artistas participantes; se les requirió poco para la creación del mural,

sólo para asuntos en limpieza y aplicación de color, no así para el diseño. La mayoría fue simple espectador, lo cual no ayuda a sentirse como parte del proyecto ni a crear lazos de identidad.

Al caminar por la zona se aprecia color en los muros y fachadas, pero no hay conceptos ni murales individuales que en su conjunto integran la totalidad de la obra. No hubo participación de artistas locales ni en el proceso creativo ni en la ejecución. Los abundantes colectivos de artistas del grafiti de la ciudad no tuvieron participación.

Se consiguieron recursos para la pintura, pero quienes la aplicaron fueron empleados del municipio. A lo lejos se aprecia el color, pero no hay una identidad con los muros, es decir, faltan obras elaboradas por artistas del barrio, no se plasmaron de manera individual murales en cada barda ni se preguntó a los habitantes sobre sus propuestas, inquietudes o aportes. Si se camina por sus callejones, el color es plano, monótono, nada distintivo.

El mural es visible a la distancia y, en efecto, se modificó el paisaje urbano de la ciudad, pero recorrer los callejones del barrio de El Cópore es aún peligroso. Inmiscuirse en la estética de la marginalidad es una actividad de riesgo.

El mural de El Cópore revitaliza el paisaje urbano al presentar una estética basada en una marginalidad histórica, estática y contemporánea: hace visible una zona peligrosa de la ciudad, en donde aún siguen presentes los asentamientos por habitantes de bajos recursos, continúan los hacinamientos en los vecindarios, y, aunque al pasar los años se han tirado las casas construidas con adobe y dado paso a las de tabique y losa, la peligrosidad sigue manifiesta. Caminar por los estrechos callejones sin ser del barrio es una acción peligrosa y más si se lleva una cámara fotográfica o se intenta entrevistar a las personas. En resumen, es un mural para ser visto a la lejanía, porque todavía resulta imposible andar por la zona sin sufrir de robo, amenazas, o recibir golpes.

El mural de El Cópore intenta minimizar el vandalismo, la pobreza y lo marginal, pero sin un compromiso más allá de aplicar color a las paredes. Es un proyecto basado en ideas políticas de bienestar social que permite renovar la imagen de la zona y propiciar, en primer lugar, un beneficio a la población, y, en segundo, convertirla en un paisaje urbano que reconfigure la imagen y el aspecto físico del sitio. Para lograrlo, hubo una asociación arte-política que representa el cosmos colectivo vinculado al político, cuyos intereses confluyen para reconocer los valores del barrio bravo, su identidad y se intenta ordenar el espacio y el contexto.

Se crea un arte monumental como resultado de un interés común entre los habitantes y el Estado, y la estética de la marginalidad surge de un ejercicio artístico político que intenta abatir una problemática real, vigente e histórica, al mismo tiempo que el gobierno lo presenta como una política de sanidad social aceptada por los habitantes con la finalidad de obtener un beneficio palpable.

En definitiva, al aplicar color en El Cópore se reconfiguró el paisaje urbano de la ciudad, pero aún subyace una realidad citadina que reclama acciones para combatir la inseguridad, la pobreza y la violencia. De esta manera, el mural se convierte en un manto artístico de protección para los habitantes al hacerlos visibles, pero mantiene a la vez un sentimiento de nostalgia entre ellos.

CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

El arte es un factor de cambio, puesto que su incursión en las dinámicas sociales modifica la estética de los paisajes urbanos. Los artistas se integran a una dinámica donde la producción y consumo de arte continúa regida por los apoyos gubernamentales, en concreto cuando se consideran dentro de las políticas públicas.

La estética de la marginalidad, además de modificar el paisaje urbano, otorga aparentes beneficios a la comunidad, desde una higienización social hasta la obtención de ingresos económicos, pero es necesario un proceso de integración entre gobernados y autoridad, para no excluir a los habitantes del barrio en los proyectos y, de esta manera, se fomente la identidad, la participación y el compromiso de quienes viven su día a día en la problemática. Si hay un beneficio económico, social y cultural, sin duda alguna que los mismos habitantes colaboran para erradicar la violencia.

El sentido de las estéticas marginales también integra identidades y está sometida a los vaivenes políticos, de ahí que el espacio público continúa como soporte discursivo de las demandas sociales, pero también se convierte en objeto humanizado, vivo, transitado y, dependiendo de las esferas de autoridad que extienden su manto protector

sobre el espacio, lo convierte en escenografía artística o campo de poder y a los espectadores en consumidores no sólo de arte, sino también de instantes de transformación histórica.

El hecho de que El Cópore se haya integrado visualmente al paisaje de la ciudad permite a sus habitantes sentirse incluidos en la política gubernamental, además, el mural renueva el territorio, avala una identidad marginal histórica del barrio y les ofrece una nueva oportunidad de negociar en lo futuro, es decir, entrar al juego del reclamo, las demandas sociales, la política y el poder.

Finalmente, para lograr un estudio completo sobre las incidencias del arte en los paisajes urbanos de los sitios marginales en México, es necesario llevar a cabo investigaciones, que además de considerar la obra y el entorno físico, contemplen la recepción estética tanto del habitante como del espectador, actores que suelen ser olvidados en los estudios de arte urbano, pero que son de gran importancia en los procesos contemporáneos de consumo artístico, sobre todo, en una estética de la marginalidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los árbitros quienes contribuyeron a mejorar la estructura del artículo, a los editores de la revista por la publicación y a la Universidad Autónoma del Estado de México por brindar todas las facilidades y apoyo para llevar a cabo esta investigación.

REFERENCIAS

- Así sucede*. (2016, 16 de abril). Importantes avances en el mural de Toluca. *Así sucede*. Disponible en <https://asisucedec.com.mx/28342-2/>
- Azuela, A. (1999). "Vasconcelos: educación y artes. Un proyecto de cultura nacional" en E. Vargaslugo, J. Álvarez Noguera, M. del C. Maquivar, & A. Azuela, *Antiguo Colegio de San Ildefonso. México: Patronato del Antiguo Colegio de San Ildefonso*.
- Briceño, M., Contreras, M. y Wilver, M. (2012). Atributos eco-estéticos del paisaje urbano. *Revista Luna Azul*, 34, 26-49. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3217/321727348003>
- Colafranceschi, D. (2007). *Landscape + 100 palabras para habitarlo*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Dalmazzo, F. y Pulgar, P. (2018). Materiales para una estética de la marginalidad. Pornomiseria, signos marginales y subjetividad. *Arte y políticas de identidad*. Disponible en <https://revistas.um.es/reapi/article/view/359801/256751>
- El Sol de Toluca*. (2019). ¿Conoces los barrios históricos de Toluca? *El Sol de Toluca*.
- Hernández, R. (2014). *Historia, significación y recepción estética de la intervención artística de Leopoldo Flores en el Estadio Universitario Alberto "Chivo" Córdova*. México: UAEM.
- Juanes, J. (2010). *Territorios del arte contemporáneo. Del arte cristiano al arte sin fronteras*. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad Michoacana de San Nicolás
- Miranda, R. (2017, 22 de septiembre). "Satanizado" el barrio de El Cópore. *El Sol de Toluca*. p. 12.
- Montes, A. (2003). La riqueza de la pobreza: una estética de lo disponible. Las crónicas de Carlos Monsiváis y la mirada doble en torno a la cultura popular. *Memoria académica*. V Congreso Internacional Orbis Tertius de Teoría y Crítica Literaria. La Plata. Disponible en http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.30/ev.30.pdf



El uso de la energía y la contaminación atmosférica. Caso de estudio: Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia), 2015

Echeverri Londoño, Carlos Alberto

El uso de la energía y la contaminación atmosférica. Caso de estudio: Valle de Aburrá
(Antioquia, Colombia), 2015

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | e171

Ciencias de la Tierra y la Atmósfera

Universidad Autónoma del Estado de México, México

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



Echeverri Londoño, C. A. (2022). El uso de la energía y la contaminación atmosférica. Caso de estudio: Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia), 2015. CIENCIA *ergo-sum*, 29(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a5>

El uso de la energía y la contaminación atmosférica. Caso de estudio: Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia), 2015

The use of energy and air pollution. Case study: Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia), 2015

Carlos Alberto Echeverri Londoño
Universidad de Medellín, Colombia
cecheverri@udemedellin.edu.co

 <http://orcid.org/0000-0001-8849-6896>

Recepción: 18 de enero de 2021

Aprobación: 6 de mayo de 2021

RESUMEN

Se tiene como objetivo cuantificar las formas de energía que alimentan al Valle de Aburrá, así como caracterizar la generación de contaminantes. Se emplearon los poderes caloríficos de los combustibles para estimar el suministro de energía que estos aportan y factores de emisión de contaminantes a la atmósfera. En el caso del Valle de Aburrá se comprueba que el suministro actual en energía se apoya en un 81.4% en recursos no renovables. Los sectores transporte e industrial son los mayores consumidores de energía con una participación del 45.4% y 34.9 % del total de la energía consumida en el valle. El sector transporte es el principal responsable de la emisión de contaminantes a la atmósfera.

PALABRAS CLAVE: balance de energía, ecosistema urbano, contaminación atmosférica.

ABSTRACT

The objective is to quantify the forms of energy that feed the Aburrá Valley, as well as to characterize the generation of pollutants. The calorific values of the fuels were used to estimate the energy supply they provide and emission factors to estimate the emission of pollutants into the atmosphere.. In the case of Valle de Aburrá, the current energy supply is based on 81,4% of non-renewable resources. The transport and industrial sectors are the largest consumers of energy, with a participation of 45,4% and 34,9% of the total energy consumed in the Aburrá Valley. The transport sector is the main responsible for the emission of pollutants into the atmosphere.

KEYWORDS: energy balance, urban ecosystem, atmospheric pollution.

INTRODUCCIÓN

El Valle de Aburrá se puede considerar como un ecosistema urbano, pues es un sistema funcional con biocenosis (población humana compuesta por poblaciones de animales y vegetales reducidas), cuenta con un clima particular y posee un metabolismo (flujo de energía y de materiales), es decir, es un complejo sistema termodinámico abierto al ambiente. Es abierto porque para funcionar necesita energía y materiales que puede asimilar (metabolismo), además de que está constituido de partes que realizan diferentes funciones. El metabolismo urbano determina nuestras exigencias de materias primas y el impacto que su empleo tiene en la biósfera, además de ayudarnos a comprender las relaciones entre estos materiales y los procesos sociales.

Todas las actividades humanas implican el uso de cierta cantidad de energía. Este hecho supone toda una serie de efectos sobre el ambiente que abarcan desde su origen hasta su transporte y consumo. Sin hacer un inventario completo de los problemas que la utilización de la energía plantea al ambiente, sí es posible citar a los principales tipos de energía empleados. La combustión del carbón y de algunos combustibles derivados del petróleo como la gasolina y el diésel produce dióxido de azufre (SO₂), un contaminante que significa un riesgo para la salud y los ecosistemas. El diésel también es clave en la producción de material particulado (PM por sus siglas en inglés). La combustión de la gasolina en los motores de los vehículos libera hacia la atmósfera óxidos de nitrógeno (NO_x)

e hidrocarburos, ambos precursores de los oxidantes fotoquímicos como el ozono (O_3). Lo anterior sin contar con los efectos climáticos debido al aumento en la concentración del dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera, el cual también está ligado a la combustión de combustibles fósiles.

El balance de energía en un ecosistema urbano es una herramienta valiosa para identificar todos los factores determinantes para su funcionamiento y para analizar las relaciones existentes entre la población y el ambiente. Si se hace esto, es posible demostrar cómo funciona un ecosistema urbano y precisar mejor las relaciones entre las ciudades y los territorios en donde están situadas (Deleage y Souchon, 1991).

Un ecosistema urbano no puede funcionar sin una fuente permanente de energía. Haciendo un balance de materia y energía, perspectiva integradora para el estudio del funcionamiento de un ecosistema urbano, se pueden cuantificar las formas de energía y materia que alimentan el sistema, así como caracterizar la generación de contaminantes. Para que sean útiles, los balances de materia y energía deben estar obligatoriamente contruados de acuerdo con los principios de conservación de la materia y la energía.

En el siguiente apartado se expone la composición de la canasta energética del Valle de Aburrá durante 2015 y las emisiones atmosféricas ocasionadas por el consumo de dichas fuentes de energía a partir de la aplicación de balances de materia y energía. La energía eléctrica, la gasolina, el diésel, el gas natural, el petróleo crudo y el carbón fueron las principales fuentes que alimentaron el sistema del Valle de Aburrá durante 2015. La energía que aportaron se distribuye en cuatro sectores: industrial, comercial, residencial y transporte.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvo, procesó y analizó información secundaria obtenida del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), del Área Metropolitana Valle de Aburrá (AMVA), el Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUISPD), Secretaría de Tránsito y Transporte y del Metro de Medellín (de la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Ltda).

La estimación del consumo de combustibles, a excepción del gas natural, se hizo teniendo en cuenta los pronósticos de crecimiento económico, de la población y del uso de nuevas tecnologías. Los resultados de este análisis constituyen el escenario base sobre el cual se estima el consumo de energía y parte de las emisiones de los contaminantes atmosféricos en el Valle de Aburrá.

La estimación de las emisiones a la atmósfera se hizo a través de factores aplicados en el ámbito internacional (U.S. EPA, 2017), los cuales representan la relación entre la cantidad de un contaminante descargado a la atmósfera y una actividad asociada a éste. En este caso, es el consumo de combustibles en condiciones que pueden considerarse típicas o por lo menos características de la tendencia media de generación de contaminantes atmosféricos por el uso de un combustible (Molina *et al.*, 2003).

Para estimar el suministro de energía aportado por los combustibles se recurrió a su poder calorífico, que es la cantidad que constituye el calor liberado debido a la combustión completa del combustible por unidad de masa o volumen.

2. RESULTADOS

2. 1. Características del Valle de Aburrá

El Valle de Aburrá está conformado por diez municipios: Caldas, Sabaneta, La Estrella, Itagüí, Envigado, Medellín, Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa. Tiene una extensión de 1 129 km² de los cuales el 70% corresponde a zonas rurales y el 30% a zonas urbanas (DANE, 2017). De acuerdo con la proyección por parte del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, para 2015 se reportan 3 866 165 habitantes, lo cual corresponde aproximadamente al 58% de la población del departamento de Antioquia (cuadro 1).

CUADRO 1
Distribución de la población en el Valle de Aburrá en 2015

Municipio	Habitantes	Población (%)	Área (km ²)
Barbosa	50 052	1.3	208
Sabaneta	51 860	1.4	15
Girardota	54 240	1.4	78
La Estrella	62 348	1.7	35
Copacabana	70 169	1.9	70
Caldas	77 847	2.1	133
Envigado	222 455	5.9	50
Itagüí	267 851	7.1	17
Bello	455 865	12.1	142
Medellín	2 464 322	65.2	381
Total	3 777 009	100.0	1 129

Fuente: DANE (2017).

Los factores que afectan la calidad del aire en el Valle de Aburrá están definidos. Además de las emisiones diarias que realizan las fuentes fijas y móviles, hay otros factores como la topografía y las condiciones meteorológicas que hacen que periódicamente tengan lugar episodios críticos de calidad del aire (SIATA, 2021). La configuración del valle ubicado en un entorno montañoso constituye una condición geográfica adversa para la circulación horizontal de las masas de aire, lo que sumado a condiciones de ventilación escasa (meteorología adversa) favorece la acumulación de contaminantes y dificulta su remoción (AMVA, 2021). En el Valle de Aburrá se evidencia un comportamiento típico anual de los niveles de contaminación del aire que es determinado por la meteorología. La transición entre la temporada seca y la primera temporada de lluvias acontece entre febrero y marzo y se caracteriza por la presencia de capas de nubes de baja altura que ocasionan la acumulación de contaminantes en la atmósfera. Durante este fenómeno, se registran las concentraciones más altas de PM del año (PM₁₀ y PM_{2.5}). Del mismo modo, sucede la segunda transición de temporada de lluvia a temporada seca entre octubre y noviembre, época en la que se registra de nuevo un incremento de las concentraciones de PM (AMVA, 2021). Algunas características de la temporada de transición que pueden ocasionar episodios críticos de calidad del aire son nubes de baja altura, aumento de la humedad relativa en la tropósfera y la baja incidencia de la radiación solar en la superficie de la tierra (SIATA, 2021).

Las condiciones meteorológicas desfavorables para la dispersión de PM, sumadas a la continua emisión de contaminantes por parte de fuentes fijas y móviles, dan como resultado un aumento significativo en las concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀ y, como consecuencia, un Índice de Calidad del Aire (ICA) dañino a la salud en todas las estaciones de representatividad poblacional que están instaladas a lo largo del Valle de Aburrá (SIATA, 2021).

De acuerdo con los datos proporcionados por la Secretaría de Tránsito y Transporte de los diferentes municipios del Valle de Aburrá, en 2015 el parque automotor estaba conformado por 1 204 273 vehículos, de los cuales la mayoría son motocicletas y automóviles (cuadro 2) (AMVA-UPB, 2017).

En 2015 el Valle de Aburrá contaba con 432 empresas que emitían contaminantes a la atmósfera y que tenían 1 448 fuentes de emisión (cuadro 3). Se observa que en Medellín e Itagüí se encontraban el 72% de las empresas y el 60% de las fuentes de emisión. Las demás empresas y fuentes se distribuyen en los ocho municipios restantes, donde se destaca que las seis empresas que se encontraban ubicadas en Girardota contaban con 143 fuentes de emisión (AMVA-UPB, 2017).

CUADRO 2
Vehículos registrados en el Valle de Aburrá para 2015

Categoría vehicular	Total	Porcentaje (%)
Automóviles	481 219	40.0
Taxis	45 968	3.8
Buses	19 244	1.6
Camiones	27 101	2.3
Motocicletas dos tiempos	19 765	1.6
Motocicletas cuatro tiempos	599 541	49.8
Metroplús	394	0.0
Tractocamiones	7 105	0.6
Volquetas	3 936	0.3
Total	1 204 273	100.0

Fuente: AMVA-UPB (2017).

CUADRO 3
Empresas y fuentes fijas de emisión por municipio para 2015

Municipio	Empresas	Fuentes
Barbosa	3	17
Sabaneta	33	150
Girardota	6	143
La Estrella	30	109
Copacabana	18	46
Caldas	6	32
Envigado	7	11
Itagüí	122	349
Bello	19	67
Medellín	188	524
Total	432	1 448

Fuente: AMVA-UPB (2017).

2. 2. Canasta energética del Valle de Aburrá

2. 2. 1. Energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica en el Valle de Aburrá para 2015 fue de 17 790.3 TJ. El 43% de la energía eléctrica se usó en el sector residencial y el 23.2% en el sector industrial. Medellín, debido a su extensión y población, utilizó el 61.8% del total de la energía eléctrica consumida en el Valle de Aburrá en 2015 (cuadro 4).

Aunque la energía eléctrica puede considerarse, en general, como una forma limpia de energía, pues no emite contaminantes a la atmósfera al momento de su consumo, es necesario señalar que su producción implica grandes impactos ambientales, muchos de ellos altamente negativos en las zonas donde se localizan los embalses. De esta forma, puede decirse que en lo que respecta a esta elemental fuente de energía, el Valle de Aburrá desplaza por fuera de los límites del sistema los efectos negativos de su requerimiento energético (Molina *et al.*, 2003).

CUADRO 4
Consumo de energía eléctrica en el Valle de Aburrá para 2015

Municipio	Consumo de energía eléctrica (TJ/año)				Total	Porcentaje (%)
	Residencial	Industrial	Comercial y otros	Transporte		
Barbosa	86.9	186.1	43.3	0.0	316.3	1.8
Sabaneta	160.4	293.4	124.2	0.0	578.0	3.2
Girardota	92.7	352.0	32.3	0.0	477.0	2.7
La Estrella	114.1	310.4	67.3	0.0	491.8	2.8
Copacabana	157.1	144.6	66.9	0.0	368.6	2.1
Caldas	143.6	94.2	53.8	0.0	291.5	1.6
Envigado	557.8	292.1	391.1	12.5	1 253.5	7.0
Itagüí	497.8	613.9	378.2	6.2	1 496.1	8.4
Bello	815.0	253.2	434.2	18.7	1 521.2	8.6
Medellín	5 019.6	1 578.9	4 161.0	236.9	10 996.3	61.8
Total	7 645.0	4 118.7	5 752.3	274.3	17 790.3	100.0
Porcentaje (%)	43.0	23.2	32.3	1.5	100.0	

Fuente: SUISPD (2017); Metro de Medellín (2017).

Nota: en “otros” se incluye el sector oficial, el alumbrado público y el consumo de empresas públicas de Medellín. El consumo de energía en el sector transporte se estimó con base en lo reportado por Metro de Medellín (2017).

2. 2. 2. Combustibles

A diferencia de la gasolina que se consume casi en exclusivo en el sector transporte, el diésel responde a las demandas energéticas tanto del sector industrial como del sector transporte. Aproximadamente, el sector industrial consume el 31.9% del diésel y el sector transporte el 68.2%. El uso del petróleo crudo y el carbón tiene en exclusivo un uso industrial, mientras que el gas natural se consume en todos los sectores.

El cuadro 5 muestra el consumo de gas natural en el Valle de Aburrá para 2015. El 56.7% del gas natural se usó en el sector residencial y el 26.1% en el sector industrial. Medellín es el municipio que más consumió gas natural (58.4%). El consumo de gas natural vehicular (GNV) para el sistema Metroplús durante 2015 fue de 3 698 953.24 m³, de los cuales el 64% fue consumido por los autobuses padrones y 36% restante por los autobuses articulados. En el sector comercial y otros del cuadro 5 se incluye el consumo de gas natural de los buses de Metroplús.

CUADRO 5
Consumo de gas natural en el Valle de Aburrá para 2015

Municipio	Consumo de gas natural (miles de m ³ /año)			Total	Porcentaje (%)
	Residencial	Industrial	Comercial y otros		
Barbosa	618.4	436.7	257.4	1 312.5	0.6
Sabaneta	2 708.4	3 672.5	968.1	7 349	3.4
Girardota	1 169.2	3 187.1	285.7	4 642	2.2
La Estrella	1 703.3	4 167.4	1 090.9	6 961.6	3.2
Copacabana	2 122.4	3 280.0	504.6	5 907.0	2.7
Caldas	2 123.9	555.1	662.7	3 341.7	1.5
Envigado	10 043.6	2 007.6	1 951.4	14 002.6	6.5
Itagüí	8 561.8	14 746.3	2 995.9	26 304.0	12.2
Bello	13 368.5	4 339.6	2 101.8	19 809.9	9.2
Medellín	79 795.3	19 978.1	26 211.0	125 984.4	58.4
Total	122 214.7	56 370.3	37 029.5	215 614.6	100.0
Porcentaje (%)	56.7	26.1	17.2	100.0	

Fuente: SUISPD (2017).

El cuadro 6 exhibe la cantidad de combustibles que entraron al Valle de Aburrá para 2015. Los datos de la gasolina, el diésel y GNV se sacaron del inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá (actualización 2015) y los de gas natural y gas licuado de petróleo (GLP) del SUISPD. El resto de los energéticos se obtuvo por medio de proyecciones del consumo de estos combustibles en años anteriores.

CUADRO 6
Consumo de combustibles en el Valle de Aburrá para 2015

Combustible	Unidad de medida	Consumo
Gasolina	Miles de galones	180 678.7
Diésel	Miles de galones	168 073.0
Carbón	Toneladas	455 848.3
Petróleo crudo	Miles de galones	384 535.23
GLP	Miles de galones	6 265.9
Gas natural	Miles de m ³	215 614.6
<i>Kerosene</i>	Miles de galones	23 753.6
Fueloil	Miles de galones	9 741.8
Madera	Toneladas	13 256.2

Fuente: SUISPD (2017); AMVA-UPB (2017); estimaciones propias.

El cuadro 7 exhibe la energía aportada por el consumo del gas natural, mientras que el cuadro 8 la canasta energética en el Valle de Aburrá para 2015. Para estimar el suministro de energía aportado por los combustibles se empleó su poder calorífico, los cuales fueron obtenidos de Çengel y Boles (2012), Smith *et al.* (1996) y Sonntag y Borgnakke (2003). Las necesidades energéticas del Valle de Aburrá se han venido elevando porque hoy se requiere más energía que antes para el transporte de personas y de mercancías, para la producción de bienes y servicios y para una mejor calidad de vida de la población. Es decir, depende del aumento de la población y del crecimiento de las actividades económicas.

CUADRO 7
Energía aportada por el consumo del gas natural en el Valle de Aburrá para 2015

Municipio	Consumo de energía a través del gas natural (TJ/año)			Total	Porcentaje (%)
	Residencial	Industrial	Comercial y otros		
Barbosa	19.0	13.5	7.9	40.4	0.6
Sabaneta	83.4	113.1	29.8	226.3	3.4
Girardota	36.0	98.2	8.8	143.0	2.2
La Estrella	52.5	128.4	33.6	214.4	3.2
Copacabana	65.4	101.0	15.5	181.9	2.7
Caldas	65.4	17.1	20.4	102.9	1.5
Envigado	309.3	61.8	60.1	431.3	6.5
Itagüí	263.7	454.2	92.3	810.2	12.2
Bello	411.8	133.7	64.7	610.1	9.2
Medellín	2 457.7	615.3	807.3	3 880.3	58.4
Total	3 764.2	1 736.2	1 140.5	6 640.9	100.0
Porcentaje (%)	56.7	26.1	17.2	100.0	

Fuente: SUISPD (2017).

Nota: en "otros" se incluye el sector oficial y especial.

CUADRO 8
Entradas de energía en el Valle de Aburrá para 2015

Fuente de energía	Energía (TJ/año)	Porcentaje (%)
Energía eléctrica	17 790.3	18.6
Gasolina	21 957	22.9
Diésel	27 072.6	28.2
Carbón	12 396.4	12.9
Petróleo crudo	1 446.2	1.5
GLP	591.5	0.6
Gas natural	9 486.9	9.9
<i>Kerosene</i>	3 358.5	3.5
Fueloil	1 541.7	1.6
Madera	222	0.2
Total	95 863.1	100

Fuente: elaboración propia.

Nota: el gas natural incluye el GNV.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá demuestra una clara dependencia de los combustibles. El consumo por tipo de fuente indica que el petróleo sigue siendo la mayor fuente de energía que aporta a la canasta energética del Valle de Aburrá a través de sus derivados (diésel y gasolina), seguido de la electricidad y el carbón. Los combustibles aportaron el 81.4% de la energía consumida en el Valle de Aburrá y la energía eléctrica tan sólo el 18.6%. La gasolina aporta el 22.9% y el diésel el 28.2%.

Los cuadros 9, 10, 11 y 12 dan a conocer la distribución en el uso de la energía para los sectores residencial, comercial, industrial y transporte en el Valle de Aburrá para 2015, respectivamente. La energía eléctrica continúa siendo la fuente principal de energía en los sectores residencial (63.7%) y comercial (83.5), seguido del gas natural (31.4 y 16.5%). En apariencia el sistema metro no ha tenido un efecto decisivo sobre la canasta energética del Valle de Aburrá.

CUADRO 9
Distribución de la energía en el sector residencial para 2015

Fuente de energía	Energía (TJ/año)	Porcentaje (%)
Energía eléctrica	7 645.0	63.7
Gas natural	3 764.2	31.4
GLP	591.5	4.9
Total	12 000.7	100.0

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 10
Distribución de la energía en el sector comercial para 2015

Fuente de energía	Energía (TJ/año)	Porcentaje (%)
Energía eléctrica	5 752.3	83.5
Gas natural	1 140.5	16.5
Total	6 892.8	100.0

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 11
Distribución de la energía en el sector industrial para 2105

Fuente de energía	Energía (TJ/año)	Porcentaje (%)
Energía eléctrica	4 118.7	12.3
Diésel	8 622.6	25.8
Carbón	12 396.4	37.1
Petróleo crudo	1 446.2	4.3
Gas natural	1 736.2	5.2
<i>Kerosene</i>	3 358.5	10.0
Fueloil	1 541.7	4.6
Madera	222.0	0.7
Total	33 442.3	100.0

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 12
Distribución de la energía en el sector transporte para 2015

Fuente de energía	Energía (TJ/año)	Porcentaje (%)
Energía eléctrica	274.3	0.6
Gasolina	21 957.0	50.4
Diésel	18 450.0	42.4
Gas natural vehicular	2 846.0	6.5
Total	43 527.3	100.0

Fuente: AMVA-UPB (2017).

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá el transporte sigue apoyándose más que nada en el consumo de combustibles derivados del petróleo. El sector transporte depende sobre todo de la gasolina (50.4%) y el diésel (42.4%), mientras que el sector industrial del carbón (37.1%) y el diésel (25.8%).

2. 2. 3. Canasta energética del Valle de Aburrá

El cuadro 13 presenta la distribución en el uso de la energía para los sectores residencial, comercial, industrial y transporte en el Valle de Aburrá. En 2015 se consumieron 95 863.1 TJ en los diferentes sectores, donde los sectores transporte (45.4%) e industrial (34.9) fueron los que más demanda de energía tuvieron.

CUADRO 13
Distribución de la energía por sectores en el Valle de Aburrá para 2015

Sector	Energía (TJ/año)	Porcentaje (%)
Residencial	12 000.7	12.5
Comercial	6 892.8	7.2
Transporte	43 527.3	45.4
Industrial	33 442.3	34.9
Total	95 863.1	100.0

Fuente: elaboración propia.

2. 3. El origen y uso de la energía y su relación con la contaminación del aire

El uso de los combustibles tanto en el sector industrial como en el de transporte es la principal fuente de emisión de contaminantes atmosféricos en el Valle de Aburrá. El aprovechamiento de combustibles derivados del petróleo (gasolina y diésel) provoca diversos contaminantes como monóxido de carbono, PM, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. El carbón y el petróleo crudo, usados en su mayoría por la industria, generan emisiones de partículas y óxidos de azufre (Molina *et al.*, 2003).

El cuadro 14 precisa la emisión de contaminantes criterio en los sectores residencial y comercial para 2015. La estimación de las emisiones a la atmósfera se hizo a través de factores de emisión de U.S. EPA (2017). La emisión de contaminantes en estos sectores se debió sobre todo al uso de gas natural.

El cuadro 15 muestra la emisión de contaminantes criterio por categoría vehicular en el sector transporte para 2015. Se observa que los camiones son la principal fuente de NO_x y PM_{2.5}, pues suministran el 31% y 36% del total de las emisiones de estos contaminantes respectivamente. Se destaca también el aporte que realizan las volquetas a este último contaminante. A su vez, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) son dominadas por las motocicletas de cuatro tiempos con un 37%, mientras que los automóviles son las principales fuentes de emisión de CO y SO_x (contribuyen con el 37% y 59% respectivamente) debido a su número y a que la mayoría recurre a la gasolina como combustible, la cual tiene un porcentaje más elevado de azufre que el diésel (AMVA-UPB, 2017).

CUADRO 14
Emisión de contaminantes criterios en el sector residencial y comercial para 2015

Sector	Emisión (ton/año)					Porcentaje (%)	
	CO	NOx	SOx	COV	PST		Total
Residencial	44.5	226.8	1.2	17.6	24.7	314.8	79.3
Comercial	11.8	59.2	0.4	4.7	5.9	82.1	20.7
Total	56.4	286.1	1.6	22.4	30.6	397.0	100.0
Porcentaje (%)	14.2	72.1	0.4	5.6	7.7	100.0	

Fuente: elaboración propia.

Nota: COV = compuestos orgánicos volátiles; PST = partículas suspendidas totales.

CUADRO 15
Emisión de contaminantes criterio por categoría vehicular en el sector transporte para 2015

Categoría	Emisión (ton/año)					Porcentaje	
	CO	NOx	SOx	COV	PM _{2.5}	Total	(%)
Autos	61 348.0	3 928.0	189.0	3 247.0	113.0	68 825.0	34.8
Taxis	2 523.0	760.0	41.0	134.0	30.0	3 488.0	1.8
Buses	14 052.0	3 722.0	24.0	1 224.0	149.0	19 171.0	9.7
Camiones	60 658.0	4 688.0	19.0	3 115.0	538.0	69 018.0	34.9
Metroplús	57.0	2.0	0.0	0.0	0.0	59.0	0.0
Tractocamiones	373.0	413.0	1.0	73.0	23.0	883.0	0.4
Volquetas	1 288.0	1 034.0	3.0	254.0	394.0	2 973.0	1.5
Motocicletas dos tiempos	1 782.0	2.0	1.0	772.0	17.0	2.574	1.3
Motocicletas cuatro tiempos	24 857.0	468.0	44.0	5 092.0	233.0	30 694.0	15.5
Total	166 938.0	15 017.0	322.0	13 911.0	1 497.0	197 685.0	100.0
Porcentaje (%)	84.4	7.6	0.2	7.0	0.8	100.0	

Fuente: AMVA-UPB (2017).

Nota: COV = compuestos orgánicos volátiles.

Destaca también la contribución de los automóviles y buses a la emisiones de NO_x, así como de las emisiones de SO_x provenientes de las motocicletas de cuatro tiempos y taxis. Asimismo, se resalta la participación de los automóviles y los camiones en las emisiones de COV (AMVA-UPB, 2017).

Los camiones, siendo una de las categorías con menor cantidad de vehículos, son la principal fuente de emisión de contaminantes, en especial de PM_{2.5} (538 ton/año). Esto se debe en especial a la edad del parque automotor, puesto que existen vehículos con más años de antigüedad que el promedio de las demás categorías (AMVA-UPB, 2017).

Las emisiones por tipo de combustible se encuentran en el cuadro 16. Se observa que la gasolina es la principal fuente responsable de las emisiones de CO, SO_x y COV, con un 65%, 87% y 82% respectivamente. El diésel es la principal fuente de NO_x y PM_{2.5} con un 69% y 80% de las emisiones de estos contaminantes. El GNV por su parte hace una contribución clave a las emisiones de CO con un 29% (AMVA-UPB, 2017).

CUADRO 16

Emisión de contaminantes criterio por tipo de combustible en el sector transporte para 2015

Combustible	Emisión (ton/año)					Porcentaje (%)	
	CO	NOx	SOx	COV	PM2.5		
Gasolina	108 913.0	4 060.0	279.0	11 452.0	282.0	124 986.0	63.2
Diésel	10 323.0	10 287.0	40.0	2 206.0	1 202.0	24 058.0	12.2
GNV	47 703.0	669.0	3	253.0	12.0	48 640.0	24.6
Total	166 939.0	15 016.0	322.0	13 911.0	1 496.0	197 784.0	100.0
Porcentaje (%)	84.4	7.6	0.2	7.0	0.8	100.0	

Fuente: AMVA-UPB (2017).

Las características particulares de los motores a gasolina y de los motores diésel hacen que los primeros muestren una eficiencia menor respecto a los segundos. Esto redundará en una combustión menos completa y de ahí que las emisiones de CO sean superiores en la gasolina, pues los motores diésel consiguen transformar mejor el carbono del combustible en CO₂. Esto también se debe a que en los motores a gasolina la combustión se realiza por medio de una chispa ocasionada por una bujía, lo cual hace que la eficiencia de la combustión dependa de la sincronización de los tiempos del motor y del octanaje del combustible, la cual, si no es la adecuada, causará una ignición fuera de tiempo, que va en detrimento del objetivo de conseguir una combustión lo más cercana posible a la ideal (AMVA-UPB, 2017).

De igual forma, las mayores emisiones de COV por parte de la gasolina se deben a que está compuesta por elementos más volátiles que el diésel y a que además le son adicionados otros compuestos para mejorar su octanaje y así evitar los problemas ya mencionados. Por otra parte, la gasolina que se consume en el Valle de Aburrá tiene un máximo de 300 ppm de azufre, frente al diésel que cuenta con menos de 50 ppm; esto explica que las emisiones de SO_x sean también dominadas por la gasolina (AMVA-UPB, 2017).

Ahora bien, pese a que los motores diésel tienen mayor eficiencia que los motores a gasolina, presentan zonas más ricas en combustible que otras, como consecuencia de que no hay una mezcla previa de éste con el aire. De esta forma, hay zonas con combustible que no alcanzan a quemarse por completo y ello conduce a la formación de PM; asimismo, hay zonas de altas temperaturas en donde el nitrógeno del aire se oxida y se desencadenan elevadas concentraciones de NO_x (AMVA-UPB, 2017).

En resumen, el hecho de que el GNV sea responsable del 29% de las emisiones de CO se debe a que muchos de los vehículos que funcionan con este combustible lo hacen también con gasolina; es decir, sus motores no fueron diseñados para trabajar con gas, lo cual conduce también a una combustión incompleta (AMVA-UPB, 2017).

El cuadro 17 especifica la emisión de contaminantes criterio (excepto el O₃) y COV, el cual está distribuido por municipios en el sector industrial para 2015 en el Valle de Aburrá. Se observa que la ciudad de Medellín realiza los mayores aportes de CO y COV, mientras que Itagüí lo hace con los SO_x. Es trascendental también el papel de Envigado en las emisiones de NO_x y el de Girardota en las de PM.

CUADRO 17
Emisiones de contaminantes criterio en el sector industrial para 2015

Municipio	Emisión (ton/año)						Porcentaje (%)
	CO	NO _x	SO _x	COV	PST	Total	
Barbosa	130.2	119.2	141.6	6.8	149.7	547.5	4.1
Sabaneta	93.3	161.6	77.9	202.9	133.9	669.6	5.0
Girardota	852.7	373.1	625.5	23.6	1 064.5	2 939.4	21.9
La Estrella	90.5	119.1	62.3	5.3	71.9	349.1	2.6
Copacabana	414.9	57.4	111.3	240.9	73.7	898.2	6.7
Caldas	17.9	20.8	5.6	1.1	23.2	68.6	0.5
Envigado	309.9	662.4	127.1	17.1	61.6	1 178.1	8.8
Itagüí	360.1	655.2	1 010.8	360.6	397.4	2 784.1	20.7
Bello	65.0	510.7	755.4	6.5	44.5	1 382.1	10.3
Medellín	898.5	312.9	172.2	903.5	333.9	2 621.0	19.5
Total	3 233	2 992.4	3 089.7	1 768.3	2 354.3	13 437.7	100.0
Porcentaje (%)	24.1	22.3	23.0	13.2	17.5	100.0	

Fuente: AMVA-UPB (2017).

Nota: para Colombia los contaminantes criterio están definidos en la Resolución 2254 del 1 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Estos incluyen al ozono (O₃), pero por tratarse de un contaminante secundario no se incluyó en este cuadro. Por otro lado, los contaminantes criterio no integran a los compuestos orgánicos volátiles, pero por tratarse de un contaminante primario sí se incluyó en este cuadro. COV = compuestos orgánicos volátiles; PST = partículas suspendidas totales.

El cuadro 18 y la gráfica 1 muestran la emisión distribuida por sectores de contaminantes criterio en el Valle de Aburrá para 2015. El sector transporte aparece como el principal responsable de la emisión de contaminantes criterio en el Valle de Aburrá con un 93.5%, cantidad muy superior a la del sector industrial. La participación del sector transporte en la contaminación atmosférica indica en la actualidad una tendencia al aumento debido al alto crecimiento del parque automotor en los últimos años.

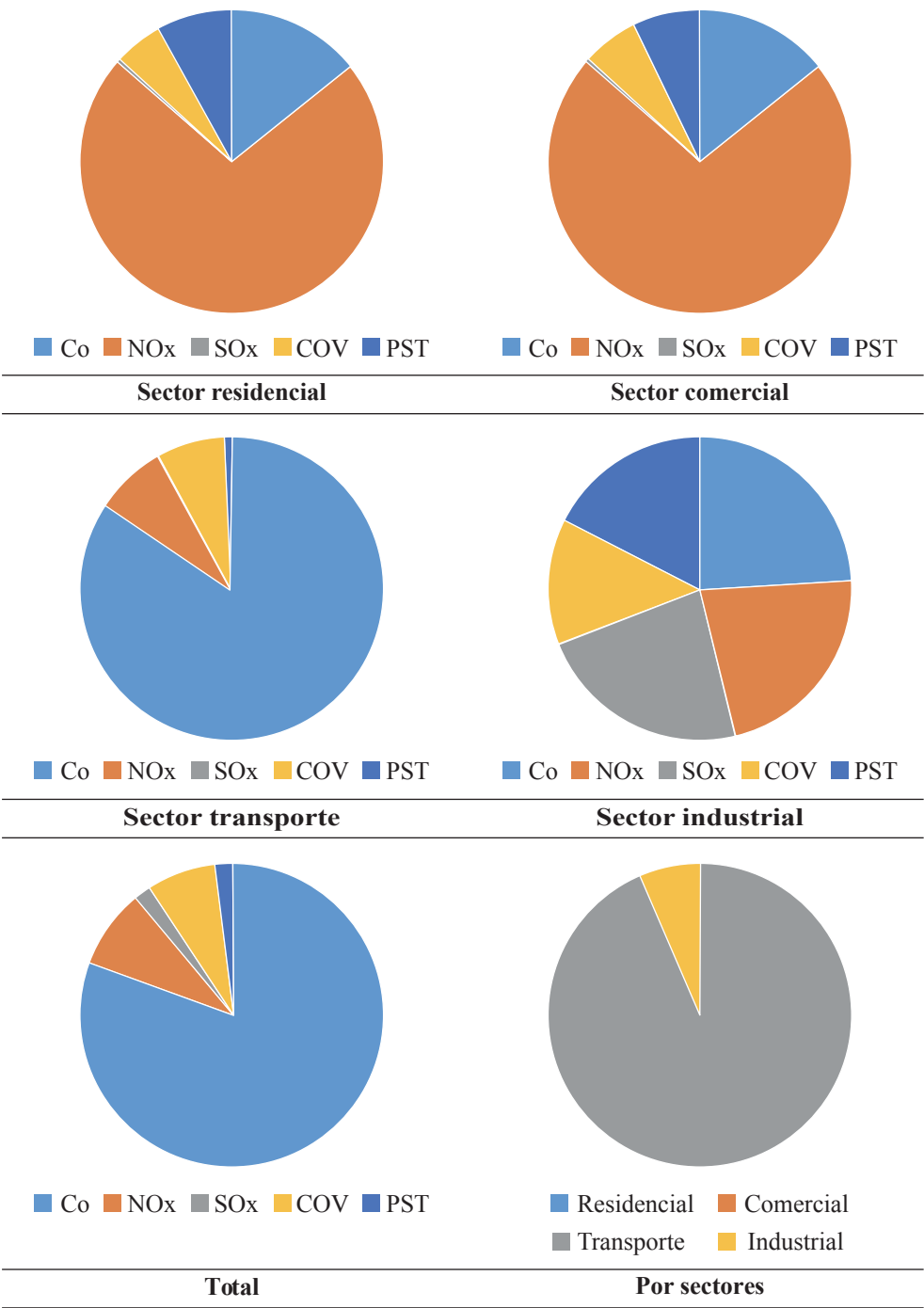
Para analizar el problema de la contaminación atmosférica en el Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia) y definir prioridades y estrategias de control se debe emplear un enfoque integrador que permita identificar y clasificar a los actores participantes. Nuestro actual modo de vida se basa en un modelo energético centrado en el consumo de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) y en el uso irracional de la energía. Esto tiene como consecuencia la emisión a la atmósfera de importantes cantidades de contaminantes, lo que se manifiesta como contaminación atmosférica en las principales ciudades. El modelo de generación, transporte y consumo actual de energía, que es dependiente en absoluto de los combustibles fósiles, es insostenible. Por lo tanto, una de las formas de actuar para limitar e impedir las graves consecuencias ambientales, sociales y económicas consiste en reducir el consumo de energía o sustituir los combustibles “sucios” que tienen una mayor participación, tales como la gasolina, el diésel y el carbón, los cuales podrían ceder una parte considerable de su aporte a fuentes de energía más “limpias”, como la energía eléctrica, eólica y solar.

CUADRO 18
Emisión de contaminantes criterio distribuido por sectores en el Valle de Aburrá para 2015

Sector	Emisión (ton/año)						Porcentaje (%)
	CO	NO _x	SO _x	COV	PST	Total	
Residencial	44.5	226.8	1.2	17.6	24.7	314.8	0.1
Comercial	11.8	59.2	0.4	4.7	5.9	82.1	0.0
Transporte	166 938.0	15 017.0	322.0	13 911.0	1 497.0	197 685.0	93.5
Industrial	3 233.0	2 992.4	3 089.7	1 768.3	2 354.3	13 437.7	6.4
Total	170 227.4	18 295.5	3 413.3	15 701.7	3 881.9	211 519.7	100.0
Porcentaje (%)	80.5	8.6	1.6	7.4	1.8	100.0	

Fuente: elaboración propia.

Nota: COV = compuestos orgánicos volátiles; PST = partículas suspendidas volátiles.



GRÁFICA 1

Emisión de contaminantes criterio distribuido por sectores en el Valle de Aburrá para 2015

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

El ecosistema urbano depende en su totalidad del mundo exterior para todos sus aprovisionamientos: alimentos, energía, materiales, etc. Depende también del exterior para exportar una parte de sus productos y más que nada para evacuar sus desechos. En los aspectos relativos a la energía, el carácter dependiente del ecosistema urbano se asienta con una agudeza particular en el hecho de que su funcionamiento se basa en esencia en la utilización

de combustibles. En el caso del Valle de Aburrá se comprueba que el suministro actual en energía se apoya en un 81.4% en los recursos no renovables (combustibles fósiles).

El Valle de Aburrá consume la mayor parte de la energía que necesita en el sector transporte (45.4%), seguido por el sector industrial (34.9%), el sector residencial (12.5%) y el sector comercial (7.2%). Esta distribución pone de manifiesto una característica del sistema, el cual consume la mayor parte de su energía en la movilización (transporte) y no en la producción. Esta característica contrasta con el comportamiento general de las metrópolis en donde el consumo mayoritario de energía se lleva a cabo en el sector primario de la economía (industria). Lo anterior revela, por un lado, la ineficiencia del sistema local de transporte, a excepción del sistema metro y del Metroplús que tienen un papel crucial en la movilidad del Valle de Aburrá y, por el otro, el tamaño hasta cierto punto pequeño del sector industrial local.

El Valle de Aburrá depende fundamentalmente de combustibles fósiles para su funcionamiento. La fuente de energía con mayor participación es el diésel con un 28.2% de la energía total consumida, le sigue la gasolina con un 22.9%, la energía eléctrica con un 18.6% y el carbón con el 12.9%. En consecuencia, las estrategias para prevenir y controlar la contaminación atmosférica deberían orientarse a la sustitución de los combustibles “sucios” que tienen una mayor participación, tales como la gasolina, el diésel y el carbón, los cuales podrían ceder una parte considerable de su aporte a fuentes de energía más “limpias”, como la energía eléctrica, eólica y solar.

En el Valle de Aburrá el sector transporte es el principal responsable de la emisión de contaminantes atmosféricos; sin embargo, se ha priorizado en el control de las fuentes industriales. Se requiere, por lo tanto, de una política agresiva de control a las emisiones provocadas por el parque automotor.

El modelo de generación, transporte y consumo actual de energía, que depende en absoluto de los combustibles fósiles, es insostenible. El sector transporte aparece como el principal responsable de la emisión de contaminantes a la atmósfera en el Valle de Aburrá con un 93.5% (197 685.0 ton/año), cantidad muy superior a la del sector industrial (13 437.7 ton/año, equivalente al 6.4%). Ante este panorama, se ve la necesidad de fortalecer el sistema de transporte público, desestimulando el uso de los vehículos particulares, que son más ineficientes en el uso de la energía y responsables del 34.8% de las emisiones de contaminantes atmosféricos dentro del sector transporte.

Al ejercer control y vigilancia sobre las fuentes que se valen del carbón en el sector textil, se haría gestión sobre un significativo porcentaje de las emisiones de contaminantes criterio provenientes de las fuentes fijas.

Aunque para 2015 el sistema metro llevaba 20 años de operación, su funcionamiento sólo representó el 0.6% del total de la energía consumida en el sector transporte, lo cual implica que la participación de este medio de transporte no ha sido suficiente como para introducir un cambio significativo en el comportamiento de la canasta energética para este sector.

No obstante, es crucial considerar el impacto del sistema metro de cara al crecimiento del parque automotor y, por lo tanto, al consumo de combustibles fósiles; es decir, la existencia del metro debe haber desestimulado en algo el crecimiento del parque automotor y de las emisiones atmosféricas debido al volumen considerable de personas transportadas con una fuente limpia y un uso más eficiente de la energía.

Agradecimientos

A la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Ltda y a los árbitros que contribuyeron a mejorar el artículo.

Referencias

AMVA (Área Metropolitana Valle de Aburrá). (2021). *Condiciones especiales del Valle de Aburrá. Factores que incrementan la contaminación en el valle*. Disponible en <https://www.metropol.gov.co/ambientales/calidad-del-aire/generalidades/condiciones-especiales>

- AMVA (Área Metropolitana Valle de Aburrá)-UPB (Universidad Pontificia Bolivariana). (2017). *Actualización de inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, actualización 2015*. Medellín: Área Metropolitana Valle de Aburrá. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Çengel, Y. A. y Boles, M. A. (2012). *Termodinámica* (séptima edición). México: McGraw Hill.
- Deleage, J. P. y Souchon, C. (1991). *La energía: tema interdisciplinar para la educación ambiental*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2017). *DANE. Información para todos*. Disponible en <https://www.dane.gov.co/>
- Metro de Medellín. (2017). *Metro de Medellín. Calidad de vida*. Medellín. Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Ltda. Disponible en <https://www.metrodemedellin.gov.co/>
- Molina, F., Saavedra, M. y Obregón, M. (2003). Balance energético y estimación de contaminantes atmosféricos emitidos en el Valle de Aburrá, 1999: una aproximación inicial. *Revista Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia*, 29, 45-57.
- SIATA (Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá). (2021). Disponible en https://siata.gov.co/sitio_web/index.php/noticia9
- SUISPD (Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios). (2017). Disponible en <https://sui.superservicios.gov.co/>
- Smith, J. M., Van Ness, H. C. y Abbott, M. M. (1996). *Introducción a la termodinámica en ingeniería química* (quinta edición). México: Mc Graw Hill.
- Sonntag, R. E., & Borgnakke, C. (2003). *Fundamentals of thermodynamics* (sixth edition). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (2017). *Air missions factor and quantification*. Retrieved from <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification>

CC BY-NC-ND



Efecto de los colorantes Sunset yellow y rojo Ponceau 4R en la esferificación inversa de un modelo de coctel

Escandell Comesaña, Jesús Vladimir; Mandiarote Casallas, Arlet; Zumbado Fernández, Héctor Manuel
Efecto de los colorantes Sunset yellow y rojo Ponceau 4R en la esferificación inversa de un modelo de coctel
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | e172

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.



Escandell Comesaña, J. V., Mandiarote Casallas, A. y Zumbado Fernández, H. M. (2022). Efecto de los colorantes Sunset yellow y rojo Ponceau 4R en la esferificación inversa de un modelo de coctel. CIENCIA *ergo-sum*, 29(3).
<http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a6>

Efecto de los colorantes Sunset yellow y rojo Ponceau 4R en la esferificación inversa de un modelo de coctel

Effect of Sunset Yellow and Red Ponceau 4R dyes on the reverse spherification of a cocktail model

Jesús Vladimir Escandell Comesaña

Universidad de La Habana, Cuba

jescandell@ifal.uh.cu

 <http://orcid.org/0000-0002-0035-4330>

Recepción: 20 de mayo de 2021

Aprobación: 16 de julio de 2021

Arlet Mandiarote Casallas

Universidad de La Habana, Cuba

arletmandiarotecasallas@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-8499-5900>

Héctor Manuel Zumbado Fernández

Universidad San Gregorio de Portoviejo, Ecuador, y Universidad de La Habana, Cuba

hzumbadof@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-4251-980X>

RESUMEN

Se evalúa el efecto de dos colorantes en la esferificación inversa de un modelo de coctel. Se obtienen esferas a partir de disoluciones de alginato de sodio, alginato de sodio + colorante Sunset yellow y alginato de sodio + colorante rojo Ponceau 4R, con proporciones de 0.6% m/v de alginato y 1.66% m/v de lactato de calcio; se pudieron incorporar ambos colorantes hasta una concentración de 0.15% m/v. Las disoluciones de alginato evidencian un comportamiento newtoniano con adecuada viscosidad y pueden conservarse entre 4 y 6 °C durante 28 días sin afectación del color. Las esferas se evalúan sensorialmente en la categoría “buena” y el tipo de colorante no influyó de manera significativa en la sinéresis hasta los 10 min de preparadas.

PALABRAS CLAVE: esferificación, alginato de sodio, colorantes.

ABSTRACT

The effect of two colorants on the reverse spherification of a cocktail model was evaluated. Spheres were obtained from solutions of sodium alginate, sodium alginate + Sunset Yellow dye and sodium alginate + Ponceau Red 4R dye, with proportions of 0.6% m/v of alginate and 1.66% w/v of calcium lactate, being able both colorants to be incorporated up to a concentration of 0.15% w/v. The alginate solutions showed Newtonian behavior with adequate viscosity and can be stored between 4 and 6 °C for 28 days without affecting the color. The spheres were sensorially evaluated in the ‘Good’ category and the type of dye did not significantly influence the syneresis of the spheres up to 10 min after preparation.

KEYWORDS: spherification, sodium alginate, food dye.

INTRODUCCIÓN

La gastronomía molecular ha dejado huella en el dominio de las texturas y los efectos ligados a su percepción. El término *textura* en este contexto se refiere a la sensación global percibida al ingerir un alimento, que es resultado de la integración de las diversas percepciones de los receptores sensoriales, en especial los del tacto.

Para obtener las diferentes texturas se utilizan sustancias que modifican las propiedades físicas de los alimentos y sus características mecánicas relacionadas con la deformación y el flujo (viscosidad, elasticidad, modificación de la temperatura, etc.). A estas sustancias se les denomina *sustancias texturizantes* (Barceló, 2016).

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

hzumbadof@gmail.com

La industria de materias primas alimentarias ha puesto a disposición de los restauradores una gran variedad de extractos de productos con propiedades gelificantes y espesantes, de los cuales destacan los hidrocoloides y emulsionantes tales como la xantana, metilcelulosa y agar-agar. Pero es 2003 el año que marca el nacimiento de la técnica que en la cocina se conoce como *esferificación*, la cual está basada en el uso de alginato de sodio a modo de gelificante parcial (Mans y Castells, 2011; Castells, 2013).

La esferificación permite encapsular un alimento en forma líquida por medio de la formación de una membrana fina que lo rodea y, así, se consiguen dos texturas en una misma elaboración. Cuando se ingieren las esferas, éstas se rompen en la boca liberando de forma “explosiva” todo el sabor y el alimento en el interior del paladar, lo que causa en el comensal una sensación muy agradable.

Dada su amplia aplicación en los productos líquidos, los amantes del bar no han tardado en poner esta técnica moderna al servicio de las bebidas que, sin embargo, no es la única a la que se recurre para estas matrices, ya que, tomando como base a la gastronomía molecular, tuvo lugar también el surgimiento de la mixología molecular con el fin de innovar también en la coctelería.

En el IFAL (Instituto de Farmacia y Alimentos) de la Universidad de La Habana se han desarrollado investigaciones orientadas al estudio científico del comportamiento de las esferificaciones (Pedroso, 2010; Borges, 2014; Barceló, 2016; Molina, 2018) y desde 2017 comenzaron indagaciones dirigidas a combinar el gelificante alginato de sodio con aditivos, así como a estudiar su influencia en la estabilidad de las esferas resultantes.

Este artículo se enmarca en esa línea investigativa con el objetivo de evaluar el efecto de dos colorantes empleados en la industria alimentaria en la esferificación inversa de un modelo de coctel.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se puso en marcha en el Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL) y en el Instituto de Investigación para la Industria Alimentaria (IIIA) con la cooperación del restaurante Atelier.

La Planta de Aromas del Instituto de Investigación para la Industria Alimentaria proporcionó los colorantes empleados (Sunset yellow y rojo Ponceau 4R), que además corresponden con la clasificación de colorantes sintéticos.

1. 1. Preparación de las disoluciones de alginato de sodio

La disolución de alginato de sodio se preparó con una concentración de 0.6% m/v y se siguió la metodología propuesta por Escandell *et al.* (2021). La disolución de la sal se logró con el uso de un homogeneizador T25 digital ULTRA-TURRAX de IKA a $15\,000\text{ min}^{-1}$. El tiempo de agitación fue de 10 min y se dejó reposar durante una hora para la expulsión total de las burbujas de aire introducidas durante el proceso de agitación.

1. 2. Preparación de las disoluciones de alginato de sodio con adición de los colorantes

Para evaluar el efecto de cada uno de los colorantes ensayados (Sunset yellow y rojo Ponceau 4R), se añadieron a las disoluciones de alginato 0.6% m/v, en cantidades de 0.10, 0.15, 0.20 y 0.25 g, hasta que se alcanzaran concentraciones equivalentes en porcentaje m/v, con vistas a determinar la proporción de colorante idónea y obtener las esferas más estables y llamativas para el consumidor. Se realizaron cinco réplicas para cada concentración ensayada.

1. 3. Diseño del modelo coctel y obtención de las esferas

Para obtener las esferas se empleó el método de esferificación inversa. Se diseñó un modelo de coctel compuesto por 8 g de azúcar, 45 mL de ron blanco y 195 mL de agua destilada, para un volumen total de 240 mL equivalente a un vaso de 8 oz, al que se le adicionó 4 g de lactato de calcio equivalente a una concentración de 1.66 % m/v (Escandell *et al.*, 2021).

El modelo de coctel se colocó, con ayuda de una pipeta, en un molde de silicona de 29.8 cm x 17.4 cm, provisto con 24 depresiones semiesféricas con un diámetro de 2.8 cm y una capacidad de 5 mL. Luego, se colocó el molde cargado en un congelador Dometic MF110S a -32°C durante 24 h.

Una vez congeladas las semiesferas del coctel, se sumergieron en las disoluciones de alginato de sodio (disolución natural y en las que se adicionaron los colorantes), que se mantuvieron a temperatura constante en cada prueba. El tiempo de inmersión establecido fue de 5 min al cabo de los cuales se extrajeron las esferas con una cucharilla diseñada para este fin y por último se depositaron en un baño de agua destilada con el objetivo de retirar el exceso de alginato.

1. 4. Criterios de calidad de las esferas obtenidas

Para seleccionar la mejor formulación, se definieron como criterios de calidad de las esferas los atributos mecánicos (firmeza de la esfera, firmeza en la boca, viscosidad y gomosidad), atributos geométricos (suavidad) y atributos de superficie (humedad de la esfera y humedad en la boca). Asimismo, para definir el nivel de exudación, se estableció una escala verbal estructurada de 5 puntos, donde 1 es exudación muy ligera, 2 exudación ligera, 3 exudación moderada, 4 exudación marcada y 5 exudación muy marcada (NC ISO 4121, 2006). Especialistas del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria validaron estos criterios (Escandell *et al.*, 2021). Un panel de expertos culinarios, especialistas en evaluación sensorial y conocedores de la técnica de esferificación evaluaron las diferentes formulaciones para cada colorante.

La figura 1 muestra un esquema del proceso de esferificación inversa desarrollado y las variables involucradas.

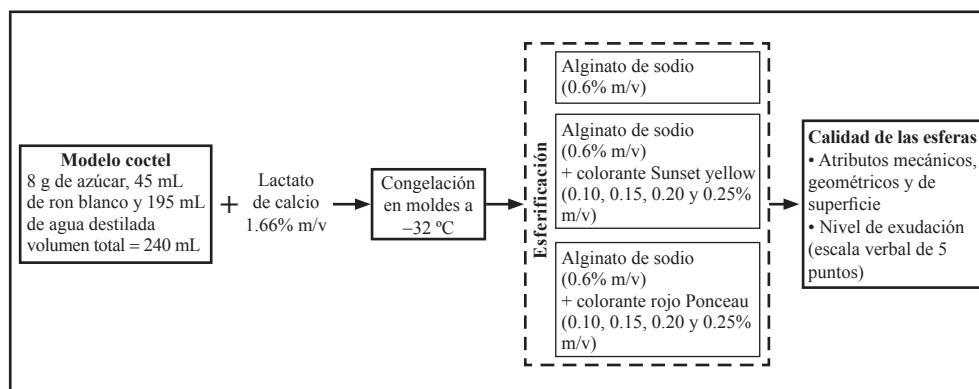


FIGURA 1

Procedimiento de esferificación inversa y variables involucradas

Fuente: elaboración propia.

1. 5. Caracterización de las disoluciones

1. 5. 1. Determinación del pH

El pH de las disoluciones y del modelo de coctel se estableció con un potenciómetro Radiometer Copenhagen.

1. 5. 2. Caracterización reológica

Las propiedades de flujo se precisaron en un reómetro austriaco (Modular Compact Rheometer) MCR302, Anton Paar, a 25°C con la utilización de una copa cilindro de 27 mm (CC-27). La curva obtenida de esfuerzo σ (Pa) vs. gradiente $\dot{\gamma}$ (s^{-1}) en un rango de 0 a 100 s^{-1} , se ajustó al modelo de Ostwald (ley de la potencia)

mediante el *software* del equipo RheoCompass, versión 1.17.525-Release, para obtener los parámetros: índice de flujo n , índice de consistencia K (Pa.s ^{n}) y viscosidad η (mPa.s) a tres gradientes de velocidades diferentes ($Y30\text{ s}^{-1}$, $Y50\text{ s}^{-1}$ y $Y100\text{ s}^{-1}$).

1. 5. 3. Determinación de la variación de color de las disoluciones coloreadas en el tiempo

Se midió el color de las dos disoluciones de alginato de sodio coloreadas con una frecuencia semanal durante un periodo de 28 días. Durante este lapso las muestras se almacenaron entre 4 y 6 °C. La medición se llevó a cabo en un espectrofotómetro UV-3600 MPC-3100.

1. 6. Caracterización de las esferas

1. 6. 1. Determinación de la estabilidad en las esferas

Para el estudio de la estabilidad se empleó el porcentaje de sinéresis, el cual se calculó con una adaptación de la ecuación indicada por otros autores (Downey, 2003; Mora *et al.*, 2013; Ampuero, 2016).

$$S = 100 - \frac{m2}{m1} * 100$$

donde

$m1$ = masa inicial de la esfera (g)

$m2$ = masa final de la esfera (g)

S = porcentaje de sinéresis (%)

La sinéresis se determinó para 5, 10 y 15 min, pues este tipo de preparación es de consumo inmediato. Se evaluaron cinco esferas por cada disolución y para cada tiempo.

1. 6. 2. Determinación de la altura, diámetro y fuerza media de gel de las esferas

La definición de los valores medios de altura y diámetro en mm se llevó a cabo mediante un Vernier, mientras que la fuerza de gel, expresada en newton (N), se midió por penetración con el reómetro (Modular Compact Rheometer) MCR 302, Anton Paar. Para ello, se ocupó un vástago cónico a una velocidad de bajada del cabezal de 1.67 mm/s a una temperatura de 25 °C hasta la ruptura total de la esfera.

1. 7. Análisis descriptivo simple de los cocteles esferificados elaborados con disoluciones de alginato de sodio

Para la evaluación sensorial, se seleccionaron cocteles cubanos a base de ron en correspondencia con los colorantes (naranja y rojo). En el caso de las esferas obtenidas con la formulación de alginato de sodio con adición de colorante Sunset yellow, se escogió el coctel daiquirí saborizado con mango, mientras que para las esferas concebidas con la formulación de alginato de sodio y colorante rojo Ponceau 4R se seleccionó el coctel cubanita. Los ingredientes de ambos cocteles se muestran en la tabla 1.

Seis expertos culinarios, especialistas en evaluación sensorial y conocedores de la técnica de esferificación, hicieron la evaluación sensorial. Se aplicó el método de impresión general de la calidad expuesto por Duarte (2013), para el cual los expertos describieron las características apariencia, color, olor, sabor y textura y emitieron un dictamen global de la calidad sensorial del producto en una escala de cinco categorías desde 5 (excelente) hasta 1 (pésima).

TABLA 1
Ingredientes para la preparación de daiquirí de mango y cubanita

Daiquirí de mango	Cubanita
10 g de azúcar	0.5 g de sal
15 mL de zumo de limón	5 mL de zumo de limón
45 mL de ron blanco	5 mL de salsa inglesa
1 mL de marrasquino	1 mL de picante
300 g de mango	45 mL de ron blanco
	Rellenar hasta 240 mL (8 oz) con jugo de tomate

Fuente: elaboración propia.

1. 8. Procesamiento de los resultados

Para el procesamiento estadístico de los resultados se empleó el *software* estadístico IBM SPSS Statistics V22. Se realizaron las pruebas siguientes:

- a) Comparación múltiple de medias (ANOVA simple) y prueba rangos múltiples de Duncan para los datos recolectados de la viscosidad de los tres tipos de disolución, la fuerza de gel y las dimensiones de las esferas.
- b) Diseño factorial 3×3 para procesar los datos del estudio de la estabilidad (sinéresis). Se investigaron dos factores con tres niveles: tipo de disolución (disolución de alginato, disolución de alginato + colorante Sunset yellow y disolución de alginato + colorante rojo Ponceau 4R) y tiempo (5, 10 y 15 min), así como la interacción entre ellos. Se ejecutaron cinco réplicas de cada tipo de disolución y a cada tiempo para un total de 45 mediciones.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2. 1. Determinación de la mejor formulación para obtener esferas por metodología inversa con adición de colorante en la capa de alginato de sodio

Los resultados obtenidos con la escala ajustada para el método de evaluación del nivel de exudación se exhiben en la tabla 2.

El criterio seguido para cada puntuación se estableció de acuerdo con la cantidad de líquido exudado por las esferas formadas, lo cual está directamente relacionado con factores como la temperatura, el pH y el grado de evolución de la película de gel. Por consiguiente, estos influyen en los parámetros de calidad de los encapsulados (Multon, 2000; Cuatzo, 2010).

TABLA 2
Nivel de exudación de las esferas coloreadas

Disolución	Cantidad de colorante (g)	Nivel de exudación
Alginato de sodio + colorante Sunset yellow	0.10	1.6
	0.15	1.8
	0.20	2.2
	0.25	3.0
Alginato de sodio + colorante rojo Ponceau 4R	0.10	1.4
	0.15	1.6
	0.20	2.2
	0.25	2.8

Fuente: elaboración propia.

Nota: nivel de exudación. 1 = exudación muy ligera, 2 = exudación ligera, 3 = exudación moderada, 4 = exudación marcada, 5 = exudación muy marcada.

De acuerdo con los resultados, a medida que se incrementó la masa de colorante aumentó el nivel de líquido exudado y la capa de alginato comenzó a presentar irregularidades. El nivel de exudación recomendado para estas preparaciones es el correspondiente al valor 2 de la escala (exudación ligera) o menor (exudación muy ligera). Se puede establecer entonces un máximo permisible de masa de colorante por añadir a la disolución de alginato de sodio de 0.15 g, pues a partir de 0.20 g se constató un nivel de sinéresis por encima de lo recomendado para estas preparaciones. El mejor comportamiento en cuanto a este parámetro fue logrado en las esferas obtenidas en la disolución con 0.10 g de colorante; sin embargo, se decidió escoger como mejor formulación la de 0.15 g de colorante, pues la variación fue mínima y las características sensoriales en cuanto a textura fueron similares, mientras que el color aportado exhibió una tonalidad más atractiva para los cocteles.

2. 2. Determinación de pH en las disoluciones de alginato de sodio, alginato de sodio con adición de colorantes y del modelo de coctel

Conforme con los resultados obtenidos, la disolución de alginato de sodio indicó un pH alrededor de la neutralidad (6.49) y resultados semejantes demostraron las disoluciones de alginato de sodio (6.33 y 6.42) con la adición de los colorantes naranja y rojo respectivamente.

Estos resultados contrastan a favor con los reportados por Molina (2018) para las disoluciones de alginato de sodio con el empleo de saborizantes, donde la caída del pH fue considerable, lo cual provocó una disminución en la viscosidad de las disoluciones de alginato (Barceló, 2016), así como afectaciones en la sinéresis (Ampuero, 2016) y en la fuerza de gel (Cuatzo, 2010) de las esferas formadas.

Por otra parte, el modelo de cóctel también mostró un pH alrededor de la neutralidad (6.82), lo que permite que no se afecte la formación de las esferas una vez colocadas en el baño de alginato, pues el polímero requiere de condiciones neutras o poco ácidas (Mans y Castells, 2011).

2. 3. Caracterización reológica de las disoluciones de alginato de sodio y alginato de sodio con adición de los colorantes

Para la caracterización reológica de las disoluciones, los datos experimentales fueron ajustados a distintos modelos, donde el modelo de Ostwald o ley de potencia resultó ser el de mejor ajuste por ser el de mayor coeficiente de determinación (0.99 en los tres casos) y, en consecuencia, el que mejor describió el flujo de las tres disoluciones (tabla 3).

TABLA 3
Caracterización reológica de las disoluciones en estudio

Disoluciones	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	η (mPa.s)
Alginato de sodio	0.018	0.997	0.999	17.72 (0.04) ^a
Alginato de sodio + Sunset yellow	0.014	1.000	0.999	14.25 (0.05) ^c
Alginato de sodio + rojo Ponceau 4R	0.016	0.999	0.999	16.16 (0.03) ^b

Fuente: elaboración propia.

Nota: K = índice de consistencia, n = índice de comportamiento de flujo, R^2 = coeficiente de determinación y η = viscosidad.

Letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

En todos los casos el comportamiento fue de tipo newtoniano con un índice de flujo muy cercano a uno. En este sentido, no se observó un efecto diferenciador atribuible al colorante. Debe señalarse que muy pocos fluidos alimenticios manifiestan un comportamiento de este tipo, pero un ejemplo pueden ser los soles hidrofílicos muy diluidos, como lo es en este caso.

El comportamiento pseudoplástico es el más común en los soles alimenticios, como sucede por lo general con las dispersiones de gomas (Ramírez, 2006; Badui, 2006) y las disoluciones de alginato de sodio en la mayoría de las concentraciones empleadas en la industria alimentaria; sin embargo, en la literatura se plantea que esta característica puede variar en dependencia de las concentraciones empleadas (Reyes, 2001; Cuatzo, 2010). Molina (2018) obtuvo un comportamiento newtoniano en disoluciones de alginato de sodio al 1.66% m/v, resultados coincidentes con los obtenidos en este artículo.

Respecto a los valores de viscosidad (tabla 3), la disolución patrón de alginato sin adición de colorantes presentó una viscosidad para gradiente de velocidad 50 ($\eta = 17.72$) menor que el reportado por Avedaño-Romero *et al.* (2013), quienes declaran que el alginato de sodio de baja viscosidad, en disoluciones al 1 %, cuenta con un valor de 50 mPa.s; no obstante, estos datos están sujetos a cambios en dependencia del equipo y del método empleado.

Las disoluciones de alginato de sodio con adición de colorantes exhibieron una caída de la viscosidad estadísticamente significativa respecto al patrón de referencia haciéndose más marcada esta disminución para el caso del alginato con el colorante Sunset yellow. Molina (2018) obtuvo resultados similares en disoluciones alginato de sodio con adición de saborizantes en las que se reporta una caída de viscosidad en relación con el patrón. Los valores de pH de las disoluciones pudieran ser responsables de este resultado, aunque habría que aplicar otras técnicas para conocer la naturaleza de las interacciones que se producen en el enrejado del gel.

Según Badui (2006) se pueden lograr disoluciones viscosas estables de alginato de sodio en un intervalo de pH de 5 a 10; lo que es correspondiente con los resultados obtenidos en este artículo.

2. 4. Variación del color en el tiempo, de las disoluciones de alginato de sodio con adición de colorantes

La diferencia de color entre dos muestras es la distancia existente en el espacio euclídeo (X, Y, Z) entre los puntos que representan el color de ambas muestras, lo cuales se obtuvieron por medio del teorema de Pitágoras:

$$\Delta E^* = \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}$$

Donde:

Δ = representa una diferencia

E = letra inicial de *Empfindung*, del alemán, lo cual significa sensación.

L^* = coordenada que indica la luminosidad

a^* y b^* = coordenadas cromáticas; a^* define su posición entre rojo y verde (valores negativos indican verde en tanto que valores positivos indican rojo) mientras b^* define su posición entre amarillo y azul (valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo) (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

Se deduce, entonces, que dos muestras con los mismos valores triestímulos aparecerán con un mismo color para determinadas condiciones de iluminación y observación. Por el contrario, si cualquier valor triestímulo es diferente, tales muestras no estarán igualadas y la diferencia total será una media aproximada de la diferencia de color percibida entre ellas (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

En este sentido, se establece que para valores de ΔE^* iguales o menores a 2.3 unidades apenas se encuentran diferencias notables de color (Mokrzycki y Tatol, 2012).

La tabla 4 muestra los resultados de las coordenadas L^* , a^* , b^* obtenidas para ambas disoluciones de alginato con adición de los colorantes y su comportamiento en el tiempo.

Los resultados obtenidos demuestran que la variación de color en las disoluciones de alginato con adición de colorantes es despreciable para el intervalo de tiempo estudiado ($\Delta E^* < 2.3$). Por esta razón, estas disoluciones pueden aprovecharse hasta los 28 días de su preparación, siempre que se mantengan almacenadas entre 4 y 6 °C.

TABLA 4

Valores de las coordenadas cromáticas de las disoluciones de alginato con adición de los colorantes

Disolución	Coordenada	Tiempo (días)					ΔE^*
		$t = 0$	$t = 7$	$t = 14$	$t = 21$	$t = 28$	
Alginato de sodio + colorante Sunset yellow	L^*	66.51	65.01	65.13	66.93	66.61	0.3586
	a^*	63.36	62.07	62.16	63.46	63.21	
	b^*	114.07	114.52	114.73	114.79	114.38	
Alginato de sodio + colorante rojo Ponceau 4R	L^*	42.17	41.24	41.30	42.68	42.57	0.4416
	a^*	78.98	77.60	77.67	79.56	79.12	
	b^*	72.65	71.04	71.15	73.53	72.88	

Fuente: elaboración propia.

2. 5. Evaluación de la estabilidad de las esferas mediante el porcentaje de sinéresis a diferentes tiempos con el empleo de disoluciones de alginato de sodio y alginato de sodio con adición de colorantes

La tabla 5 muestra los resultados del diseño factorial 3 x 3 elaborado para el procesamiento de los datos obtenidos durante el estudio, que son dos factores con tres niveles: tipo de disolución (disolución de alginato, disolución de alginato más color naranja y disolución de alginato más color rojo) y tiempo (5, 10 y 15 minutos). Los datos considerados fueron los porcentajes de sinéresis de las esferas en cada tiempo.

TABLA 5

Resultados del diseño factorial 3 x 3 del estudio de sinéresis de las esferas

Tiempo (min)	Disoluciones		
	Alginato de sodio	Alginato de sodio + colorante Sunset yellow	Alginato de sodio + colorante rojo Ponceau 4R
5	10.16 (0.79) a, A	10.50 (1.11) a, A	10.43 (2.25) a, A
10	12.41 (0.88) b, A	13.28 (1.29) b, A	13.20 (1.20) b, A
15	13.39 (0.41) b, A	14.66 (0.52) b, B	14.09 (0.74) b, A

Fuente: elaboración propia.

Nota: valores medios del porcentaje de sinéresis (desviación estándar). Letras minúsculas diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Letras mayúsculas diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

En relación con el factor tiempo, los porcentajes para las tres disoluciones difieren significativamente ($p < 0.05$) para 5 min de exudación respecto a 10 y 15 min, mientras que no existen diferencias significativas entre estos dos últimos tiempos para ninguna de las disoluciones.

Al analizar el factor tipo de disolución, se obtuvo que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en el comportamiento del porcentaje de exudación presentado por las esferas formadas con las tres disoluciones de alginato de sodio para los tiempos 5 y 10 min. Para 15 min, la exudación de las esferas obtenidas con la disolución coloreada con Sunset yellow (color naranja) difiere significativamente de la reportada por las esferas obtenidas por las disoluciones de alginato sin colorante y con colorante rojo Ponceau 4R.

Los resultados anteriores corresponden con los obtenidos por Aguirre (2016) y Escandell *et al.* (2021), donde se demuestra que las esferas durante los primeros minutos alcanzan un máximo de exudación del líquido que contienen en su interior. Más tarde, aunque la sinéresis no se detiene, las esferas se estabilizan a partir de un equilibrio entre el medio circundante y el interior de las mismas. Esto demuestra que, dependiendo de la estabilidad inicial, será entonces su comportamiento en el tiempo.

El mayor porcentaje de sinéresis encontrado para la disolución de alginato de sodio con el colorante Sunset yellow (14.66) se explicaría por el hecho de que esta disolución tuvo el pH un tanto más ácido y se conoce que es un factor que interviene en la manifestación de la sinéresis, ya que los cambios de pH pueden alterar las cargas netas de las moléculas encontradas en el medio y, por tanto, las fuerzas de atracción o repulsión entre ellas, así como las interacciones entre las moléculas (Badui, 2006; Morriss *et al.*, 2012). A pesar de esto, los parámetros de calidad de las esferas no se vieron afectados en ninguno de los casos.

2. 6. Determinación de la fuerza media del gel, diámetro y altura de las esferas

Los resultados de la determinación de las propiedades físicas (fuerza media de gel, diámetro y altura) de las esferas obtenidas con cada una de las tres disoluciones de alginato de sodio se encuentran en la tabla 6.

TABLA 6
Propiedades físicas de las esferas obtenidas de alginato de sodio y alginato de sodio con adición de colorantes

Disolución	Fuerza del gel (N)	Diámetro (mm)	Altura (mm)
Alginato de sodio	10.18 (0.43) ^a	21.47 (0.43)	10.46 (0.55)
Alginato de sodio + colorante Sunset yellow	9.93 (0.33) ^a	21.52 (0.54)	10.68 (0.58)
Alginato de sodio + colorante rojo Ponceau 4R	11.18 (0.36) ^b	21.45 (0.56)	10.45 (0.42)

Fuente: elaboración propia.

Nota: valores medios (desviación estándar). Letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

La fuerza de los geles de alginato depende del número de enlaces cruzados formados, del tipo de reticulación iónica y de la longitud y la rigidez de los bloques entre los enlaces, en tanto que el número de uniones que se establezcan y su rigidez son los factores responsables de la dureza del gel (Lupo, 2014).

De acuerdo con los resultados de Barceló (2016), las esferas que resultaron más resistentes a la penetración fueron aquellas de menor diámetro y mayor altura. Es decir, que el aumento del diámetro del producto se debe su dificultad para soportar el volumen de líquido que lleva dentro.

Por su parte, en este artículo se comprueba que la adición de colorante a la disolución de alginato no influyó en los parámetros físicos diámetro y altura de las esferas resultantes.

La fuerza media de gel fue significativamente mayor para las esferas coloreadas de rojo con respecto a las naranjas y las de alginato sin colorante, donde se observa además que la de alginato más colorante naranja obtuvo los valores más bajos, corresponde con la disolución de alginato de menor pH y viscosidad. Una posible explicación para este comportamiento sería que el número de uniones que se establecen entre las moléculas del hidrocoloide y, por tanto, su rigidez, se ve afectado con la modificación de estos dos factores.

Debe señalarse que, aunque se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de disolución de alginato de sodio, las esferas obtenidas cumplieron con los indicadores de calidad establecidos.

2. 7. Análisis descriptivo simple de los cocteles esferificados, elaborados con disoluciones de alginato de sodio y colorantes alimenticios

Ambos cocteles recibieron una calificación general de 4.3 ubicada en la categoría de “buena”. Todos los jueces reportaron que la película de alginato exhibía un color atractivo y expresaron que las preparaciones ganaron en presentación y exhibieron una coloración natural, así como olor y sabor típico (figura 2). Además, señalaron que en cuanto a textura las esferas eran excelentes y describen la película como fina y suave, que se deshace con facilidad en la cavidad bucal, y los restos remanentes de gel no son desagradables.



FIGURA 2

Cócteles daiquirí de mango (a la izquierda) y cubanita (a la derecha) esferificados por metodología inversa

Fuente: elaboración propia.

Nota: estos dos cocteles se emplearon en la evaluación sensorial.

PROSPECTIVA

En la actualidad los niveles de competitividad en las diferentes esferas de la sociedad son cada vez mayores. La ciencia y la tecnología avanzan con rapidez para lograr la mejoría en la calidad de vida de los seres humanos en todos los ámbitos, siendo la gastronomía un campo revolucionado, pues desde hace unas décadas se viene desarrollando un movimiento culinario valiéndose de todos los avances científico-técnicos y sus aplicaciones en la cocina (Escandell, 2015). Esta emergente disciplina se conoce como *gastronomía molecular* y se define como el estudio y la aplicación de la química, la física y otros principios de la ciencia en la cocina.

En sentido general, se trata de una disciplina científica que explora el mundo culinario y mejora las técnicas que en ella se emplean, descubre fenómenos físico-químicos y conduce a la innovación de numerosos y novedosos platos. Asimismo, contribuye a una mejor apreciación de la utilidad de la ciencia y favorece la formación de una cultura científica más integral (Escandell, 2015).

De ahí que esta nueva ciencia en desarrollo tenga un espacio para la mixología molecular, que comprende el minucioso y elegante manejo de los estados químicos de algunos productos para la creación de nuevos cocteles. Se trata de una especializada interpretación de los ingredientes a nivel molecular que la convierte en una ciencia al servicio de las bebidas.

En el Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana existe una línea de investigación dedicada a la gastronomía molecular y al mismo tiempo se desarrollan las que están dirigidas al estudio científico del comportamiento de las esferificaciones (Pedroso, 2010; Borges, 2014; Barceló, 2016; Escandell *et al.*, 2021) y espumas (Pascual, 2019), entre otras preparaciones, lo que resulta novedoso en el panorama científico cubano. El fin último de estos estudios es su aplicación práctica en instalaciones gastronómicas de la capital. Al respecto, ya son varias las que ofertan cocteles esferificados y espumas y las que adoptan los resultados de los trabajos que desarrolla nuestro grupo con vistas a ofrecer un servicio tanto de excelencia como original y atractivo. Este panorama resulta pertinente dada la importancia que reviste para Cuba, desde el punto de vista socioeconómico, el turismo nacional e internacional.

CONCLUSIONES

La formulación idónea para el cumplimiento de los parámetros de calidad de las esferas se logra en proporciones de 0.6 % m/v de alginato de sodio y 1.66 % m/v de lactato de calcio. En ese rango se pueden incorporar los colorantes Sunset yellow y rojo Ponceau 4R hasta una concentración de 0.15 % m/v.

Todas las disoluciones de alginato estudiadas evidenciaron un comportamiento reológico de tipo newtoniano con valores de pH cercanos a la neutralidad y adecuados valores de viscosidad.

Las disoluciones de alginato de sodio con los colorantes empleados no revelaron variación de color perceptible en el periodo de 28 días, conservadas entre 4 y 6 °C, y las esferas resultantes mostraron una buena estabilidad hasta los 15 min de preparadas.

Las esferas obtenidas cumplieron con los parámetros de calidad establecidos en este artículo, y se evaluaron sensorialmente con categoría global de “buena” y características texturales de “excelente”, donde resalta la calidad de la película de alginato y el atractivo color de las preparaciones.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen los comentarios de los árbitros de la revista que contribuyeron a mejorar el contenido del artículo.

REFERENCIAS

- Aguirre, A. (2016). *Esferificación inversa de bebida nutricional sabor fresa, desarrollada para el beneficio de la niñez intermedia y determinación de su tiempo de vida útil en condiciones adecuadas*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Disponible en <http://186.151.197.48/tesiseortiz/2016/02/07/Aguirre-Anna.pdf>
- Ampuero, J. (2016). *Efecto de la concentración de tres gomas sobre el índice de consistencia y la sinéresis de la salsa de ají*. Lima: Perú. Disponible en <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/2454>
- Avedaño-Romero, G., López-Malo, A. y Palou, E. (2013). Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(1), 87-96. Disponible en <https://tsia.udlap.mx/propiedades-del-alginato-y-aplicaciones-en-alimentos/>
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Educación de México S. A. de C. V.
- Barceló, F. (2016). *Influencia de la esferificación inversa en las propiedades organolépticas del coctel mojito*. La Habana: Universidad de La Habana.
- Borges, L. (2014). *Influencia del grado alcohólico y el contenido de azúcar en la esferificación directa de licores*. La Habana. Universidad de La Habana.
- Castells, P. (2013). Texturas blandas. *Investigación y Ciencia*, 444, 79-80. Disponible en <https://gastrocultura-mediterranea.com/wp-content/uploads/2016/09/dietas-blandas-pere-castells.pdf>
- Cuatzo, M. (2010). *Efecto de las condiciones de proceso en la conservación de alimentos encapsulados por el método de gelificación iónica*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Downey, G. (2003). Effects of cryoprotectant mixtures on physical properties of frozen and thawed pureed cooked potatoes: Some introductory studies. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 857- 868. Disponible en <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2621.2003.00745.x>
- Duarte, C. (2013). Métodos objetivos para el control de la calidad sensorial. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 23(2), 12-17.
- Escandell, J. (2015). Gastronomía molecular: de la empírea a la innovación científica. *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, 1(2). Disponible en <http://www.rcfa.uh.cu/index.php/rcfa/article/view/46>
- Escandell, J., Molina, I. y Zumbado, H. (2021). Efecto de saborizantes en la esferificación inversa de un modelo de coctel. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 31(1), 29-35. <https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/221>

- Lupo, B. (2014). *Estudio de la gelificación de alginatos para encapsulación: caracterización, preparación y aplicaciones en alimentos funcionales*. Barcelona: Universidad de Barcelona. Disponible en <http://hdl.handle.net/2445/64943>
- Mans, C. y Castells, P. (2011). La nueva cocina científica. *Investigación y Ciencia*, 421, 56-63. <https://www.investigacionyciencia.es/files/7505.pdf>
- Mathias-Rettig, K. y Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57-66. Disponible en <http://revistas.uach.cl/index.php/agrosur/article/view/4110>
- Mokrzycki, W., & Tatol, M. (2012). Color difference Delta E-A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20, 383-412. Disponible en <https://wisotop.de/assets/2017/DeltaE-%20Survey-2.pdf>
- Molina, I. (2018). *Efecto de saborizantes en la esferificación inversa de un modelo de coctel*. La Habana: Universidad de La Habana.
- Mora, F., Barraza, G. y Obregón, J. (2013). Sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.). *Scientia Agropecuaria*, 4, 163-172. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4657864>
- Morrisa, E., Nishinarib, K., & Rinaudoc, M. (2012). Gelation of gellan-A review. *Food Hydrocolloids*, 28(2), 373-411. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X12000057>
- Multon, L. (2000). *Aditivos y auxiliares de fabricación en los ingredientes agroalimentarios*. Zaragoza: Acribia.
- NC ISO 4121. (2006). Análisis sensorial. *Guía para el uso de escalas con respuestas cuantitativas*. La Habana.
- Pascual, A. (2019). *Formulación de una espuma de remolacha (beta vulgaris) a partir de lecitina de soya*. La Habana: Universidad de La Habana.
- Pedroso, D. (2010). *Influencia de la esferificación directa en las propiedades sensoriales de una salsa criolla*. La Habana: Universidad de La Habana.
- Ramírez, J. (2006). *Fundamentos de la reología de alimentos*. Cali: JSR-ebooks.
- Reyes, R. (2001). Alginatos extraídos de *Macrocystis Pyrifera* para usos en alimentos e impresiones dentales. La Paz: México. Disponible en <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15367>

CC BY-NC-ND

Influencia de la distribución del acero de refuerzo longitudinal en los diagramas de interacción de columnas sólidas circulares

Sánchez Tizapa, Sulpicio; Cuevas Sandoval, Alfredo; Ramos Bernal, Rocío N.; Cortés Niño, Ángel; Vázquez Jiménez, René; Arroyo Matus, Roberto

Influencia de la distribución del acero de refuerzo longitudinal en los diagramas de interacción de columnas sólidas circulares

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | **e173**

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.



Sánchez Tizapa, S., Cuevas Sandoval, A., Ramos Bernal, R. N., Cortés Niño, Á., Vázquez Jiménez, R. y Arroyo Matus, R. (2022). Influencia de la distribución del acero de refuerzo longitudinal en los diagramas de interacción de columnas sólidas circulares. *CIENCIA ergo-sum*, 29(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a7>

Influencia de la distribución del acero de refuerzo longitudinal en los diagramas de interacción de columnas sólidas circulares

Influence of the longitudinal reinforcing steel distribution on the interaction diagrams of circular solid columns

*Sulpicio Sánchez Tizapa**

Universidad Autónoma de Guerrero, México

sstizapa@uagro.mx

 <http://0000-0002-6777-6984>

Recepción: 17 de enero de 2019

Aprobación: 20 de septiembre de 2021

Alfredo Cuevas Sandoval

Universidad Autónoma de Guerrero, México

acuevass@virtual.mx

 <http://0000-0001-5829-7546>

Rocío N. Ramos Bernal

Universidad Autónoma de Guerrero, México

mramos@uagro.mx

 <http://0000-0001-6284-3263>

Ángel Cortés Niño

Consultor independiente, México

acortes@uagro.mx

 <http://0000-0003-0905-629X>

René Vázquez Jiménez

Universidad Autónoma de Guerrero, México

rvazquez@uagro.mx

 <http://0000-0003-1693-8303>

Roberto Arroyo Matus

Universidad Autónoma de Guerrero, México

arroyomatus@hotmail.com

 <http://0000-0002-8388-4299>

RESUMEN

Se presenta la variación de los diagramas de interacción en columnas sólidas circulares considerando la posición del acero de refuerzo longitudinal. Se consideran dos posiciones: *a*) la primera barra coincide con el eje vertical, *b*) la primera barra se coloca desfasada a la derecha el semiángulo entre barras. Una diferencia de -4.2% a 6.6% se evaluó en 32 pares de diagramas de columnas armadas con cantidades variables de barras (6-11 barras) y cuantía de refuerzo entre 2.42% y 4.13% . El error entre curvas es 2% , 4% y 7% en columnas reforzadas con 10, 7 y 6 barras respectivamente. Así, se concluye la importancia de considerar la posición del acero de refuerzo en columnas circulares sólidas armadas con pocas barras de refuerzo (6-9 barras).

PALABRAS CLAVE: diagrama, interacción, columna, circular, sólida.

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

*sstizapa@uagro.mx

ABSTRACT

The variation of the interaction diagrams for solid circular columns is presented considering the position of the longitudinal rebars. Two of them were considered: *a*) the first rebar coincides with the vertical longitudinal axis, and *b*) the first rebar is placed out of phase to the right of the semi-angle between two rebars. A variation of -4.2% to 6.6% was evaluated in 32 pairs of interaction diagrams for columns reinforced with a variable quantity of rebars (from 6 to 11 rebars) and steel ratios ranging from 2.42 to 4.13%; the error is 2%, 4%, and 7% in columns reinforced with 10, 7, and 6 rebars, respectively. Therefore, considering the position of the rebars in columns with a small amount of reinforcement (6 to 9 rebars) is very important for the design process.

KEYWORDS: diagram, interaction, column, circular, solid.

INTRODUCCIÓN

Las columnas circulares de concreto reforzado son utilizadas ampliamente alrededor del mundo en una gran cantidad de construcciones (edificios, puentes, cimentaciones). Ahora bien, dos principales ventajas respecto a las columnas rectangulares: *a*) simplicidad de construcción, *b*) resistencia y rigidez idéntica para cualquier dirección de análisis ante fuerzas laterales provocadas por sismos, viento, presión de tierra, etc. (Cosenza *et al.*, 2011) (figura 1).

Sin embargo, la complejidad del diseño ante flexión y compresión respecto a secciones rectangulares o cuadradas aumenta; una opción simplificada en el cálculo del diagrama de interacción es proponer un anillo continuo para sustituir la distribución puntual del acero de refuerzo longitudinal (ACI, 2015; Di Laora *et al.*, 2019; Quaranta *et al.*, 2017). Esta hipótesis influye en los resultados y tiene mayor importancia si existen pocas barras verticales (Tayem y Najmi, 1996; Kent, 2012). Según Wight y Macgregor (2012), el error es despreciable cuando se utilizan al menos 8 barras.

Si bien existen aplicaciones para el cálculo del diagrama de interacción en columnas circulares desarrolladas mediante integración numérica, procedimiento iterativo, funciones de forma cerrada (Hernández y Sotolongo, 2018; Hernández-Montes *et al.*, 2005), ninguna utiliza la ubicación real de acero de refuerzo vertical. En este sentido, tampoco existe información sobre el error generado.

Este artículo presenta una formulación matemática que evalúa la influencia de la distribución del acero de refuerzo longitudinal en los diagramas resistentes de interacción de columnas sólidas circulares sin efectos de esbeltez. Así, se analiza la diferencia entre dos diagramas de una columna con características definidas para dos diferentes posiciones de las barras de refuerzo y se determina la cantidad mínima que reduzca el error a un valor predefinido. También se calculan dos series de diagramas resistentes a partir de la posición real de las barras de refuerzo en columnas con 6 y 8 barras.



FIGURA 1

Uso de columnas circulares de concreto reforzado

Fuente: fotografías propias.

1. METODOLOGÍA

1. 1. Cálculo del diagrama de interacción nominal

El comportamiento de los elementos de concreto sometidos a flexión se basa en las siguientes hipótesis (ACI, 2019): *a)* la deformación del acero es proporcional a la distancia del eje neutro, *b)* el concreto no resiste esfuerzos de tensión, *c)* la máxima deformación en la zona extrema a compresión del concreto es $\varepsilon_c = 0.003$ y el bloque idealizado de compresión del concreto tiene forma rectangular con intensidad igual a 85% de la resistencia a compresión.

La figura 2a muestra la geometría de una columna sólida con diámetro R y peralte d . El centroide de la capa de acero longitudinal está a una distancia r del borde exterior. La deformación de la fibra extrema superior del concreto es ε_c y la deformación máxima del acero en tensión es ε_{st} ; en este caso, se supone que existen cuatro barras de acero, donde la superior está a una distancia z_i de la fibra de máxima compresión y presenta una deformación ε_{si} . El ángulo β se mide entre el eje vertical y la primera barra de acero colocada a la derecha y en el caso crítico es la mitad del ángulo entre barras (θ).

El cálculo del diagrama de interacción se realizó de acuerdo con ACI (2020), para lo cual se define el parámetro Z adimensional con valor inicial igual a uno; la deformación extrema ε_{st} se evalúa con la ecuación 1, donde ε_{ty} es la deformación de fluencia igual a 0.002. La profundidad del eje neutro (c) y del bloque idealizado de esfuerzos (a) se evalúan con las ecuaciones 2 y 3. El factor β_1 es función de la resistencia a compresión.

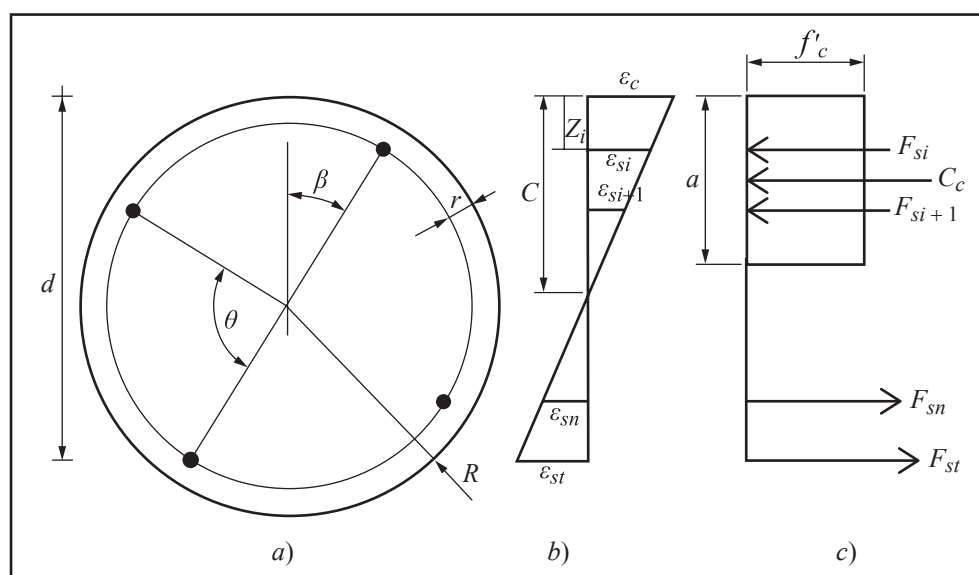


FIGURA 2

Geometría de una columna sólida

Fuente: elaboración propia.

Nota: *a)* Geometría de columna y distribución de acero longitudinal, *b)* diagrama de deformaciones, *c)* diagrama de esfuerzos

$$\varepsilon_{st} = Z\varepsilon_{ty} \quad (1)$$

$$c = \varepsilon_c d / (\varepsilon_{st} + \varepsilon_c) \quad (2)$$

$$a = \beta_1 c \quad (3)$$

De acuerdo con la geometría de la sección, existen dos condiciones para evaluar la compresión del concreto relacionadas con la relación a/R , inciso a o b de la figura 3. En el primer caso hay dos superficies en compresión (A_1 y A_2) y una en tensión (A_3): la primera y tercera se evalúan con las ecuaciones 4 y 5 y la segunda se obtiene por diferencia entre estas expresiones, ecuación 6. Las ecuaciones 7 y 8 evalúan los centroides y_1 e y_3 , mientras que la ecuación 9 define el centroide y_2 (AMDROC, 2006). La fuerza total de compresión y el momento se calculan con las ecuaciones 10 y 11 respectivamente.

$$A_1 = \pi R^2 \quad (4)$$

$$A_3 = R^2(\alpha - \text{sen}\alpha)/2 \quad (5)$$

$$A_2 = A_1 - A_3 \quad (6)$$

$$y_1 = 4R/3\pi \quad (7)$$

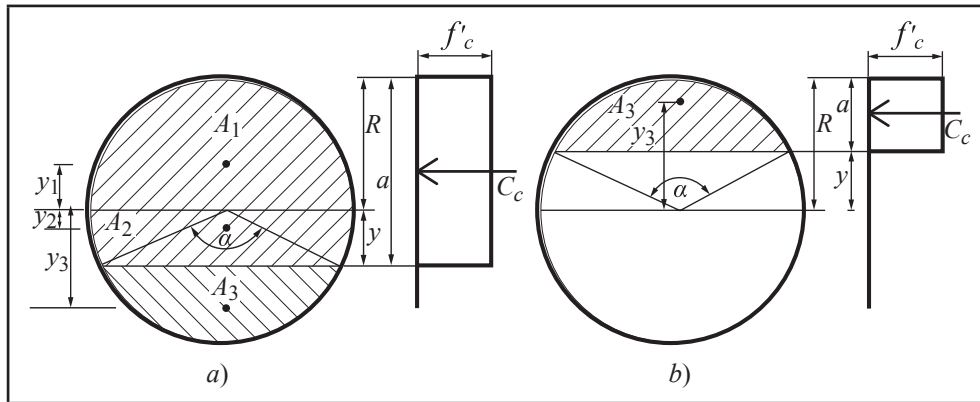


FIGURA 3
Condiciones de la profundidad del bloque de esfuerzos
Fuente: elaboración propia.
Nota: a) $a \geq R$; b) $a < R$.

$$y_3 = 4R \text{sen}^3(\alpha/2)/3(\alpha - \text{sen}\alpha) \quad (8)$$

$$y_2 = (A_1 y_1 - A_3 y_3)/A_2 \quad (9)$$

$$C_c = 0.85 f'_c (2A_1 - A_3) \quad (10)$$

$$M_{Cc} = 0.85 f'_c (A_1 y_1 + A_2 y_2) \quad (11)$$

En la segunda condición, figura 3b, el cálculo se simplifica porque sólo el área A_3 está en compresión. Las ecuaciones 12 y 13 definen la fuerza y momento del concreto.

$$C_c = 0.85 f'_c A_3 \quad (12)$$

$$M_{Cc} = 0.85 f'_c A_3 y_3 \quad (13)$$

En otro orden, la deformación ε_{si} y el esfuerzo de la barra i se evalúan con las ecuaciones 14 y 15, donde E es el módulo elástico del acero. La fuerza y momento en las barras se evalúan con las ecuaciones 16 y 17; el segundo término dentro del paréntesis en la ecuación 16 se considera si el acero está en compresión. En ambas ecuaciones n es el número total de barras. Finalmente, las ecuaciones 18 y 19 definen las coordenadas de un punto del diagrama nominal de interacción (M_n, P_n) para un valor específico de Z . El cálculo de las ecuaciones 1-19 se repiten hasta cuando la variable Z alcance su valor límite. La gráfica 1 muestra un diagrama nominal de interacción.

$$\varepsilon_{si} = \varepsilon_c (c - z_i)/c \quad (14)$$

$$f_{si} = \begin{cases} E\varepsilon_{si} & \text{si } \varepsilon_{si} < \varepsilon_{ty} \\ f_y & \text{si } \varepsilon_{si} \geq \varepsilon_{ty} \end{cases} \quad (15)$$

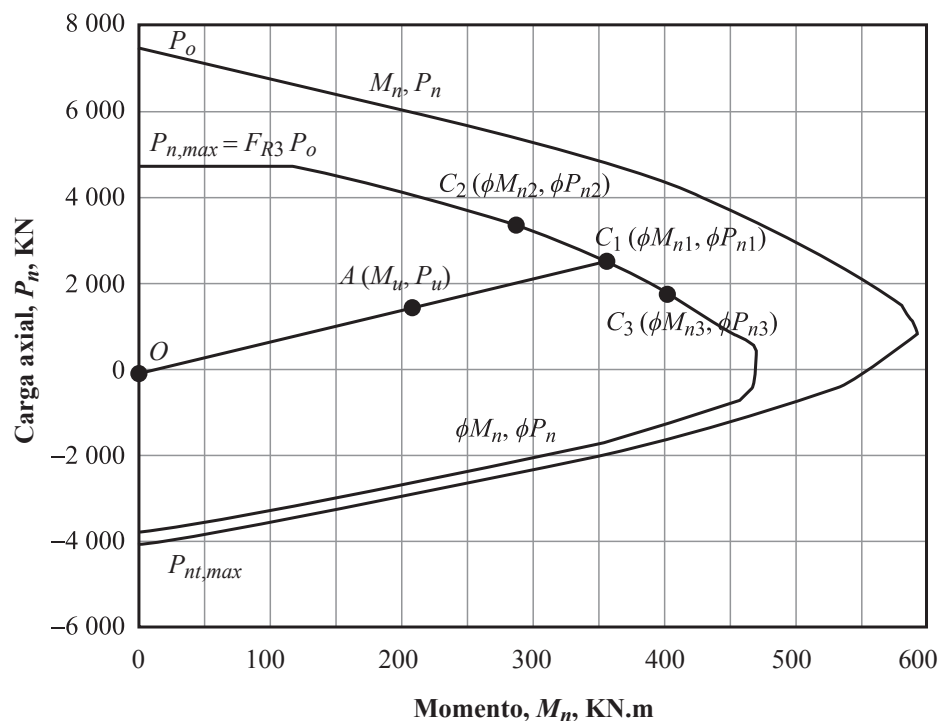
$$F_s = \sum_{i=1}^n A_{bi} (f_{si} - 0.85 f'_c) \quad (16)$$

$$M_s = \sum_{i=1}^n F_{si} (R - z_i) \quad (17)$$

$$P_n = C_c + F_s \quad (18)$$

$$M_n = M_{Cc} + M_s \quad (19)$$

En la gráfica 1 la capacidad a tensión, $P_{nt, max}$ es función del área de acero y el esfuerzo de fluencia (ecuación 20). La resistencia máxima en compresión se obtiene sumando la aportación del concreto y acero (ecuación 21).



GRÁFICA 1

Curva de interacción nominal ($M_n - P_n$) y curva resistente ($\phi M_n, \phi P_n$)

Fuente: elaboración propia.

$$P_{nt, max} = \sum_{i=1}^n f_y A_{bi} \quad (20)$$

$$P_o = 0.85 f'_c (A_g - A_b) + P_{nt, max} \quad (21)$$

1. 2. Cálculo del diagrama resistente de interacción

El siguiente paso es calcular el diagrama resistente de interacción multiplicando los valores del diagrama nominal de interacción por los factores de reducción de resistencia (ecuaciones 22 y 23). En este caso, en función de las características del acero transversal, FR_1 toma valores de 0.65 o 0.75, FR_2 vale 0.25 o 0.15. La recta horizontal superior del diagrama en la gráfica 1, se define con la ecuación 23 con FR_3 igual a 0.85 o 0.80.

$$\phi = \begin{cases} FR_1 & \text{si } \varepsilon_{st} \leq \varepsilon_{ty} \\ FR_1 + FR_2 (\varepsilon_{st} - \varepsilon_{ty})/0.003 & \text{si } \varepsilon_{ty} \leq \varepsilon_{st} \leq \varepsilon_{ty} + 0.003 \\ 0.90 & \text{si } \varepsilon_{st} \geq \varepsilon_{ty} + 0.003 \end{cases} \quad (22)$$

$$P_{nt, max} = FR_3 P_o \quad (23)$$

1. 3. Cálculo de elementos mecánicos resistentes

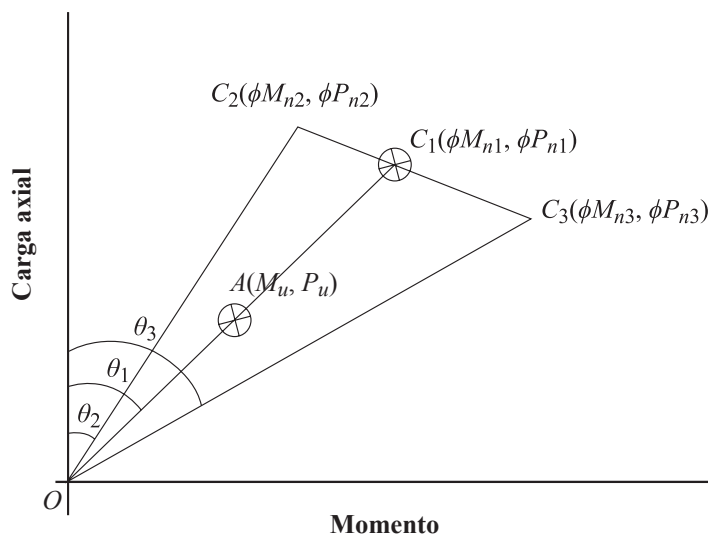
En el siguiente paso se calcula el momento y carga resistente (ϕM_{n1} , ϕP_{n1}) correspondiente al momento y carga últimos (M_U , P_U) obtenidos del análisis estructural (gráfica 1). De acuerdo con la gráfica 2, la recta OA inicia en el origen y termina en las coordenadas (M_U , P_U) formando un ángulo θ_1 medido en el sentido horario respecto del eje vertical, la intersección de esta recta con la curva resistente define las coordenadas del punto C_1 (ϕM_{n1} , ϕP_{n1}). La ubicación se obtiene al comparar el ángulo θ_1 con los ángulos respectivos (θ_2 y θ_3) de las líneas adyacentes OC₂ y OC₃.

A continuación, se calculan las pendientes de las rectas C₂C₃ y OA, m_1 y m_2 respectivamente. En el segmento C₂C₃ se define la ecuación 24 que pasa por las coordenadas (ϕM_{n3} , ϕP_{n3}); la ecuación 25 se calcula utilizando la pendiente m_2 de la recta OA (Lehman, 2006).

$$\phi M_{n1} - m_1 \phi P_{n1} = \phi P_{n3} - m_1 \phi M_{n3} \quad (24)$$

$$\phi M_{n1} - m_2 \phi P_{n1} = 0 \quad (25)$$

La solución de este sistema representa las coordenadas del punto C_1 (ϕM_{n1} , ϕP_{n1}) (Griffiths y Smith, 2006), que están relacionadas con los elementos mecánicos de diseño (M_U , P_U). Por último, se compara la relación $M_U/\phi M_{n1}$ y $P_U/\phi P_{n1}$. Si el cociente es menor que 1, el elemento estructural resiste los elementos mecánicos actuantes; en caso contrario deben modificarse las propiedades de la sección o las características de los materiales. El procedimiento descrito fue implementado en el *software* de código libre Scilab (Scilab, 2021).[1]



GRÁFICA 2

Definición de ángulos e intersección con la curva resistente

Fuente: elaboración propia.

1. 4. Aproximación de la aplicación

Con el objetivo de verificar la aproximación de la curva de interacción nominal calculada con la aplicación, los resultados se comparan con dos ejemplos referenciados. En ambos casos, la deformación máxima del concreto es $\epsilon_c = 0.003$, la deformación de fluencia del acero es $\epsilon_{fy} = 0.00207$ y el esfuerzo de fluencia (f_y) es 414 Mpa (Kent, 2012; Structure Point, 2020).

El primer caso es la columna C1, radio de 25.4 cm y reforzada con 6 barras número 10 (diámetro de 3.22 cm) separadas un ángulo de 60°. La distancia entre ejes de barras y la cara exterior es 6.38 cm. La resistencia a compresión del concreto es (f'_c) 20.7 MPa (3 ksi) y el acero longitudinal está confinado por espirales del número 3 que cumplen con los requisitos de la norma (figura 4a) (Kent, 2012).

La gráfica 3 presenta dos gráficas: el diagrama nominal referenciado y el diagrama calculado con la aplicación. El error entre ambas en un punto (M_n, P_n) se calcula con la ecuación 26, donde R_R es el módulo del diagrama de referencia y R_C es el módulo aquí calculado (cuadro 1). La gráfica 4 muestra la definición de la ecuación 26. El error es negativo cuando la curva calculada con la aplicación envuelve a la curva referenciada y viceversa. El cálculo de las coordenadas de los puntos R_C y/o R_R se realizó con el procedimiento descrito en el inciso anterior.

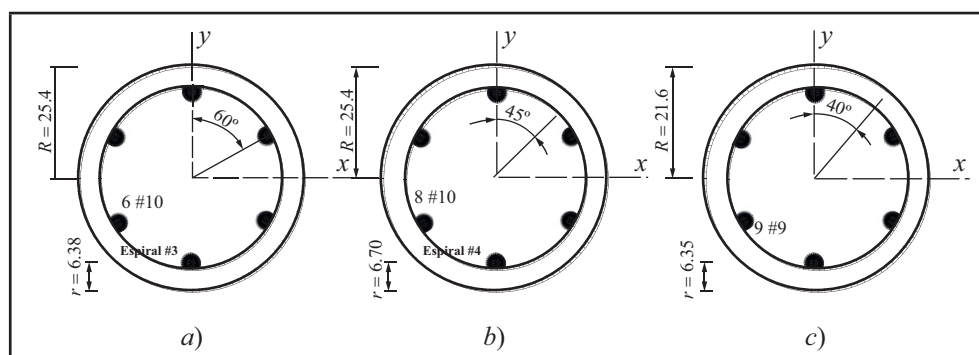


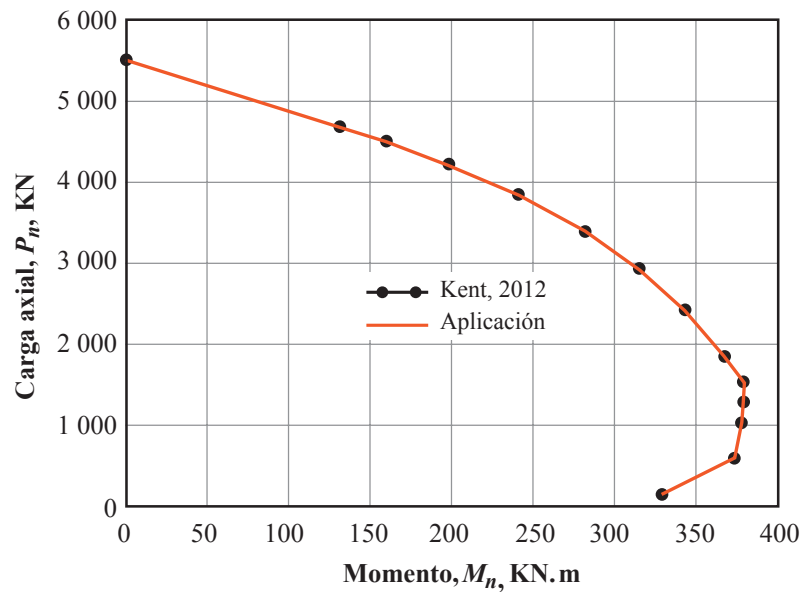
FIGURA 4

Geometría y distribución de acero

Fuente: elaboración propia.

Nota: a) Columna C1 (Kent, 2012), b) Columna C2 (Structure Point, 2020), c) Columna C3 (ACI, 2015). Dimensiones en cms.

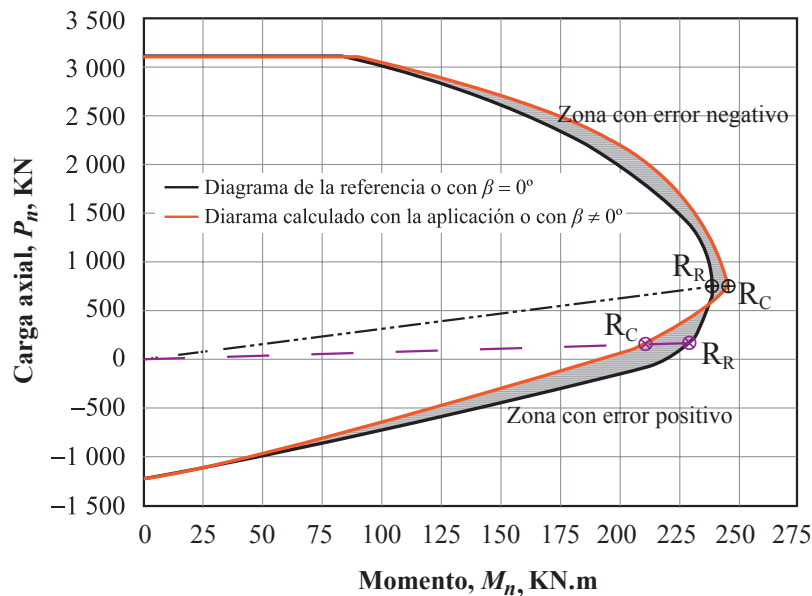
$$E(\%) = 100 (R_R - R_C)/R_R \quad (26)$$



GRÁFICA 3

Diagrama de interacción nominal de la columna C1

Fuente: Kent (2012).

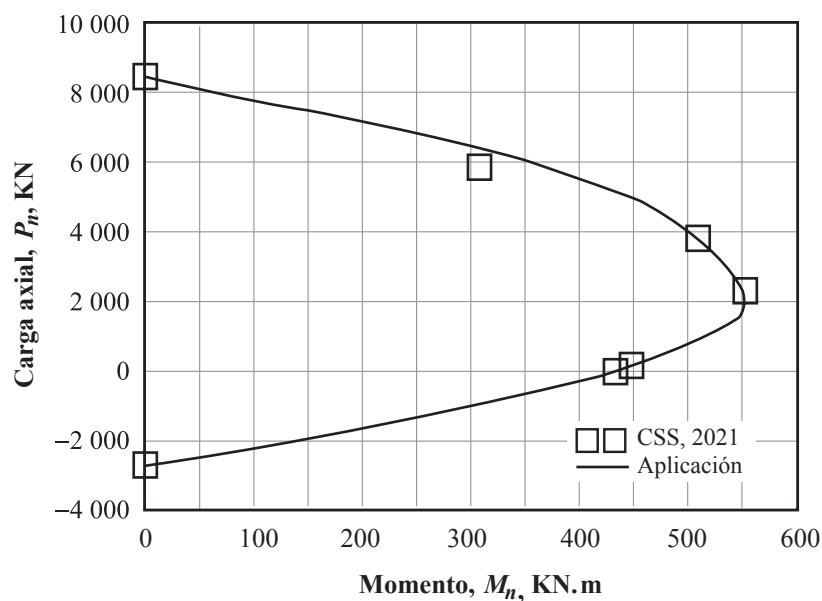


GRÁFICA 4

Definición del error y/o variación entre curvas con distinto valor de β

Fuente: elaboración propia.

En el segundo caso se analizó una columna con radio de 25.4 cm (C2) y distancia entre el eje de barras y la cara exterior igual a 6.70 cm. El acero longitudinal está formado por 8 barras número 10 (diámetro 3.22 cm) y separadas un ángulo de 45°. La resistencia a compresión del concreto es (f'_c) 34.5 MPa (5 ksi); espirales del número 4 confinan el acero longitudinal de acuerdo con los requisitos del ACI (figura 4b) (Structure Point, 2020). La gráfica 5 muestra ambas curvas formadas por siete puntos, como se observa el error máximo es 0.2 % cuando la deformación extrema del acero es $e_{st} = 0.005$ (cuadro 2).



GRÁFICA 5

Curva de interacción nominal en la columna C2

Fuente: Structure Point (2020).

CUADRO 1

Comparación de valores (KN.m)

a, mm	Condición	Kent, 2012		Aplicación		Error %
		M_n	P_n	M_n	P_n	
508.0	P_o	0.0	5 510.0	0.0	5 514.1	0.0
449.7		131.0	4 684.0	130.9	4 683.9	0.0
428.6		160.0	4 508.0	159.5	4 504.1	0.0
400.9		198.0	4 219.0	198.2	4 219.1	0.0
369.0	$0.0 f_y$	241.0	3 844.0	240.9	3 842.0	0.0
332.9		282.0	3 396.0	282.1	3 395.5	0.0
301.7		315.0	2 937.0	314.6	2 936.6	0.0
270.7	$-0.5 f_y$	343.0	2 430.0	342.6	2 430.9	0.0
239.5		367.0	1 857.0	367.2	1 858.7	0.0
223.5	$-1.0 f_y$	379.0	1 535.0	379.2	1 533.3	0.0
210.1		379.0	1 295.0	379.0	1 294.5	0.0
196.6		378.0	1 037.0	378.0	1 037.7	0.0
175.1		374.0	592.0	373.5	600.3	0.0
142.7		329.0	147.0	328.8	146.6	0.1

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 2

Comparación de valores (KN.m)

a, mm	Condición	Structure Point, 2021		Aplicación		Error, %
		M_n	P_n	M_n	P_n	
508.0	P_o	0.0	8 462.0	0.0	8 461.7	0.0
352.3	$0.0 f_y$	308.7	5 839.9	379.9	5 806.2	-0.1
262.4	$-0.5 f_y$	509.0	3 809.5	509.3	3 781.8	0.0
208.8	$-1.0 f_y$	553.1	2 308.7	552.2	2 286.8	0.0
148.5	$e_s = 0.005$	448.0	167.0	448.1	172.8	0.2
127.0	Flexión	434.2	0.0	434.0	0.0	0.1
	$P_{nt,max}$	0.0	-2 712.1	0.0	-2 711.0	0.0

Fuente: elaboración propia.

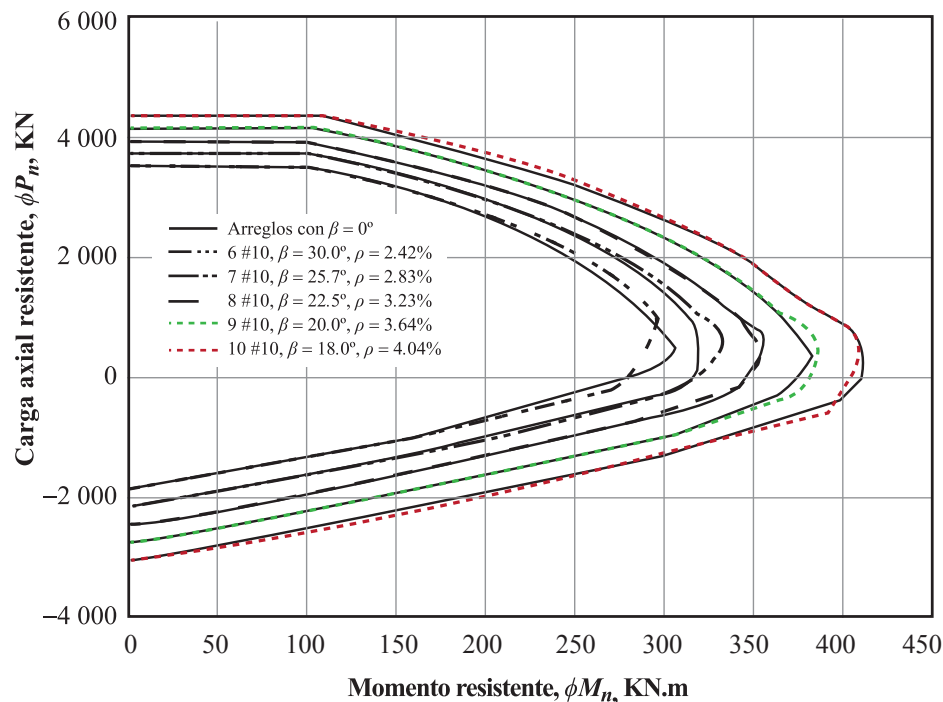
2. RESULTADOS

2. 1. Error en diagramas al considerar la posición del acero de refuerzo

La gráfica 6 y la gráfica 7 representan los diagramas resistentes de interacción de la columna C1 con cuantías de acero entre 2.42 y 4.04%, la resistencia a compresión del concreto es 20.7 MPa (3 ksi) y 34.5 MPa (5 ksi), respectivamente. Cada una contiene cinco series de dos gráficas correspondientes a 6, 7, 8, 9 y 10 barras del número 10. El ángulo entre el eje vertical superior y la primera barra del lado derecho de cada arreglo es la variable β definida en la figura 2; el rango de valores es 30° a 18° corresponde a 6 y diez barra respectivamente. En ambas gráficas la línea continua presenta el caso de $\beta = 0$. El cuadro 3 presenta el error máximo (ecuación 26) entre cada par de curvas en función del ángulo β y la excentricidad de la carga. El error es positivo si el módulo del punto de análisis en la curva con $\beta = 0$ es mayor al correspondiente de la curva cuando $\beta \neq 0$; en caso contrario, es negativo (gráfica 4). En los cuadros 3 y 4 Exc representa la excentricidad definida por la relación $\phi M_n / \phi P_n$.

El mismo procedimiento se realizó en la columna C3 mostrada en la figura 4c (ACI, 2015) con idénticos valores de la resistencia a compresión. Los diagramas resistentes de interacción con $\beta = 0$ y $\beta \neq 0$ se muestran en las gráficas 8 y 9. El error máximo se presenta en el cuadro 3.

Adicionalmente, se calcularon las curvas de diseño de las columnas C1 y C3 con valores próximos entre sí de la cuantía de acero longitudinal. La resistencia a compresión fue 20.7 MPa y 34.5 MPa. Tres configuraciones de acero fueron propuestas: 9 #9, 7 #10 y 6 #11. El ángulo β varía entre 30° y 20° . La gráfica 10 y 11 presentan dichas gráficas formadas por dos curvas, donde la primera calculada con $\beta = 0^\circ$ y en la segunda cuando $\beta \neq 0$. El error máximo en cada caso se muestra en el cuadro 4.



GRÁFICA 6

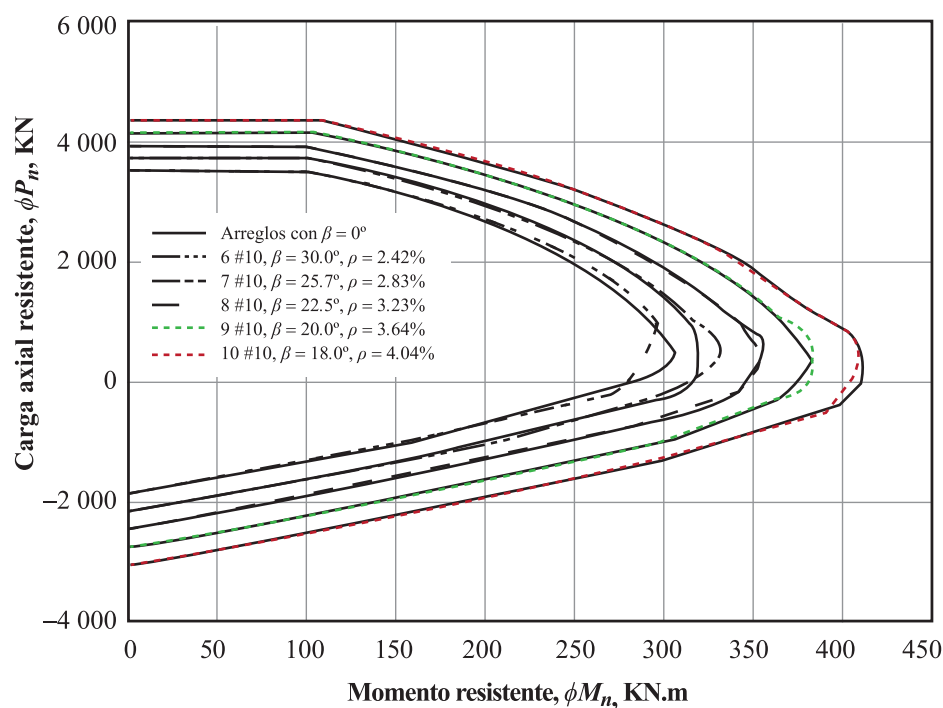
Diagramas resistentes de interacción de columna C1

Fuente: elaboración propia.

Nota: con ρ variable, resistencia a la compresión $f'_c = 20.7$ MPa (3 ksi).

El ángulo β y el valor absoluto del error de los cuadros 3 y 4 se presentan en la gráfica 12, donde se muestra una recta envolvente cuya ecuación es ajustada a tres puntos extremos de los datos, por lo que el factor de correlación R es la unidad, los parámetros de la ecuación 27 son $A = 0.358$ y $b = -4.15$.

$$E = A\beta + b \quad (27)$$



GRÁFICA 7

Diagramas resistentes de interacción de columna C1

Fuente: elaboración propia.

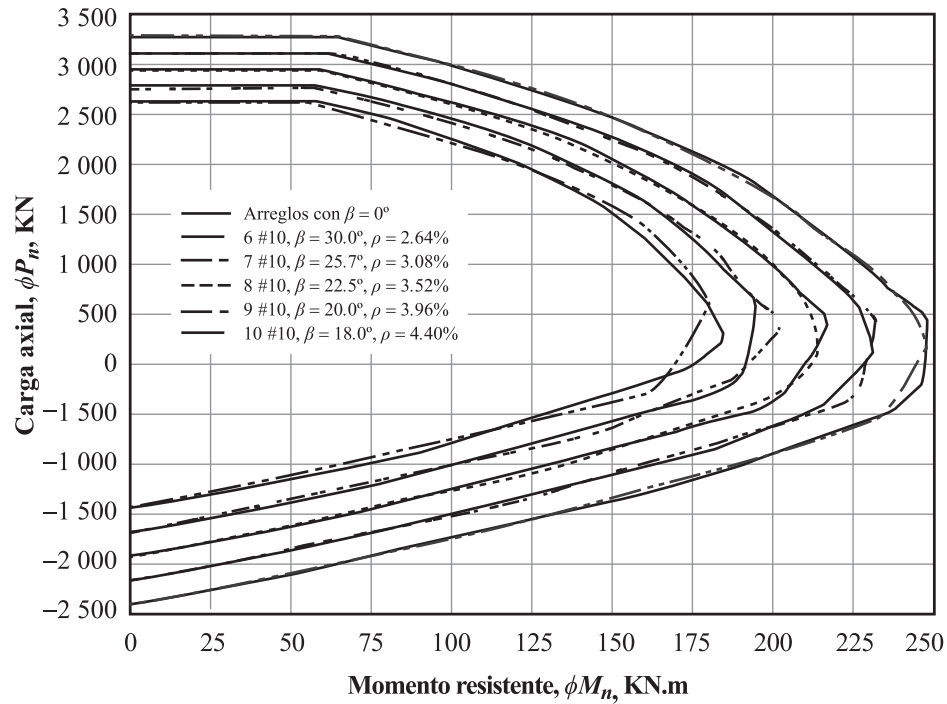
Nota: con ρ variable, resistencia a la compresión $f'_c = 34.5$ MPa (5 ksi).

CUADRO 3

Error (%) con ρ variable en columnas C1 y C3

Columna	Acero de refuerzo	Ángulo β en grados	$f'_c = 20.7$ MPa (3 ksi)		$f'_c = 34.5$ MPa (5 ksi)	
			Exc	Error	Exc	Error
C1	6#10	30.0	0.65	5.7	0.44	5.8
	6#10	30.0			0.18	-1.9
	7#10	25.7	0.54	-4.4	0.38	-4.2
	8#10	22.5	0.53	2	0.38	1.5
	9#10	20.0	-1.32	-2.9	2.75	-2.8
	10#10	18.0	-3.4	2.3	1.3	2.2
C3	6#10	30.0	0.6	5.8	0.4	5.9
	7#10	25.7	0.6	-4.1	0.4	-3.9
	8#10	22.5	0.5	2.6	0.3	1.9
	9#10	20.0	-0.6	-2.8	-2.6	-3.0
	10#10	18.0	-1.2	2.3	0.3	1.8

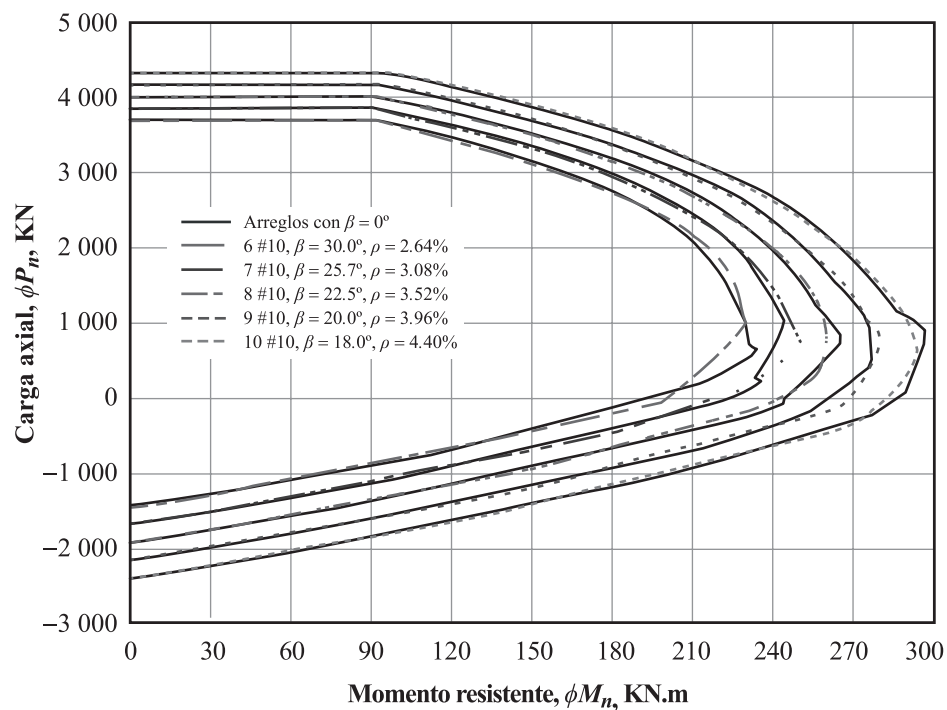
Fuente: elaboración propia.



GRÁFICA 8

Diagramas resistentes de interacción de columna C3

Fuente: elaboración propia.

Nota: con ρ variable, resistencia a la compresión $f'_c = 20.7$ MPa (3 ksi).

GRÁFICA 9

Diagramas resistentes de interacción de columna C3

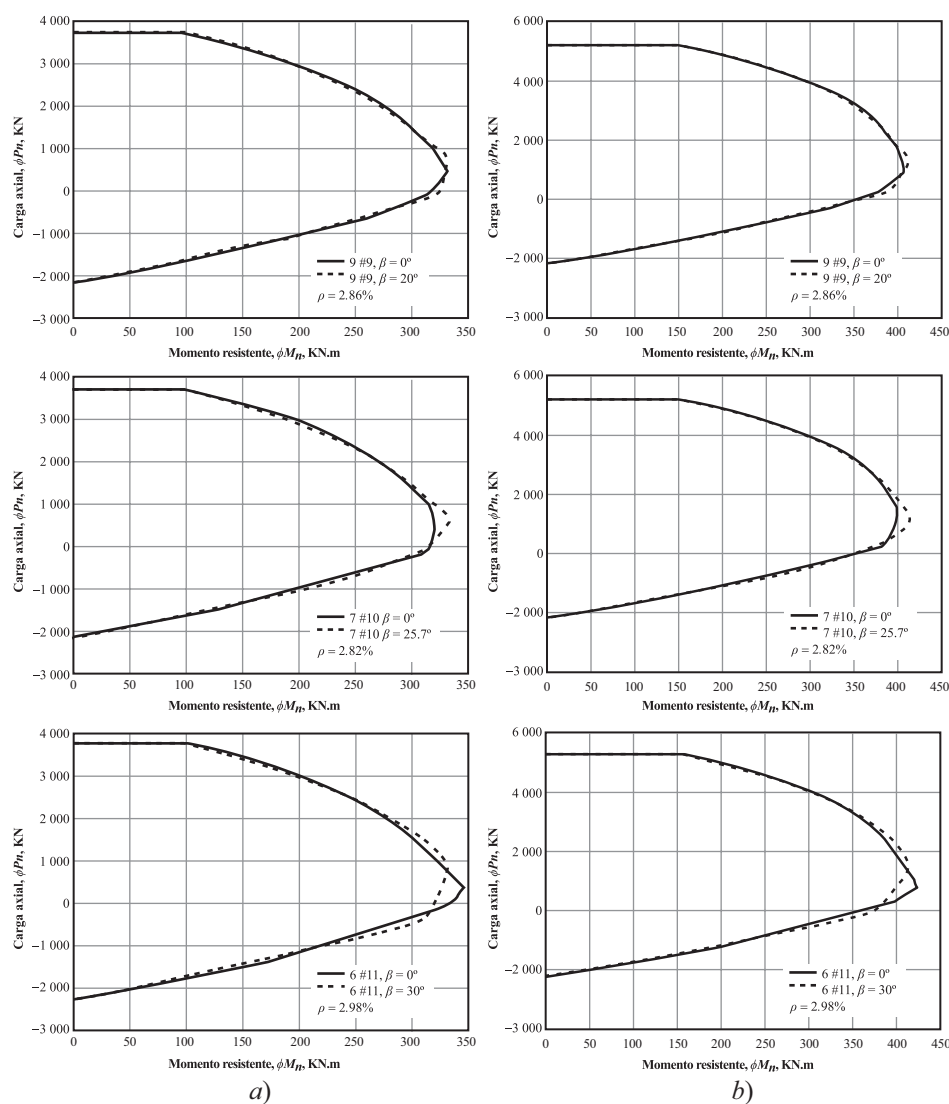
Fuente: elaboración propia.

Nota: con ρ variable, resistencia a la compresión $f'_c = 34.5$ MPa (5 ksi).

2. 2. Diagramas resistentes considerando la posición del acero de refuerzo

Como se observa en el cuadro 3, cuadro 4 y gráfica 6, 7, 8, 9, 10 y 11 hay diferencias en los diagramas de interacción al tomar en cuenta la posición del acero de refuerzo. Si bien en algunos casos el diagrama de interacción con $\beta = 0$ envuelve al diagrama con $\beta \neq 0$, en otros la situación se invierte; de esta forma, se desconoce el nivel de seguridad estructural real. Por tal razón, en el diseño deben considerarse las siguientes opciones:

- Modificar el valor de la relación $M_U/\phi M_{n1}$ o $P_U/\phi P_{n1}$, cuyo valor máximo es 1, en función del error relacionado con la cantidad de barras colocadas.
- Colocar mayor cantidad de barras distribuyendo el acero requerido.
- Construir diagramas de interacción tomando en cuenta la cantidad y posición de las barras de refuerzo.



GRÁFICA 10

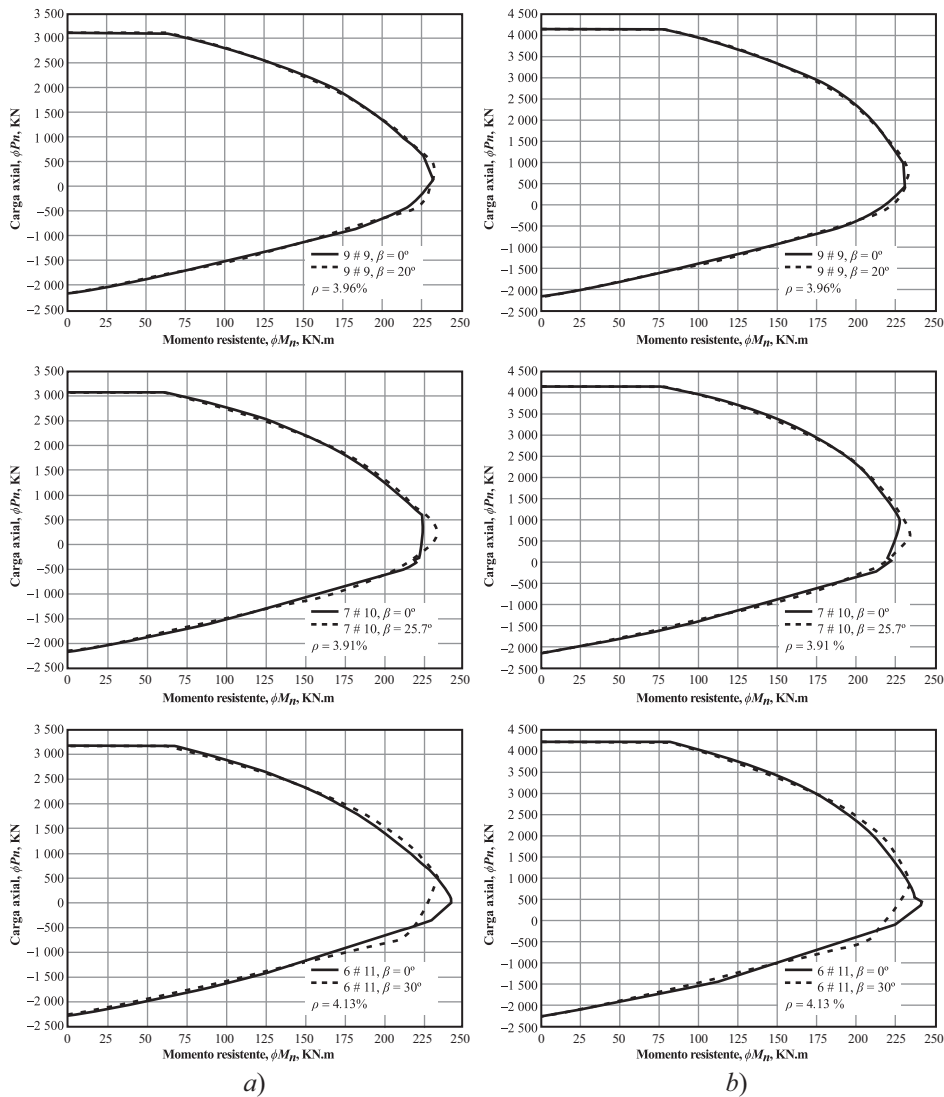
Diagramas resistentes de interacción en columna C1 con ρ constante y diferente valor de resistencia a la compresión: a) $f'_c = 20.7$ MPa (3 ksi), b) $f'_c = 34.5$ MPa (5 ksi)

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 4
Error (%) con ρ constante en columnas C1 y C3

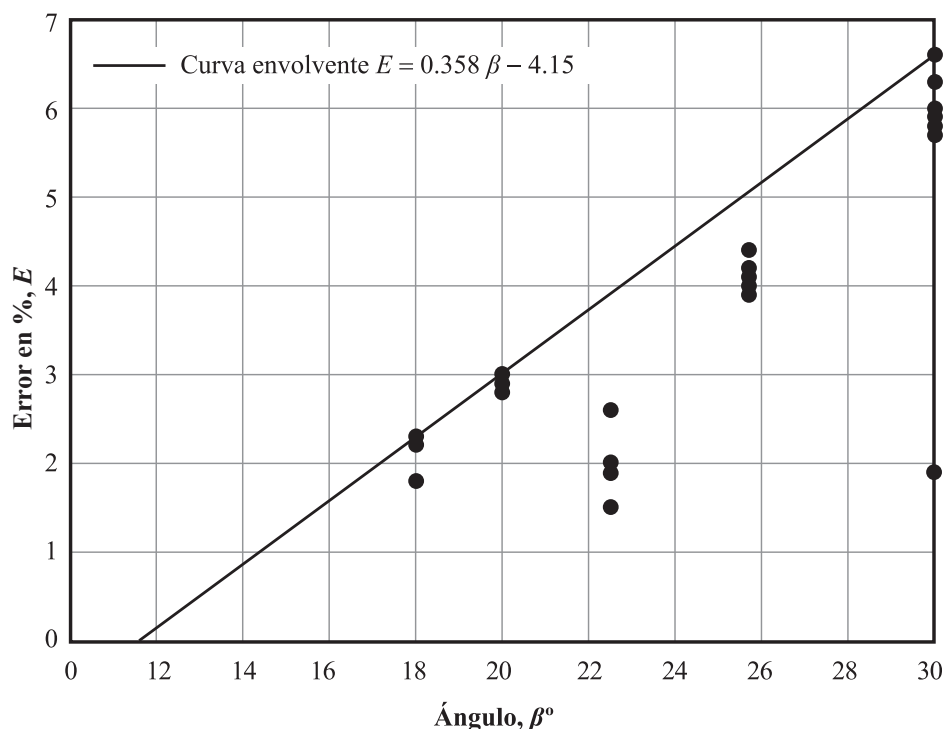
Columna	Acero de refuerzo	Ángulo β	$f'_c = 20.7 \text{ Mpa}$ (3 ksi)		$f'_c = 34.5 \text{ Mpa}$ (5 ksi)	
			Exc	Error	Exc	Error
C1	9#9	20.0	-5.0	-2.8	1.3	-2.9
	7#10	25.7	0.5	-4.0	0.4	-4.2
	6#11	30.0	0.9	5.8	0.5	6.0
C3	9#9	20.0	-0.7	-2.9	-3.6	-3.0
	7#10	25.7	0.9	-4.2	0.5	-4.1
	6#11	30.0	68.0	6.3	0.8	6.6

Fuente: elaboración propia.
Nota: Exc es la excentricidad igual a $\phi M_n / \phi P_n$.



GRÁFICA 11
Diagramas resistentes de interacción en columna C3

Fuente: elaboración propia.
Nota: con ρ constante y diferente valor de resistencia a compresión: a) $f'_c = 20.7 \text{ MPa}$ (3 ksi), b) $f'_c = 34.5 \text{ MPa}$ (5 ksi).



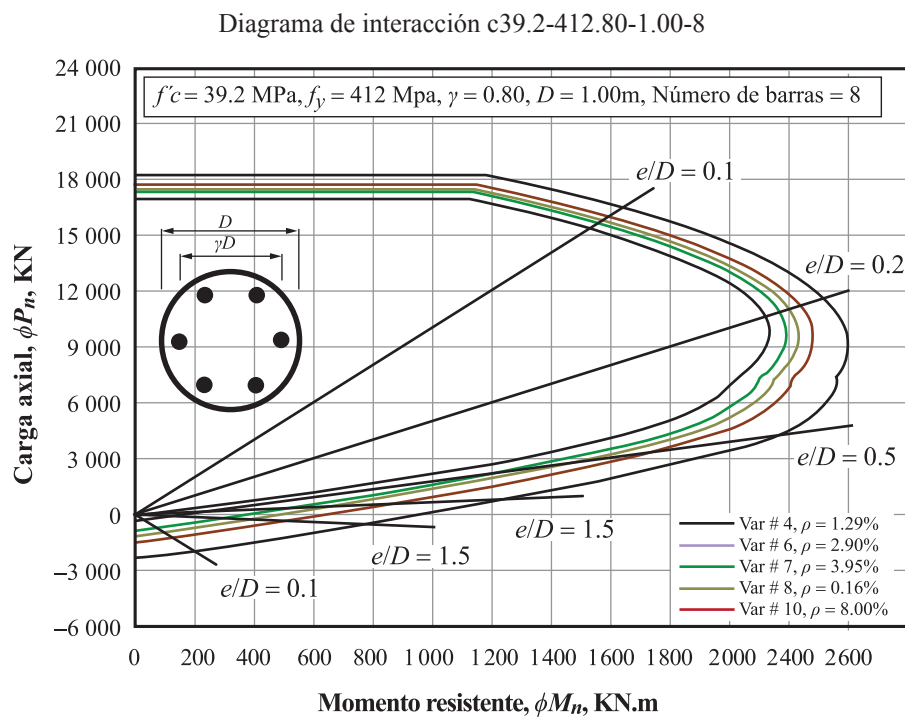
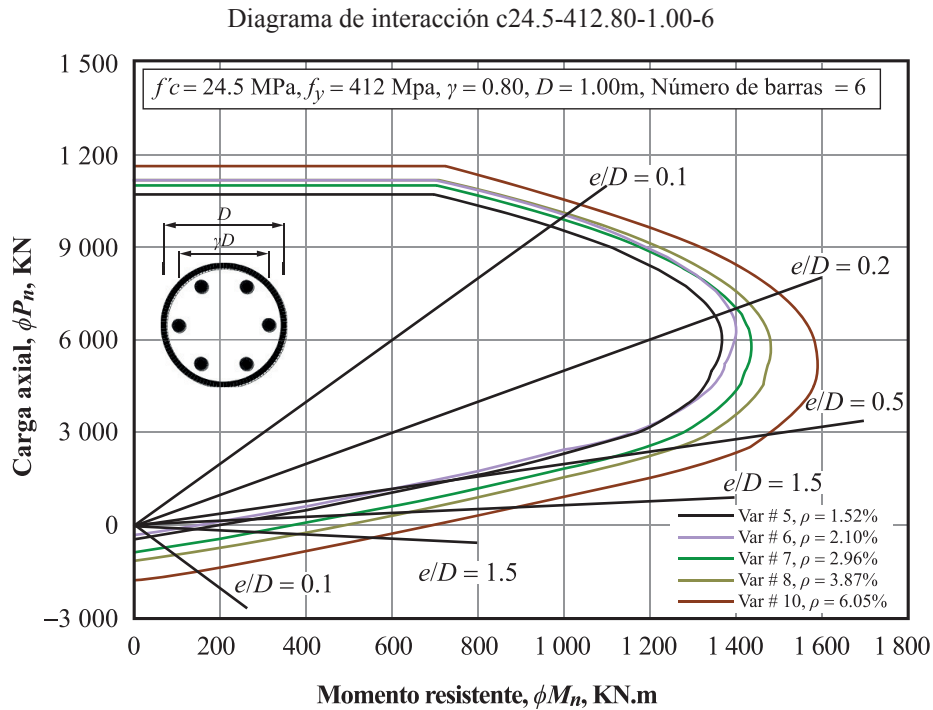
GRÁFICA 12
Relación ángulo β -error (E)
Fuente: elaboración propia.

Con la idea expresada en el último punto y utilizando la aplicación, se elaboraron los diagramas resistentes de interacción mostrados en la gráfica 13 y 14. De acuerdo con la norma, en columnas confinadas por espirales deben colocarse al menos 6 barras. La gráfica 13 presenta el diagrama resistente correspondiente para este caso. En forma similar a las referencias (ACI, 2015) se denominó C24.5-421.80-1.00-6, donde la variable C define una columna circular, el valor 24.5 es la resistencia a compresión del concreto en MPa, el parámetro 421 es el esfuerzo de fluencia del acero en Mpa y la relación distancia entre ejes de barras respecto al diámetro de la columna es la variable γ , igual a 0.80. El diámetro de la columna es la variable D en metros, igual a 1.00, donde el último dígito representa la cantidad de barras, que es 6 en este caso.

En el segundo diagrama, gráfica 14, cambia tanto la resistencia a compresión del concreto (39.2 MPa) como la cantidad de barras longitudinales, 8 barras. Los valores del ángulo β son 30° y 22.5° en la gráfica 13 y en la gráfica 14, respectivamente.

En los diagramas de la gráfica 13 se utilizaron barras del número 5, 6, 7, 8 y 10; así, la cuantía de acero está entre 1.52 %-6.05%. En los diagramas de la gráfica 14 se utilizaron barras del número 4, 6, 7, 8 y 10. Los límites de la cuantía de acero son 1.29% y 8.00 %. En ambos casos este parámetro se encuentra en el intervalo permitido (1%-8%),

Las espirales confinantes cumplen con los requisitos normativos, por lo que los factores de reducción de resistencia utilizados en las ecuaciones 22 y 23 son $F_{R1} = 0.75$, $F_{R2} = 0.25$ y $F_{R3} = 0.85$. En los diagramas también se dibujaron rectas para distintos valores de e/D , donde e es la excentricidad de la carga y D representa el diámetro de la columna.



PROSPECTIVA

La mayoría de los diagramas de interacción para diseño de columnas cortas de forma circular sólidas, normalmente adimensionales, no consideran la posición del acero vertical, ya que éste se modela como un anillo continuo –también las referencias son pocas– y sólo Wight y Macgregor (2012) expresan que el error es despreciable cuando las columnas tienen al menos 8 barras. Para este caso, los resultados indican un error de 4 %.

Como se observa, en la cercanía de la falla balanceada, existe la posibilidad de subestimar o sobreestimar la capacidad de las columnas. De acuerdo con la ecuación 26, gráfica 4 y cuadros 3 y 4, un error negativo sobrestima la capacidad de la columna armada con 7 barras en hasta 4%. Un error adicional se puede generar cuando en proyecto no se indique la colocación exacta del acero de refuerzo en la sección circular o en obra no se respete esta indicación y, como consecuencia, la envolvente de capacidad en la zona con error positivo de la gráfica 4 podría ser el diagrama calculado con $\beta \neq 0$ y generar un error de hasta 7% si se colocan 6 barras.

Por otro lado, el proceso de análisis y diseño estructural tiene bases probabilistas al considerar valores mayores a uno en los factores de carga y menores a 1 en los factores de reducción de resistencia. Sin embargo, cuando se diseña o revisa una columna sometida a flexocompresión se considera un criterio determinista estricto de la relación $M_U/\phi M_{n1}$ o $P_U/\phi P_{n1}$, la cual por seguridad y con la idea de optimizar al máximo la capacidad de las columnas, principalmente las ubicadas en zonas de alto peligro sísmico, debe ser igual a la unidad. Este es otro punto a favor para utilizar los diagramas de interacción “reales”, es decir, considerando la posición del acero de refuerzo como los mostrados en las gráficas 13 y 14. Finalmente, considerando un error igual al 2%, y despejando el ángulo β de la ecuación 27, se requiere colocar 10 barras de refuerzo en la sección. También es necesario continuar con la investigación, ya que existen pocas referencias y escasas aplicaciones, comerciales o académicas, sobre el tema. Además, debe analizarse el impacto en el comportamiento global no lineal de una estructura con este tipo de columnas.

CONCLUSIONES

El extenso uso de columnas circulares sólidas en zonas de alto riesgo sísmico obliga a desarrollar diagramas de interacción que optimicen la capacidad a flexocompresión de dichos elementos. Bajo esta idea se desarrolló un algoritmo de acceso libre que evalúa el diagrama de interacción considerando la ubicación del acero de refuerzo vertical. Para comprobar la exactitud, los diagramas obtenidos fueron comparados con dos ejemplos de diagramas referenciados. Los resultados son aceptables y el error no excede 0.2 %.

A continuación, se evaluaron los diagramas resistentes de interacción de dos columnas con dos valores de resistencia a compresión: 20.7 MPa (3 ksi) y 34.5 MPa (5 ksi) y dos posiciones del acero de refuerzo: *a*) la primera barra coincide con el eje vertical, *b*) la primera barra se desplaza hacia la derecha la mitad del ángulo existente entre barras. En un primer análisis (20 pares de diagramas de interacción) se varía y en un segundo (12 pares de gráficas) se mantuvo constante la cuantía de acero vertical, pero siempre cambiando la cantidad de barras. El parámetro de control (ángulo β) está entre 18°-30° y el error varía de -4.2% a 6.6% cuando se utilizan entre 6 y 10 barras de refuerzo.

Los resultados definen una relación lineal entre la cantidad de barras y el error entre dos diagramas resistentes de interacción ($\beta = 0$ y $\beta \neq 0$). El error se reduce al 2% cuando se colocan al menos 10 barras de refuerzo. En caso de utilizar una cantidad menor, entre 6 y 9 barras, deben calcularse diagramas similares a los aquí presentados utilizando la aplicación Open Source desarrollada ex profeso. En este caso es importante definir la correcta colocación del acero longitudinal y garantizar su cumplimiento en obra para que la flexión durante la vida útil del elemento ocurra respecto al eje neutro de diseño.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero a la Universidad Autónoma de Guerrero en el desarrollo de este proyecto. A los árbitros se agradecen los valiosos comentarios para mejorar el manuscrito.

REFERENCIAS

- ACI (American Concrete Institute). (2020). *SP-017(14): The Reinforced Concrete Design Handbook Column Interaction Diagram Spreadsheet*. American Concrete Institute. Retrieved from https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=SP1714DAE&Format=EXCEL&Language=English&Units=US_Units
- ACI (American Concrete Institute). (2019). *ACI CODE 318-19: Building code Requirements for structural concrete and commentary*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- ACI (American Concrete Institute). (2015). *The reinforced concrete design handbook. A companion to ACI 318-14. Volume 3*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- AMDROC. (2006). *Manual del DRO. México: Asociación Mexicana de directores responsables de obra y correspondientes A. C.*
- Cosenza, E., Galasso, C., & Maddaloni, G. (2011). A simplified method for flexural capacity assessment of circular RC cross-sections. *Engineering Structures*, 33, 942-946. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.12.015>.
- Di Laora, R., Galasso, C., Mylonakis, G., & Cosenza, E. (2019). A simple method for N-M interaction diagrams of circular reinforced concrete cross sections. *Structural Concrete*, 21(1), 48-55. <https://doi.org/10.1002/suco.201900139>
- Griffiths, D. V. & Smith I. M. (2006). *Numerical Methods for Engineers*. Chapman & Hall/CRC.
- Hernández, J. y Sotolongo, C. (2018). Columnas a flexo compresión biaxial. Métodos simplificados y ayudas de cálculo. *Ingeniería Civil*, 189, 77-87. Disponible en <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/issue/view/27>
- Hernández-Montes, E., Gil-Martín, L., & Aschheim M. (2005). Design of concrete members subjected to uniaxial bending and compression using reinforcement sizing diagrams. *ACI Structural Journal*, 102(1), 150-158. <https://doi.org/10.14359/13540>
- Kent, J. (2012). Bending-Axis effects on Load-Moment (P-M) Interaction diagrams for circular concrete columns using a limited number of longitudinal reinforcing bars. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 12(1), 10-16. <https://doi.org/10.56748/ejse.12147>
- Lehman, C. (2006). *Geometría analítica*. México, Editorial Limusa
- Quaranta, G., Trentadue, F., & Marano, G. (2017). Closed-form approximation of the axial force-bending moment interaction diagram for hollow circular reinforced concrete cross-sections. *Engineering Structures*, 153, 516-524. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.10.042>
- Sánchez Tizapa, S. (2021). *Cálculo de diagrama de interacción en columnas sólidas circulares*. Disponible en <https://github.com/SULPICIO67/Columnas-circulares-de-concreto>
- Scilab (2021). *Open source software for numerical computation. Version 6.1.0*. Retrieved from <https://wingetgui.com/apps?id=Scilab.Scilab&v=6.1.0>
- Structure Point (Concrete Software Solutions). (2020). *Interaction Diagram-Circular Reinforced Concrete Column (ACI-318 14)*. Retrieved from <https://structurepoint.org/publication/pdf/Circular-Reinforced-Concrete-Column-Interaction-Diagram-ACI318-14.pdf>

- Tayem, A., & Najmi, A. (1996). Design of round reinforced-concrete columns. *Journal of Structural Engineering*, 122(9), 1062-1071. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1996\)122:9\(1062\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1996)122:9(1062))
- Varilla corrugada. NMX-B-506. (2021). Obtenido del Website Grupo Acerero (2021). <https://grupoacerero.com.mx/home/items/varilla/>
- Wight, J., & Macgregor, J. (2012). *Reinforced Concrete. Mechanics & Design* (6th edition). Boston: Pearson International.

NOTAS

- [1] El algoritmo de cálculo de la curva nominal, de la curva resistente y de la relación ($M_U/\phi M_{n1}$, $P_U/\phi P_{n1}$) pueden descargarse de la página (Sánchez Tizapa, 2021): <https://github.com/SULPICIO67/Columnas-circulares-de-concreto>

CC BY-NC-ND



Antioxidant capacity of commercial cranberry juices before and after storage at low temperature

Díaz Torres, Rocío del Carmen; Cilia-López, Virginia Gabriela

Antioxidant capacity of commercial cranberry juices before and after storage at low temperature

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | e174

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.



Díaz Torres, R. del C. y Cilia-López, V. G. (2022). Antioxidant capacity of commercial cranberry juices before and after storage at low temperature. *CIENCIA ergo-sum*, 29(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a8>

Antioxidant capacity of commercial cranberry juices before and after storage at low temperature

Capacidad antioxidante de jugos de arándano antes y después de su almacenamiento a baja temperatura

Rocio del Carmen Díaz Torres

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

rocio.diaz@uaslp.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-4875-0383>

Recepción: 20 de mayo de 2021

Aprobación: 2 de agosto de 2021

Virginia Gabriela Cilia-López

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México*

gabriela.cilia@uaslp.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-0064-4490>

RESUMEN

Se evalúa la actividad antioxidante (AA) de jugos de arándano disponibles en los supermercados de San Luis Potosí, México, antes y después de su almacenamiento a baja temperatura (4 °C) mediante los métodos ABTS•, DPPH• y FRAP. Se analizan 12 jugos comerciales al abrirlos (D1) y 24 horas después (D2). Los resultados se expresaron como capacidad antioxidante equivalente a vitamina C (VCEAC) y porcentajes de inhibición de radicales libres. La mayor AA se registró a los 60 min, aunque fue diferente en los tres métodos. La AA disminuyó significativamente en D2. Por lo tanto, se recomienda el consumo de jugo de arándano una vez abierto el envase para garantizar el consumo de los compuestos antioxidantes asociados a un efecto benéfico para la salud.

PALABRAS CLAVE: jugos, radicales libres, compuestos fenólicos, marcas comerciales.

ABSTRACT

This study evaluated the antioxidant activity (AA) of cranberry juices available in supermarkets of San Luis Potosí, México, before and after storage at low temperature (4°C) by ABTS•, DPPH•, and FRAP methods. Twelve commercial juices were tested at the time of opening (D1) and 24 hours later (D2). The results were expressed as vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) and percentages of free radical inhibition. The highest AA was recorded at 60 min, although it was different in the three methods. The AA decreased significantly in D2. Therefore, our study recommends the consumption of cranberry juice once the container is opened, to ensure the consumption of the antioxidant compounds associated with a beneficial effect on health.

KEYWORDS: juices, cranberries, free radical, phenolic compounds, commercial brands.

INTRODUCTION

Fruit and vegetable juices are widely used due to their convenience and method of consumption, high concentrations of functional ingredients, and represent an appropriate medium for functional component dissolution (Wootton-Beard & Ryan, 2011). Cranberry juice is the second fruit juice of interest due to its health benefits, after citrus juices (Wootton-Beard & Ryan, 2011; Shidfar *et al.*, 2012; Hyson, 2015). With various clinical studies that support its use, cranberry has established itself in the market of dietary supplements since the last decade of the twentieth century (Blumberg *et al.*, 2016).

The cranberry belongs to the *Vaccinium* genus (Ericaceae), is cosmopolitan and has 450 species (Abreu *et al.*, 2014) of which the most used to produce commercial juices is *V. macrocarpon*, a shrub species native to North

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

*gabriela.cilia@uaslp.mx

America (Brown & McNeil, 2006). As one of the first functional foods in America, cranberry juice has been popular for many years for treating and preventing Urinary Tract Infections (UTIs) and cardioprotective effects attributed to its phenolic compounds. Its activities have been evaluated in reproductive-age women (Bass-Ware *et al.*, 2014), adults (Chen *et al.*, 2013), children (Salo *et al.*, 2012), and pregnant women (Heitmann *et al.*, 2013). According to epidemiological studies, cranberry and cranberry juices consumption is related to a decrease in the inflammatory response associated with non-communicable diseases (cancer, diabetes, renal diseases) (Babu *et al.*, 2012; Pagonas *et al.*, 2012; Weh *et al.*, 2016). Besides, cranberry juice is beneficial in stomach ulcer prevention (McKay *et al.*, 2015) because it inhibits *Helicobacter pylori* adhesion in the gastric mucous membrane (Lin *et al.*, 2011).

Cranberries are popular with consumers because of their tart taste and their health benefits (McKay *et al.*, 2015). These effects are attributed to a variety of compounds with antioxidant capacities such as tannins, flavonoids (including flavonols, flavan-3-ols, anthocyanins, and proanthocyanidins), anthocyanins, procyanidins, phenolic acids (including benzoic, hydroxycinnamic, and ellagic acids), triterpenes, iridoids, and organic acids (Pappas & Schaich, 2009). The antioxidant capacity of cranberry juices in humans has been reported in numerous studies. These effects are attributed to the vitamin C increase and phenols in plasma. Also, it has been reported that cranberry juice consumption for two weeks decreased circulating oxidized LDL (Vinson *et al.*, 2008).

It has been proven that fruit juices stored at room temperature have a significantly shorter shelf life than those at a lower temperature (Teleszko *et al.*, 2016). There are studies for the antioxidant activity analysis of medicinal or edible plants. However, analysis of the antioxidant activity of foods consumed daily by the population is currently scarce. Packaged juices are among the most popular foods in the population. However, proper storage temperature is a requirement to maintain the packaged juices quality. The purpose of this study was to evaluate the antioxidant capacity of cranberry juices available on markets of San Luis Potosí, México, before and after storage at low temperature (4°C). The antioxidant capacity was evaluated by 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt radical cation (ABTS•), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH•), and (ferric reducing ability of plasma) FRAP methods.

1. MATERIALS AND METHODS

1. 1. Standard chemicals

Ammonium salt of 2,2'-azinobis- (3-ethylbenzthiazolin-6-sulphonic acid) (ABTS•) (Fluka Chemicals), potassium persulfate (Panreac), monosodium phosphate (Panreac), 2,2-diphenyl-1-picrylhydroxy (DPPH•) (Sigma), methanol (Merck), hydrochloric acid (Panreac), 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) (Fluka Chemicals), ferric chloride (Panreac), sodium acetate (Panreac), and acid ascorbic (Sigma).

1. 2. Cranberry juices samples

We evaluated 12 commercial cranberry juices available in San Luis Potosí, Mexico and obtained from local retailers. The juices were named with the following acronyms: Del Valle (DV), Jumex (JX), Sonrisa (SA), Ocean Spray (OS), Hill Country (HC), Member's Mark (MM), Kirkland Signature (KS), Golden Hills (GH), Selecto (SO), Great Value (GV), Old Orchard (OD) y Healthy balance (HB).

1. 3. Antioxidant assessment

The antioxidant capacity was evaluated by ABTS•, DPPH•, and FRAP methods. Two measurements were taken, the first when the juice was opened (D1). A second measurement was taken 24 h after at 4°C (D2) The juices were refrigerated immediately after each measure. pH readings were carried out with a Hanna HI 2211 potentiometer.

1. 4. ABTS method

To 2 ml of ABTS•+ solution, 100 μ l of juice was added and mixed for 30 sec. The absorbance at 734 nm was measured at 5, 30, and 60 minutes (Miller *et al.*, 1993).

1. 5. DPPH method

To 3 ml of DPPH• radical, 400 μ l of juice was added. This mixture was stirred and left in the dark at room temperature; the absorbance was measured at 520 nm at 5, 30, and 60 minutes (Cheng *et al.*, 2006).

1. 6. FRAP method

Nine hundred μ l of FRAP solution preserved at 37 °C were taken, for the 120 μ l of sample a 1:6 dilution was made, 100 μ l of distilled water and 20 μ l of the juice were added. The mixture was stirred and maintained at 37 °C in a thermostatic bath, proceeding to the measurement of absorption at 595 nm at 5, 30, and 60 minutes. The blank was prepared with 900 μ l of FRAP and 120 μ l of deionized distilled water (Benzie & Strain, 1996).

1. 7. Validation of analytical method

For the validation of the analytical method, seven calibration curves of ascorbic acid with a range of 0.4, 0.8, 1.2, and 1.6 mg/ml were made, obtaining the linear range (r^2) the slope of the curve (m), and the ordered to the origin (b). The quantification of ascorbic acid was validated, a correlation coefficient greater than 0.999 was obtained. Once validated the analytical method the samples were analyzed.

The concentrations were calculated by the absorbance obtained by the ABTS•, DPPH•, and FRAP methods. The absorbances were interpolated in the respective calibration curve, using the following formula:

$$y = mx + b$$

Where:

$y = A^\circ$ of the problem solution

x = problem solution concentration

b = intercept

m = slope

The x was cleared in the following way: $x = (y - b)/m$. The results were expressed as Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC). The percentage of radical inhibition of the juices by method was calculated using the following formula:

$$\% \text{ Inhibition: } \frac{(A^{\circ i} - A^{\circ f})}{A^{\circ i}} \times 100$$

Where:

$A^{\circ i}$ = initial absorbance of the radical adjusted to the desired wavelength

$A^{\circ f}$ = final absorbance of the radical and the extract

The blank, the samples and the calibration standards were performed in independent triplicates (Basanta *et al.*, 2014).

1. 8. Statistical analysis

The results were analyzed with the Statistica Software version 10.0. The normality of the data was analyzed with a Shapiro-Wilks test. The data followed a normal distribution and analyzed by factorial ANOVA. The significant differences were obtained at the 95% confidence level.

2. RESULTS AND DISCUSSION

All juices showed antioxidant activity, the highest activity recorded at 60 minutes ($p = 0.001$). Significant differences were found between D1 and D2 ($p < 0.05$), with D1 the highest VCEAC for the three methods (figure 1), as well as a higher percentage of inhibition of free radicals (table 1). The antioxidant activity of the cranberry juices is due to the phenolic compounds, which act as reducing agents' hydrogen donors, and some have metal chelation potential (Vinson *et al.*, 2008; Côté *et al.*, 2011).

TABLE 1
Percentages of inhibition of the cranberry juices at 30 and 60 minutes

Commercial brand	ABTS• (60 min) % inhibition		DPPH• (60 min) % inhibition		FRAP (30 min) % inhibition	
	Day 1	Day 2	Day 1	Day 2	Day 1	Day 2
DV	82.9 ± 0.08	82.4 ± 0.30	91.1 ± 0.86	90.4 ± 0.68	85.7 ± 0.08	75.6 ± 0.50
GH	90.9 ± 0.14	85.9 ± 0.16	87.3 ± 0.22	87.1 ± 0.32	88.9 ± 0.11	87.3 ± 0.71
GV	91.1 ± 0.40	90.5 ± 0.08	87.1 ± 0.32	85.8 ± 1.64	90.6 ± 0.04	88.6 ± 0.86
HB	89.5 ± 0.59	88.9 ± 0.32	85.3 ± 1.23	84.5 ± 0.77	88.5 ± 0.40	<i>88.9 ± 0.41</i>
HC	88.3 ± 0.07	84.3 ± 0.08	96.9 ± 0.27	92.9 ± 1.57	85.7 ± 0.04	74.9 ± 1.60
JX	75.2 ± 0.19	58.1 ± 0.08	92.8 ± 0.46	75.4 ± 1.15	77.5 ± 0.64	73.8 ± 0.27
KS	82.1 ± 0.20	77.4 ± 0.17	95.6 ± 0.77	94.1 ± 0.19	86.1 ± 0.07	76.8 ± 1.87
MM	87.8 ± 0.07	86.8 ± 0.28	96.4 ± 0.22	93.9 ± 1.25	85.4 ± 0.02	75.8 ± 0.23
OD	90.2 ± 0.33	89.8 ± 0.07	80.7 ± 0.34	79.5 ± 3.61	94.1 ± 0.07	88.9 ± 0.07
OS	83.3 ± 0.23	77.9 ± 0.10	96.1 ± 0.19	92.2 ± 1.39	85.3 ± 0.02	75.5 ± 0.19
SA	80.7 ± 0.32	10.9 ± 0.04	92.0 ± 0.66	67.9 ± 0.63	77.9 ± 1.29	74.9 ± 0.15
SO	91.1 ± 0.06	90.7 ± 0.12	85.9 ± 3.04	85.2 ± 1.46	90.1 ± 0.10	87.2 ± 1.16

Source: own elaboration.

Note: All analyses were performed in triplicate. The bold values are statistically significant ($p < 0.05$). The italics values are the highest vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC). The highest percentages are shown in boldface type.

Studies on the antioxidant activities of plants and their components have typically used more than two different methods and recommended a combination of assays for scavenging electrons or radicals DPPH•, ABTS•, and FRAP, the most widely used (Moon & Shibamoto, 2009). In our study, antioxidant activity was different in the three methods in the brands evaluated. With ABTS•, the SO showed the highest VCEAC and inhibition percentage (91.1%). Juice JX was the lowest (table 1). With DPPH•, HC was the highest at (96.9%) (figure 1), and OD was the lowest (table 1). With the FRAP method, the OD showed the highest VCEAC and percentage of inhibition (94.1%) (figure 1), and JX presented the lowest (table 1).

Studies have evaluated the antioxidant capacity of cranberry fruits (Taruscio *et al.*, 2004; Ehala *et al.*, 2005; Skrovankova *et al.*, 2005) and the effect of storage temperature on the antioxidant capacity of the fruits. The recommended storage temperature for blueberry fruit to maintain its antioxidant capacity is 2 to 4 °C (Wang & Stretch, 2001). This temperature coincides with the present study since the antioxidant activity of the juices analyzed was higher at 4 °C.

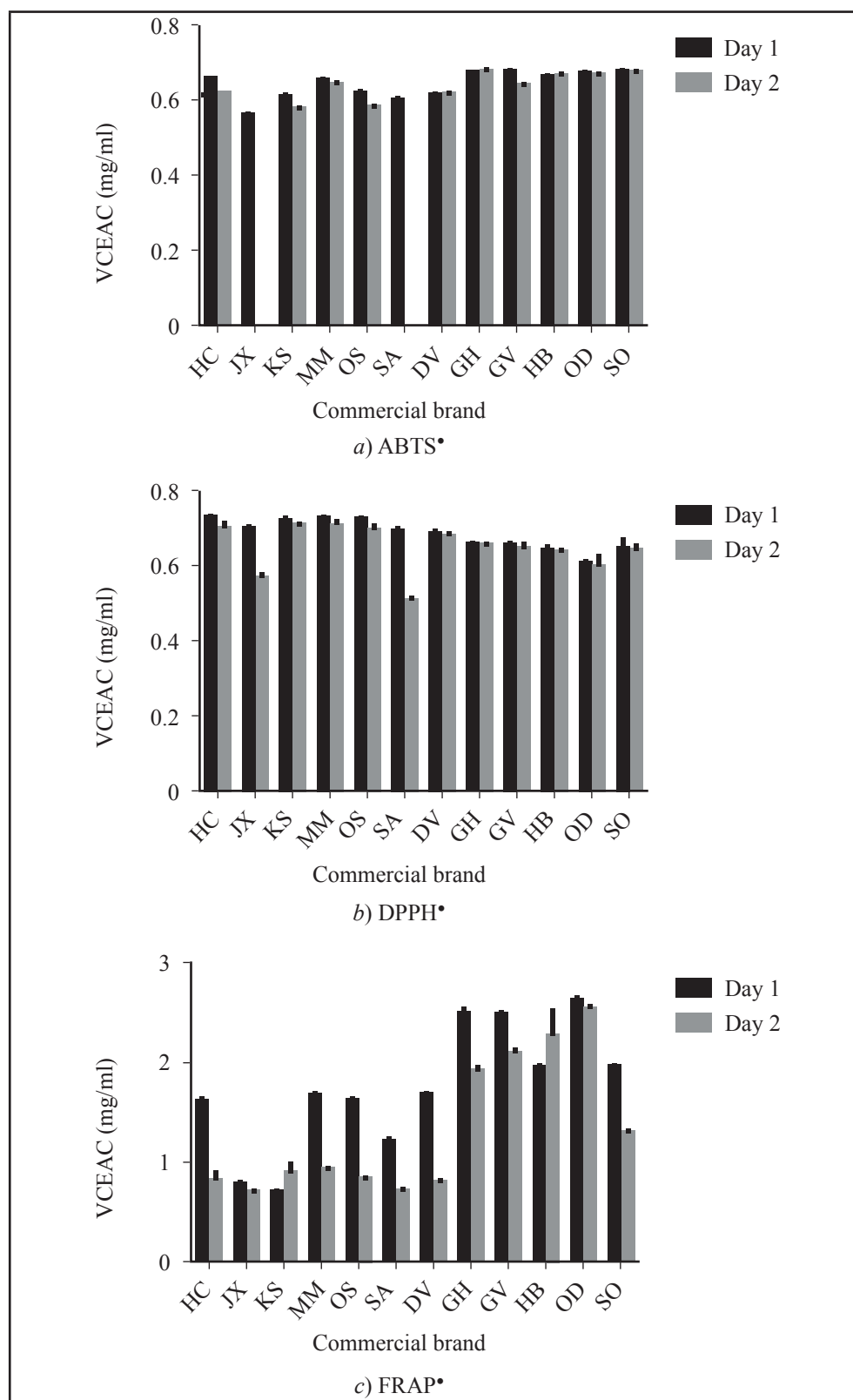


FIGURE 1

Antioxidant capacity equivalent to vitamin C (VCEAC) of the cranberry juices

Source: Own elaboration.

Note: a) ABTS•, b) DPPH•, and c) FRAP at 30 min and 60 min days 1 y 2. All analyses were performed in triplicate.

Regarding pH measurements, all values were below 5.0 with an average of 2.76, being HC the most acidic (2.58) and GH the least (3.03) in the D1. In D2, the pH increased but remained below 5.0; GH was the most acidic on both days (table 2). The acidity of the cranberry is attributable to the polyphenols; its low pH and astringency is due to low levels of sugars but high levels of organic acids, mainly citric, malic, and quinic acids (Lu *et al.*, 2017). However, polyphenols are sensitive to changes in pH because they present oxidative degradation in alkaline media, while at a pH below 5.0 they have better stability (Zeng *et al.*, 2017).

TABLE 2
pH of commercial cranberry juices and additional amount of ascorbic acid according to the label on the container

Commercial brand	Day 1	Day 2 (at 4 °C)	Day 2 (room temperature)	Ascorbic acid
DV	2.71	2.95	3.12	Without adding
JX	3.01	3.12	3.27	Without adding
SA	2.80	2.87	2.93	Without adding
OS	2.60	2.98	2.98	50 mg
HC	2.58	2.76	2.71	60 mg
MM	2.70	2.72	2.83	60 mg
KS	2.66	2.69	2.73	30%
GH	3.03*	3.16*	3.20	60 mg
SO	2.82	3.01	2.98	60 mg
GV	2.48	2.68	2.67	Not specified
OD	2.81	2.89	2.86	2%
HB	2.92	3.14	3.15	2%

Source: own elaboration.
Note: *The highest pH value is highlighted in bold type.

One of the main findings of the study was a significant difference ($p < 0.05$) in the antioxidant activity during the two evaluations. Samples in D1 have the highest percentage of inhibition and the highest rate of VCEAC. On the other hand, for D2 after refrigeration at 4 °C by 24 h, possibly the antioxidant effect decreased since the phenolic compounds were oxidized. It has been observed that phenolic compounds are susceptible to degradation by heat, light, and dissolved oxygen (Côté *et al.*, 2011; Zeng *et al.*, 2017). Besides, heating, separation, and storage techniques can result in oxidation, thermal degradation, and leaching to surrounding water can increase or decreases the antioxidant activity (Wootton-Beard & Ryan, 2011). Also, the pH change modified the antioxidant capacity of the juices registered in D2. It is recommended to store the cranberry juice at 4 °C to avoid contamination with pathogens (Sewlikar & D’Souza, 2017). However, when juices are stored at a low temperature (i. e., 4 °C), the polyphenol content decreased (Tembo *et al.*, 2017).

It has been suggested that juices stored at -1.5 °C possessed higher polyphenol contents, fewer color alterations, and less aroma and taste loss than at 25 °C (Gou *et al.*, 2019). However, frozen juice requires thawing before consumption, during which time it may become contaminated with microorganisms. Understanding how processing and storage alter the cranberries’ polyphenolic compounds, it is crucial to avoid them and maximize the health benefits of cranberry juice (White *et al.*, 2011).

The compounds with antioxidant capacity present in the commercial juices of cranberry confer benefits to human health (Babu *et al.*, 2012; Dang *et al.*, 2012; Duffey & Sutherland, 2015). Several studies reported

increases in the antioxidant capacity of plasma following consumption of cranberry juice (Liu *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2017). For these reasons, currently, cranberry juice is popular among the population and is known as a beverage that brings health benefits. Commercial juices are a source of antioxidants and may increase the consumption of fruits and vegetables to re-equate the balance between recommendations and actual intake due to their high levels of polyphenolic compounds, which have health benefits (Wootton-Beard & Ryan, 2011). It is important to note that commercial cranberry juices are high in sugars and calories. In Mexico, there is front-of-food labeling that allows consumers to identify foods with higher sugars, calories, and fat content. Therefore, commercial cranberry juice should be consumed according to the recommended portions for each age group to obtain its benefits as a functional food.

Cranberry juice is an option to increase the consumption of functional foods in a scenario where there is an increase in the incidence of diseases associated with inflammatory processes (cancer, diabetes, cardiopulmonary diseases) and a low intake of fruits and vegetables.

Our understanding of how cranberry juice has beneficial effects on human health is a challenge because of the range of product formulations and the amount of cranberry juice on the market. Especially in the Mexican population, the challenge is to register the consumption frequency and amount consumed of cranberry juice because they are unknown. In this regard, it is crucial to carry out studies about the content of phenolic compounds, their bioavailability, antioxidant activity, and consumption of available cranberry juices to know their nutritional contribution to the Mexican diet.

PROSPECTIVE

Studies on the antioxidant activity of medicinal plants and functional foods have been carried out. However, studies on commercial foods and beverages commonly consumed by the population are scarce. Cranberry juice is among the most popular due to its beneficial health effects related to its antioxidant activity. Beverage-appropriate storage and foods are essential to maintain their properties and safety. The present study found that the temperature at which cranberry juice is stored affects its antioxidant activity. Packaged juices are an alternative to improve the intake of fruits and vegetables and their bioactive compounds. However, juices must be handled and stored adequately. It is advisable to drink cranberry juices at room temperature and not to store them since this decreases their antioxidant activity. Antioxidant consumption from functional foods has been increasing due to their effect on health. The general population is looking for alternatives for their health, especially in an era of infectious diseases related to the pandemic as COVID-19, where self-care and good nutrition have become fundamental. Epidemiological studies related to the consumption of cranberry juice in Mexico are needed to know which population consumes it, as well as to disseminate information on the appropriate storage of the juices consumed by the people.

CONCLUSIONS

The compounds in cranberry juices give them antioxidant effects with great benefits for health. However, these compounds are easily degraded and significantly decrease their antioxidant activity once the container is opened. For this, we recommend consuming cranberry juice once the package is opened, along with attention to the conditions used to preserve it to guarantee the consumption of the compounds responsible for their beneficial effects on health. Fruit and vegetable juices are a rich source of antioxidants, which have health benefits. Cranberry juice is an option to increase the consumption of functional foods in a scenario where there is an increase in the incidence of diseases associated with inflammatory processes and a low intake of fruits and vegetables, especially in the Mexican population.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the anonymous reviewers who allowed us to improve this manuscript with their recommendations. This work was supported by the National Council for Science and Technology through Sectorial Fund for Research in Health and Social Security (grant A3-S-43439).

REFERENCES

- Abreu, O. A., Barreto, G., & Prieto, S. (2014). Vaccinium (Ericaceae): Ethnobotany and pharmacological potentials. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(7), 577-591.
- Babu, J., Blair, C., Jacob, S., & Itzhak, O. (2012). Inhibition of *Streptococcus gordonii* metabolic activity in biofilm by cranberry juice high-molecular-weight component. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*.
- Basanta, M. F., De Escalada P., M. F., Raffo, M. D., Stortz, C. A., & Rojas, A. M. (2014). Cherry fibers isolated from harvest residues as valuable dietary fiber and functional food ingredients. *Journal of Food Engineering*, 126, 149-155.
- Bass-Ware, A., Weed, D., Johnson, T., & Spurlock, A. (2014). Evaluation of the effect of cranberry juice on symptoms associated with a urinary tract infection. *Urologic Nursing*, 34(3), 121-127
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Blumberg, J. B., Basu, A., Krueger, C. G., Lila, M. A., Neto, C. C., Novotny, J. A., Reed, J. D., Rodriguez-Mateos, A., & Toner, C. D. (2016). Impact of cranberries on gut microbiota and cardiometabolic health: Proceedings of the cranberry health research conference 2015. *Advances in Nutrition*, 7(4), 759S-70S.
- Brown, A. O., & McNeil, J. N. (2006). Fruit production in cranberry (Ericaceae: *Vaccinium macrocarpon*): A bet-hedging strategy to optimize reproductive effort. *American Journal of Botany*, 93(6), 910-916.
- Cheng, Z., Moore J., & Liangli L.Y. (2006). High-throughput relative DPPH radical scavenging capacity assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7429-7436.
- Chen, C. S., Ho, D. R., Chang, P. J., Lin, W. Y., & Huang, Y. C. (2013). Urine post equivalent daily cranberry juice consumption may opsonize uropathogenicity of *Escherichia coli*. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 19(5), 812-817.
- Côté, J., Caillet, S., Dussault, D., Sylvain, J. F., & Lacroix, M. (2011). Effect of juice processing on cranberry antibacterial properties. *Food Research International*, 44(9), 2922-2929.
- Ehala, S., Vaher, M., & Kaljurand, M. (2005). Characterization of phenolic profiles of Northern European berries by capillary electrophoresis and determination of their antioxidant activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 6484-6490.
- Dang, V. K., Carlettini, H., Bouvet, J., Côté, J., Doyon, G., Sylvain, J. F., & Lacroix, M. (2012). Effect of different cranberry extracts and juices during cranberry juice processing on the antiproliferative activity against two colon cancer cell lines. *Food Chemistry*, 132(2), 959-967.
- Duffey, K. J., & Sutherland, L. A. (2015). Adult consumers of cranberry juice cocktail have lower C-reactive protein levels compared with nonconsumers. *Nutrition Research*, 35(2), 118-126.
- Gou, X., Tian, Y., Yang, X., Sun, L., & Guo, Y. (2019). Freezing point temperature is in favor of not-from-concentrate apple juice storage. *Food Science and Nutrition*, 7, 2242-2251.
- Heitmann, K., Nordeng, H., & Holst, L. (2013). Pregnancy outcome after use of cranberry in pregnancy-the Norwegian mother and child cohort study. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13, 345.

- Hyson, D. A. (2015). A review and critical analysis of the scientific literature related to 100% fruit juice and human health. *Advances in Nutrition*, 6(1), 37-51.
- Lin, B., Johnson, B. J., Rubin, R. A., Malanoski, A. P., & Ligler, F. S. (2011). Iron chelation by cranberry juice and its impact on *Escherichia coli* growth. *Biofactors*, 37(2), 21-30.
- Liu, H., Tayyari, F., Khoo, C., & Gu, L. (2015). A H-1 NMR-based approach to investigate metabolomic differences in the plasma and urine of young women after cranberry juice or apple juice consumption. *Journal of Functional Foods*, 14, 76-86.
- Liu, H., Garrett, T. J., Su, Z., Khoo, C., & Gu, L. (2017). UHPLC-Q-Orbitrap-HRMS-based global metabolomics reveal metabolome modifications in plasma of young women after cranberry juice consumption. *The Journal of Nutrition Biochemistry*, 45, 67-76.
- Lu, Y., Pekertia, B. N., Toh Z. S., Broom, F., Savage, G., Liu, S.Q., & Huang, D. (2017). Physico-chemical parameters and proanthocyanidin profiles of cranberries cultivated in New Zealand. *Journal of Food Composition and Analysis*, 63, 1-7.
- Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., & Milner, A. (1993). A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*, 84, 407-412.
- McKay, D. L., Chen, C. Y., Zampariello, C. A., & Blumberg, J. B. (2015). Flavonoids and phenolic acids from cranberry juice are bioavailable and bioactive in healthy older adults. *Food Chemistry*, 168, 233-240.
- Moon, J. K., & Shibamoto, T. (2009). Antioxidant assays for plant and food components. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57(5), 1655-1666.
- Pagonas, N., Hörstrup, J., Schmidt, D., Benz, P., Schindler, R., Reinke, P., van der Giet, M., Zidek, W., & Westhoff, T. H. (2012). Prophylaxis of recurrent urinary tract infection after renal transplantation by cranberry juice and L-methionine. *Transplantation Proceedings*, 44(10), 3017-3021.
- Pappas, E., & Schaich, K.M. (2009). Phytochemicals of cranberries and cranberry products: Characterization, potential health effects, and processing stability. Critical Reviews in Food. *Science and Nutrition*, 49(9), 741-781.
- Salo, J., Uhari, M., Helminen, M., Korppi, M., Nieminen, T., Pokka, T., & Kontiokari, T. (2012). Cranberry juice for the prevention of recurrences of urinary tract infections in children: A randomized placebo-controlled trial. *Clinical Infectious Diseases*, 54(3), 340-346.
- Sewlikar, S., & D'Souza, D. H. (2017). Survival of hepatitis A virus and Aichi virus in cranberry-based juices at refrigeration (4 degrees C). *Food Microbiology*, 62, 251-255.
- Shidfar, F., Heydari, I., Hajimiresmaiel, S. J., Hosseini, S., Shidfar, S., & Amiri, F. (2012). The effects of cranberry juice on serum glucose, apoB, apoA-I, Lp(a), and Paraoxonase-1 activity in type 2 diabetic male patients. *Journal of Research in Medical Sciences*, 17(4), 355-60.
- Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., & Sochor, J. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 24673-24706.
- Teleszko, M., Nowicka, P., & Wojdya, A. (2016). Effect of cultivar and storage temperature on identification and stability of polyphenols in strawberry cloudy juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 54, 10-19.
- Tembo, D. T., Holmes, M. J., & Marshall, L. J. (2017). Effect of thermal treatment and storage on bioactive compounds, organic acids and antioxidant activity of baobab fruit (*Adansonia digitata*) pulp from Malawi. *Journal of Food Composition and Analysis*, 58, 40-51.

- Taruscio, T. G., Barney, D. L., & Exon, J. (2004). Content and profile of flavonoid and phenolic acid compounds in conjunction with the antioxidant capacity for a variety of Northwest Vaccinium berries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 3169-3176.
- Vinson, J. A., Bose, P., Proch, J., Kharrat H. A., & Samman N. (2008). Cranberries and cranberry products: powerful in vitro, ex vivo, and in vivo sources of antioxidants. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56(14), 5884-5891.
- Wang, S. Y. & Stretch, A. W. (2001). Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 969-974.
- Weh, K. M., Clarke, J., & Kresty, L. A. (2016). Cranberries and cancer: An update of preclinical studies evaluating the cancer inhibitory potential of cranberry and cranberry derived constituents. *Antioxidants*, 5(27), 1-20.
- White, B. L., Howard, L. R., & Prior R. L. (2011). Impact of different stages of juice processing on the anthocyanin, flavonol, and procyanidin contents of cranberries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59, 4692-4698.
- Wootton-Beard, P. C., & Ryan L. (2011). Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. *Food Research International*, 44(10), 3135-3148.
- Zeng, L., Ma, M., Li, C., & Lu, L. (2017). Stability of tea polyphenols solution with different pH at different temperatures. *International Journal of Food Properties*, 20(1), 1-18.

CC BY-NC-ND



Conservación de productos hortofrutícolas mediante el uso de nanopartículas de quitosano y agentes naturales

Bautista-Baños, Silvia; Corona-Rangel, María Luisa; Correa-Pacheco, Zormy Nacary
Conservación de productos hortofrutícolas mediante el uso de nanopartículas de quitosano y agentes naturales
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | e175
Espacio del Divulgador
Universidad Autónoma del Estado de México, México
Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Bautista-Baños, S., Corona-Rangel, M. L. y Correa-Pacheco, Z. N. (2022). Conservación de productos hortofrutícolas mediante el uso de nanopartículas de quitosano y agentes naturales. CIENCIA *ergo-sum*, 29(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a9>

Conservación de productos hortofrutícolas mediante el uso de nanopartículas de quitosano y agentes naturales

Conservation of horticultural products using chitosan nanoparticles and natural agents

Silvia Bautista-Baños

Instituto Politécnico Nacional, México

sbautis@ipn.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-5151-3004>

Recepción: 30 de abril de 2021

Aprobación: 7 de octubre de 2021

María Luisa Corona-Rangel

Instituto Politécnico Nacional, México

mcorona@ipn.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-0878-0959>

Zormy Nacary Correa-Pacheco*

Instituto Politécnico Nacional, México

zcorreap@ipn.mx

 <http://orcid.org/0000-0003-0774-6879>

RESUMEN

Actualmente se buscan nuevas alternativas amigables con el ambiente que permitan la conservación de productos agrícolas expuestos al deterioro durante la cosecha, transporte y distribución en el mercado para su venta con la subsecuente reducción de sus atributos de calidad, fisiológicos y propiedades sensoriales, aunados a la manifestación de microorganismos patógenos. En este sentido, se presenta el estado del arte del uso de recubrimientos nanoestructurados de nanopartículas de quitosano con agentes naturales, sus beneficios y un enfoque académico, industrial y gubernamental del uso de la nanoagrotecnología, así como las perspectivas de esta técnica para la conservación de frutas y hortalizas como una solución viable.

PALABRAS CLAVE: quitosano, aceites esenciales, propóleo, tecnologías emergentes, investigación.

ABSTRACT

Nowadays, new environmentally friendly alternatives that will allow the preservation of agricultural products exposed to deterioration during harvesting, transportation and distribution in the market for sales with the subsequent reduction of their quality, physiological and sensory properties, together with the manifestation of pathogenic microorganisms are being sought. The state of the art of the use nanostructured coatings of chitosan nanoparticles with natural agents is presented, along with its benefits. Also, an academic, industrial, and governmental approach to the use of nano-agrotechnology, as well as the perspectives of this technique for fruit and vegetable preservation as a viable solution.

KEYWORDS: chitosan, essential oils, propolis, emerging technologies, research.

1. ¿QUÉ SON LA NANOTECNOLOGÍA Y LAS NANOPARTÍCULAS?

Hoy en día la nanotecnología se define como la *tecnología a nanoescala*. Se considera que un material se encuentra dentro del orden de la nanoescala si sus dimensiones están entre 1 y 100 nanómetros (nm) siendo $1\text{ nm} = 1 \times 10^{-9}\text{ m}$. Actualmente, se apuesta por sintetizar nanopartículas a partir de compuestos naturales como el quitosano por ser un polímero biocompatible y con notable actividad antimicrobiana. Las nanopartículas de quitosano se pueden

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

*zcorreap@ipn.mx

preparar mediante diferentes técnicas como la emulsificación, la gelificación iónica, la nanoprecipitación y la nanoencapsulación y tienen aplicaciones en campos tan variados como la medicina, farmacéutica, agricultura y medioambiente (Divya y Jisha, 2018). Su efectividad antimicrobiana (Rozman *et al.*, 2019) se ha demostrado *in vitro* tanto en bacterias (Chandrasekaran *et al.*, 2020) como en hongos (El-Mohamedy *et al.*, 2019) e *in vivo* para la conservación de productos hortofrutícolas (Hu y Gänzle, 2019).

México en la actualidad, después de Brasil, es uno de los líderes en nanotecnología. Sin embargo, no existe aún una política o plan relacionado con el tema. De igual forma, la publicación de artículos se encuentra muy por debajo de otros países, aunque se ha incrementado con el tiempo. Por lo tanto, es básico apoyar la promoción de los beneficios de la nanotecnología mediante una mayor difusión de escritos que impulsen el desarrollo científico y técnico de México incentivando la innovación tecnológica. De aquí la importancia del tópico abordado en este trabajo, ya que el uso de recubrimientos nanoestructurados, en los cuales se encapsulan agentes naturales (pueden ser volátiles o fáciles de oxidar) propicia que se conserve su estabilidad, aunado al uso del quitosano como encapsulante que en escala nanométrica posee una mayor área de superficie/volumen con una mayor actividad antimicrobiana haciendo más efectiva la conservación de las propiedades de las frutas y vegetales en postcosecha.

2. ENCAPSULACIÓN DE AGENTES NATURALES EN NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANO

Entre los agentes naturales encapsulados frecuentemente en nanopartículas de quitosano están los aceites esenciales extraídos de las plantas, los cuales son una mezcla de metabolitos secundarios que intervienen en sus mecanismos de defensa. Entre los compuestos reportados con mayor actividad antimicrobiana se mencionan cinamaldehído, carvacrol, timol, eugenol y limoneno, entre otros (Mishra *et al.*, 2020).

Por su parte, los extractos botánicos se componen de metabolitos secundarios que se obtienen de raíz, hoja, semilla de la planta mediante métodos como maceración en agua o solventes orgánicos, calentamiento bajo reflujo, entre otros (Altemimi *et al.*, 2017), con notables efectos antibacterianos y antifúngicos (Cárdenas *et al.*, 2016).

El propóleo posee de igual forma propiedades antibacterianas. Las abejas son las encargadas de recolectar esta resina secretada en la corteza de los árboles y arbustos para reparación e impermeabilización de sus colmenas (Almuhayawi, 2020).

3. FACTIBILIDAD EN EL USO DE NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANO CON AGENTES NATURALES ENCAPSULADOS PARA EL CONTROL DE MICROORGANISMOS

La literatura reporta diversas investigaciones en las que se ha evaluado el encapsulamiento de agentes naturales en nanopartículas de quitosano. Por ejemplo, el tiempo de vida de arilos de granada con recubrimiento nanoestructurado de quitosano incorporando aceite de esencial de clavo y almacenados a 5 °C se extendió 54 días comparado con los no recubiertos (18 días) y mantuvo así la calidad microbiológica, contenido de fenoles y antocianinas, capacidad antioxidante y propiedades sensoriales (Hasheminejad y Khodaiyan, 2020).

Respecto a la efectividad de los extractos botánicos encapsulados en nanopartículas de quitosano, utilizando extracto de nanche (González Saucedo *et al.*, 2019), se reportó la disminución de la carga microbiana en general (hongos, levaduras y bacterias) en pimientos recubiertos, pero se conservó la calidad del fruto después de 21 días de almacenamiento.

Por otro lado, la aplicación de propóleo mediante recubrimientos con nanopartículas de quitosano inhibió a *L. monocytogenes* y *E. coli* (Correa-Pacheco *et al.*, 2019) y se conservó la capacidad antioxidante y propiedades sensoriales en fresas refrigeradas por 8 días (Martínez-González *et al.*, 2020).

En la figura 1 se muestra la aplicación de recubrimientos con nanopartículas de quitosano y agentes naturales para la conservación de productos hortofrutícolas (fresa, jitomate y pimiento morrón).

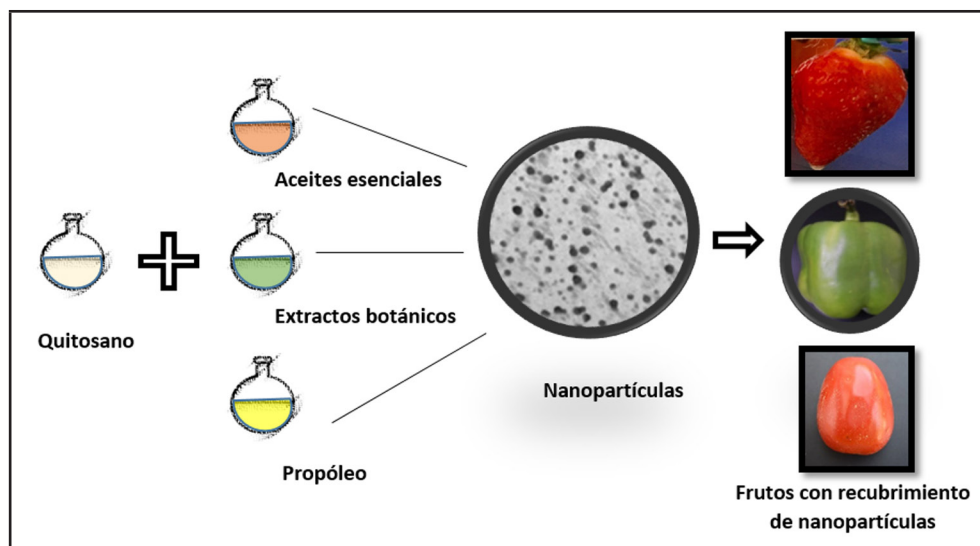


FIGURA 1

Aplicación de recubrimientos con nanopartículas de quitosano y agentes naturales para la conservación de productos hortofrutícolas

Fuente: elaboración propia.

4. REPERCUSIONES DE LA NANOTECNOLOGÍA EN EL APROVECHAMIENTO DEL QUITOSANO Y AGENTES NATURALES DENTRO DEL SECTOR AGRÍCOLA

La aplicación de nanopartículas de quitosano y agentes naturales encapsulados en la agricultura se ha centrado en proteger los cultivos contra el ataque de plagas y fitopatógenos y en conservar la calidad e inocuidad de los productos hortofrutícolas para su comercialización.

Entre las ventajas del encapsulamiento de los agentes naturales está el aumento de su vida útil y disponibilidad, una liberación controlada y mejor estabilidad ante factores externos como luz ultravioleta, humedad relativa y temperatura. Además, con la encapsulación mejoran sus propiedades fisicoquímicas al aumentar su solubilidad y disminuir su volatilización o evaporación. En consecuencia, se tiene mayor eficiencia de los compuestos (Worrall *et al.*, 2018). Por otra parte, utilizar el quitosano en la síntesis de nanopartículas permite que los agentes naturales encapsulados se absorban más fácilmente por la epidermis de hojas, tallos y frutos (Malerba y Cerena, 2016). En cuanto a la conservación de frutos y vegetales previo a su consumo se han desarrollado nanorrecubrimientos y empaques con nanopartículas para optimizar el transporte y almacenamiento de los productos empacados que disminuyen las pérdidas económicas durante su comercialización y garantizan la calidad e inocuidad de los productos a lo largo de la cadena alimentaria (Kim *et al.*, 2018), por lo que evitan la entrada de microorganismos y crean una barrera para retardar la pérdida de humedad al reducir el intercambio gaseoso y los procesos de oxidación involucrados en la degradación de los productos (Flores-López *et al.*, 2016).

Pese a los beneficios expuestos, la nanotecnología aún se considera una tecnología emergente, lo que conlleva a una serie de limitaciones en las investigaciones y conocimientos que se tienen hasta el momento. En cuanto a la toxicidad de las nanopartículas, se ha establecido su biocompatibilidad para rangos entre 150 y 300 nm. Sin embargo, sólo se han realizado estudios en modelos animales en periodos cortos sin considerar la biodistribución o biodegradabilidad. Sonin *et al.* (2020) investigaron sobre la toxicidad de nanopartículas de quitosano mediante la administración intravenosa a dosis de 1, 2 y 4 mg/kg en ratas. Los resultados mostraron principalmente acumulación en hígado y pulmones con sólo un pequeño efecto citotóxico antiplaquetario y anticoagulante después de 30 min de administración. No se observó hemólisis ni leucocitosis ni se produjeron cambios hematológicos ni bioquímicos durante el periodo de administración de 14 días, lo que indica una buena tolerancia de las ratas

a las nanopartículas de quitosano. Por otra parte, Buzea *et al.* (2007) enfatizan que no todas las nanopartículas producen toxicidad; no obstante, ésta depende de diversos factores como lo es su tamaño, agregación, composición, funcionalización de su superficie, entre otras.

A su vez, Garavand *et al.* (2020) reportan una ligera citotoxicidad del quitosano en diferentes líneas celulares dependiendo de su peso molecular y de su grado de desacetilación. Refieren, además, que al utilizar nanopartículas de quitosano en alimentos éstas podrían colapsar durante el almacenamiento con la consecuente liberación del agente activo encapsulado en la matriz alimentaria y alterar sus atributos sensoriales y por tanto su aceptabilidad. Por otra parte, el efecto citotóxico y la actividad antifúngica *in vivo* de nanobiocompuestos de ácido quitosano-pirrol-2-carboxílico (CS-PCA) fue estudiada por Gálvez-Irriqui *et al.* (2021). En semillas de lechuga, el CS-PCA mostró una fuerte fitotoxicidad. Por otro lado, el nanobiocompuesto mostró un efecto fungistático hasta el tercer día en frutos de tomate inoculados con *Aspergillus niger* y almacenados a 25 °C. En contraste, Hernández-López *et al.* (2020), al evaluar la toxicidad de nanopartículas y cubiertas nanoestructuradas de quitosano y α -pineno en ratones, no encontraron efectos citotóxicos ni genotóxicos en eritrocitos ni cambios en los parámetros bioquímicos de la función hepática. De ahí que, el uso y aplicación de nanopartículas de quitosano y agentes naturales en la agricultura implica algunos desafíos regulatorios respecto a su funcionalidad y eficacia, además de posibles riesgos que pueden afectar a los componentes del agroecosistema, así como en la cadena alimenticia (Elmer y White, 2018).

5. ESTATUS ACADÉMICO, INDUSTRIAL Y LEGISLATIVO EN EL DESARROLLO Y APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANO Y AGENTES NATURALES

La nanotecnología se considera una herramienta útil para la agricultura y la seguridad agroalimentaria que permitirá enfrentar los desafíos agrícolas emergentes relacionados principalmente con el cambio climático, el constante crecimiento de la población y una mayor producción de alimentos inocuos bajo un esquema sostenible de los recursos naturales (Pandita, 2020). Sin embargo, la nanoagrotecnología aún no logra alcanzar el potencial deseado debido al creciente interés en la bioseguridad asociada a esta tecnología y a lo desafiante que resultan las investigaciones al respecto, por lo que es fundamental que sectores como el académico, industrial y gubernamental intervengan de manera conjunta para lograr la sostenibilidad de esta tecnología (Worrall *et al.*, 2018).

En ese sentido, las investigaciones enfocadas a la nanotecnología en el sector agrícola son reducidas y tienden hacia los sectores de salud, electrónico, tecnologías de la información, energía, entre otros (Unidad de Inteligencia de Negocios, 2018). Por otra parte, el conocimiento generado hasta el momento estriba principalmente en nanopartículas metálicas como plata, dióxido de titanio, carbono, etc., y de materiales nanofacturados. A su vez, se enfoca mayormente a su síntesis, aplicaciones, etc., y en un mínimo a sus potenciales riesgos (Foladori *et al.*, 2013). Lo mismo ocurre comercialmente, ya que, en 2018, del total de productos nanotecnológicos producidos, sólo el 3% correspondió a productos del sector agrícola (Unidad de Inteligencia de Negocios, 2018) centrados sobre todo en el uso de pesticidas sintéticos, fertilizantes, hormonas y agentes de crecimiento. Esto puede atribuirse a la disminución de inversiones y de empresas enfocadas en la investigación y desarrollo en este rubro debido a las escasas ganancias que obtienen respecto a otros sectores (Chugh *et al.*, 2021). En cuanto a los organismos reguladores y políticas gubernamentales, tan sólo la Unión Europea y Suiza han establecido disposiciones legislativas específicas para el sector de la nanoagrotecnología y la alimentación. Aun cuando se cuenta con organismos internacionales que están asumiendo desafíos en esta dirección, las leyes y normativas existentes no son suficientemente específicas para todas las categorías de nanoproductos, ni vinculantes para quienes son dirigidas, aunado a la falta de una plataforma pública e internacional en la que se compartan puntos de vista y opiniones para optimizar las medidas regulatorias existentes y confluyan en un marco regulatorio internacional (Mishra *et al.*, 2017).

En la figura 2 se muestran las aplicaciones y desafíos agrícolas con el uso de este tipo de nanopartículas.

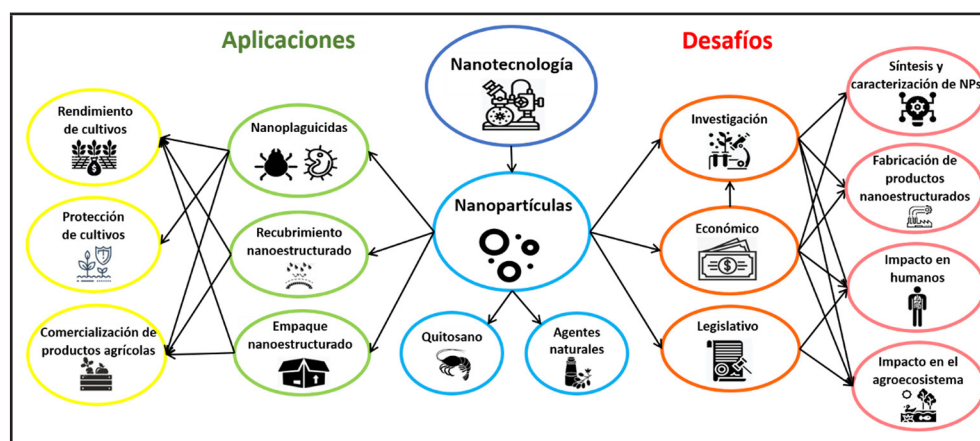


FIGURA 2

Aplicaciones y desafíos agrícolas asociados en el uso de nanopartículas de quitosano y agentes naturales

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Este artículo presenta una revisión del uso de tecnologías emergentes mediante la aplicación de recubrimientos nanoestructurados a base de quitosano y agentes naturales para la preservación de frutos y hortalizas. A la fecha, los resultados demuestran que su aplicación puede ser una alternativa al uso de agentes químicos; sin embargo, su experimentación ha sido en su mayor parte en laboratorio, por lo que aún es necesario dedicar esfuerzos para su evaluación en estudios comerciales, de toxicidad y también el aprovechamiento de esta tecnología a través de su escalamiento.

PROSPECTIVA

En un futuro la nanotecnología tendrá el potencial para contribuir con aplicaciones innovadoras al hacer más competente la conservación de productos agrícolas al transformar las prácticas convencionales como el control de fitopatógenos, el almacenamiento y el empaque de los productos hortofrutícolas. Para establecer los objetivos y orientar las investigaciones nanotecnológicas que promuevan el desarrollo en el sector de la conservación de productos agrícolas es fundamental conjuntar esfuerzos entre disciplinas debido a la gran diversidad y complejidad del tema. Además, las investigaciones deben centrarse en la bioseguridad de su uso a través de la comprensión sistemática de sus interacciones y efectos con los diferentes sistemas biológicos, en su movilización y acumulación a través de estos sistemas y en la evaluación de los riesgos y toxicidad durante toda la cadena de producción y consumo de los productos hortofrutícolas. Asimismo, es deseable involucrar a los diferentes sectores que intervienen en la producción agrícola con la finalidad de que las propuestas y soluciones se adapten a las necesidades y limitaciones específicas que tienen.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Conacyt por el apoyo al grupo de investigación del Laboratorio de Tecnología Postcosecha de Productos Agrícolas del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN (CEPROBI-IPN), así como a los árbitros de la revista que con sus comentarios mejoraron sustancialmente el contenido del artículo.

REFERENCIAS

- Almuhayawi, M. S. (2020). Propolis as a novel antibacterial agent. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27, 3079-3086. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.09.016>
- Altemimi, A., Lakhssassi, N., Baharlouei, A., Watson, D., & Lightfoot, D. (2017). Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. *Plants*, 6(4), 42. <https://doi.org/10.3390/plants6040042>
- Buzea, C., Pacheco, I. I., & Robbie, K. (2007). Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, 2(4), 1-55. <https://doi.org/10.1116/1.2815690>
- Cárdenas, C., Pozo, W., Rojas, M., Roque, A., & Mihai, R. (2016). Antifungal activity of two botanical extracts on rose crop (*Rosa* L. Sp.), against *Sphaerotheca Pannosa* var. *Rosae*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 465-474. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.017>
- Chandrasekaran, M., Kim, K. D., & Chun, S. C. (2020). Antibacterial activity of chitosan nanoparticles: A review. *Processes*, 8(9), 1173. <https://doi.org/10.3390/pr8091173>
- Chugh, G., Siddique, K. H. M., & Solaiman, Z. M. (2021). Nanobiotechnology for Agriculture: Smart Technology for Combating Nutrient Deficiencies with Nanotoxicity Challenges. *Sustainability*, 13(4), 1-20. <https://doi.org/10.3390/su13041781>
- Correa-Pacheco, Z. N., Bautista-Baños, S., Ramos-García, M. L., Martínez-González, M. C., & Hernández-Romano, J. (2019). Physicochemical characterization of and antimicrobial activity of edible propolis-chitosan nanoparticles film. *Progress in Organic Coatings*, 137(105326), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105326>
- Divya, K., & Jisha, M. S. (2018). Chitosan nanoparticles preparation and applications. *Environmental Chemistry Letters*, 16, 101-112. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0670-y>
- Elmer, W., & White, J. C. (2018). The future of nanotechnology in plant pathology. *Annual Review of Phytopathology*, 56(1), 111-133. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-050108>
- El-Mohamedy, R., Abd El-Aziz, M., & Kamel, S. (2019). Antifungal activity of chitosan nanoparticles against some plant pathogenic fungi *in vitro*. *Agricultural Engineering International*, 21(4), 201-209.
- Flores-López, M. L., Cerqueira, M. A., de Rodríguez, D. J., & Vicente, A. A. (2016). Perspectives on utilization of edible coatings and nano-laminate coatings for extension of postharvest storage of fruits and vegetables. *Food Engineering Reviews*, 8, 292-305. <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9135-x>
- Foladori, G., Bejarano, F., & Invernizzi, N. (2013). Nanotecnología: gestión y reglamentación de riesgos para la salud y medio ambiente en América Latina y El Caribe. *Trabalho, Educação e Saúde*, 11(1), 145-167. <https://doi.org/10.1590/S1981-77462013000100009>
- Gálvez-Irquí, A., García-Romo, J., Cortez-Rocha, M., Burgos-Hernández, A., Burboa-Zazueta, M., Luque-Alcaraz, A., Calderón-Santoyo, M., Argüelles-Monales, W., & Plascencia-Jatomea, M. (2021). Phytotoxicity, cytotoxicity, and *in vivo* antifungal efficacy of chitosan nanobiocomposites on prokaryotic and eukaryotic cells. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 3051-3065. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10716-0>
- Garavand, F., Cacciotti, I., Vahedikia, N., Rehman, A., Tarhan, Ö., Akbari-Alavijeh, S., Shaddel, R., Rashidinejad, A., Nejatian, M., Jafarzadeh, S., Azizi-Lalabadi, M., Khoshnoudi-Nia, S., & Mahdi J. S. (2020). A comprehensive review on the nanocomposites loaded with chitosan nanoparticles for food packaging. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 5, 1-34. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1843133>

- González-Saucedo, A., Barrera-Necha, L. L., Ventura-Aguilar, R. I., Correa-Pacheco, Z. N., Bautista-Baños, S., & Hernández-López, M. (2019). Extension of the postharvest quality of bell pepper by applying nanostructured coatings of chitosan with *Byrsonima crassifolia* extract (L.) Kunth. *Postharvest Biology and Technology*, 149, 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.11.019>
- Hasheminejad, N., & Khodaiyan, F. (2020). The effect of clove essential oil loaded chitosan nanoparticles on the shelf life and quality of pomegranate arils. *Food Chemistry*, 309, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125520>
- Hernández-López, G., Santamaría, L., & Barrera-Necha, L. (2020). Toxicological and genotoxicological evaluation of chitosan nanoparticles loaded with pinene in a murine model. *International Journal of Green and Herbal Chemistry*, 9(4), 437-448. <https://doi.org/10.24214/IJGHC/GC/9/4>
- Hu, Z., & Gänzle, M. (2019). Challenges and opportunities related to the use of chitosan as a food preservative. *Journal of Applied Microbiology*, 126, 1318-1331. <https://doi.org/10.1111/jam.14131>
- Kim, D. Y., Kadam, A., Shinde, S., Saratale, R. G., Patra, J., & Ghodake, G. (2018). Recent developments in nanotechnology transforming the agricultural sector: A transition replete with opportunities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(3), 849-864. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8749>
- Lira Saldivar, R. H., Méndez Argüello, B., De los Santos Villareal, G., & Vera Reyes, I. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta Universitaria*, 28(2), 9-24. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1575>
- Malerba, M., Cerana, R. (2016). Chitosan effects on plant systems. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(7), 996. <https://doi.org/10.3390/ijms17070996>
- Martínez-González, M. C., Bautista-Baños, S., Correa-Pacheco, Z. N., Corona-Rangel, M. L., Ventura-Aguilar, R. I., Del Río-García, J. C., & Ramos-García, M. L. (2020). Effect of nanostructured chitosan/propolis coatings on the quality and antioxidant capacity of strawberries during storage. *Coatings*, 10(2), 90. <https://doi.org/10.3390/coatings10020090>
- Mishra, S., Keswani, C., Abhilash, P. C., Fraceto, L. F., & Singh, H.B. (2017). Integrated approach of agri-nanotechnology: Challenges and future trends. *Frontiers in Plant Science*, 8, 471. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00471>
- Mishra, A. P., Devkota, H. P., Nigam, M., Adetunji, C. O., Srivastava, N., Saklani, S., & Khaneghah, A. M. (2020). Combination of essential oils in dairy products: A review of their functions and potential benefits. *LWT-Food Science and Technology*, 133, 110116. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110116>
- Pandita, D. (2020). Nano-enabled agriculture can sustain "Farm to Fork" Chain. In K. Hakeem & T. Pirzadah (Eds.), *Nanobiotechnology in Agriculture* (pp. 35-61). https://doi.org/10.1007/978-3-030-39978-8_3
- Rozman, N., Yenn, T., Ring, L., Nee, T., Hasanolbasori, M., & Abdullah, S. (2019). Potential antimicrobial applications of chitosan nanoparticles (ChNP). *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(7), 1009-1013. <https://doi.org/10.4014/jmb.1904.04065>
- Unidad de Inteligencia de Negocios. (2018). *El mundo de la nanotecnología. Situación y prospectiva para México*. <https://ethic.com.mx/docs/estudios/El-mundo-nanotecnologia-Situacion-prospectiva-Mexico.pdf>
- Sonin, D., Pochkaeva, E., Zhuravskii, S., Postnov, V., Korolev, D., Vasina, L., Kostina, D., Mukhametdinova, D., Zelinskaya, I., Skorik, Y., & Galagudza, M. (2020). Biological safety and biodistribution of chitosan nanoparticles. *Nanomaterials*, 10(810), 1-23. <https://doi.org/10.3390/nano10040810>
- Worrall, E. A., Hamid, A., Karishma, T. M., Neena, M., & Pappu, H. R. (2018). Nanotechnology for plant disease management. *Agronomy*, 8(129), 285. <https://doi.org/10.3390/agronomy8120285>



Las masacres de migrantes en tránsito y la tolerancia estatal mexicana

Pérez Díaz, Marisol; Díaz Ramos, Alina

Las masacres de migrantes en tránsito y la tolerancia estatal mexicana
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | e176
Espacio del Divulgador

Universidad Autónoma del Estado de México, México

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



Pérez Díaz, M. y Díaz Ramos, A. (2022). Las masacres de migrantes en tránsito y la tolerancia estatal mexicana. *CIENCIA ergo-sum*, 29(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a10>

Las masacres de migrantes en tránsito y la tolerancia estatal mexicana

Massacres of migrants in transit and Mexican state tolerance

Marisol Pérez Díaz*

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

marisol.perezd@correo.buap.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-9804-505X>

Alina Díaz Ramos

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

alina.diaz@alumno.buap.mx

 <http://orcid.org/0000-0002-6732-390X>

Recepción: 17 de julio de 2021

Aprobación: 11 de noviembre de 2021

RESUMEN

Se evidencian las violencias perpetradas por la economía criminal hacia las personas migrantes tras el aumento de las medidas restrictivas implementadas por el gobierno mexicano como estrategia para frenar el tránsito irregular. Se revisan textos académicos, así como recursos hemerográficos sobre masacres contra migrantes como las ocurridas en San Fernando, Tamaulipas, en 2010, en Cadereyta, Nuevo León, en 2012 y en Camargo, Tamaulipas, en 2021. Se pretende mostrar la tolerancia y la indolencia política ante la intervención violenta de la economía criminal en el tránsito migratorio irregular. Las conclusiones apuntan a la falta de atención y la tolerancia de las autoridades mexicanas respecto a las masacres de personas migrantes.

PALABRAS CLAVE: migración irregular, tránsito, economía criminal, violencia, masacres.

ABSTRACT

The violence perpetrated by the criminal economy against migrants is evident after the increase in restrictive measures implemented by the Mexican government as a strategy to stop irregular transit. Academic texts are reviewed, as well as newspaper resources on massacres against migrants such as those that occurred in San Fernando, Tamaulipas, 2010; in Cadereyta, Nuevo León, 2012 and Camargo, Tamaulipas, 2021. Therefore, this work aims to show tolerance and political indolence in the face of the violent intervention of the criminal economy in irregular migratory transit. The conclusions point to the Mexican authorities' lack of attention and tolerance regarding the massacres of migrants.

KEYWORDS: irregular migration, transit, criminal economy, violence, massacres.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el Estado mexicano en su pretensión de evitar que las poblaciones irregularizadas ingresen a su territorio ha diseñado políticas paradójicas, focalizadas y racializadas que, por un lado, responden a los intereses de Estados Unidos de frenar cualquier migración que pueda considerarse una amenaza para su seguridad y, por el otro, promueven discursos que escudan acciones cada vez más restrictivas y violentas sobre bienestar y respeto por los derechos humanos de las personas migrantes.

Estas políticas paradójicas impuestas por México, además, han permitido “la intervención de la delincuencia organizada en las rutas migratorias, mediante la extorsión sistemática, el secuestro y la trata de personas” (París, 2017:158), incluso la muerte.

Durante el sexenio de Felipe Calderón (2006-2012), las principales rutas migratorias hacia Estados Unidos empezaron a coincidir con las rutas de tráfico de drogas, lideradas por diversas células del crimen organizado, entre ellas Los Zetas y El Cártel del Golfo, las cuales evidenciaron que las políticas migratorias más que proteger a las personas migrantes, las exponen a situaciones de violencia, desprotección, impunidad y clandestinidad.

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

*marisol.perezd@correo.buap.mx

Desde entonces, la violencia perpetrada contra las personas migrantes a manos de la economía criminal, entendida como las diversas actividades económicas ilícitas, se ha hecho evidente a través de varias masacres como la de los 72 en San Fernando, Tamaulipas, en 2010, la de Cadereyta, en Nuevo León, en 2012, la de Güémez, Tamaulipas, en 2014 y la de Camargo, Tamaulipas, en 2021.^[1]

Pese a las condenas nacionales e internacionales por estas masacres, el gobierno de México ha dejado claro que no tiene interés por disminuir los riesgos y las violencias a las que se enfrentan las personas migrantes durante el tránsito. En este sentido, el objetivo de este artículo es mostrar la tolerancia y la indolencia de las autoridades mexicanas ante la gestión de la economía criminal en el tránsito migratorio y la escasa respuesta política ante las masacres de migrantes.

Este trabajo se divide en cuatro apartados. El primero busca explicar cómo el Estado mexicano ha tolerado y permitido la violencia criminal, lo que ha condicionado el tránsito migratorio en el país. El segundo apartado da cuenta de los hechos que enmarcaron dos de las masacres de migrantes más mediatizadas en los últimos años en México: San Fernando y Cadereyta. El tercer apartado reflexiona sobre la masacre que tuvo lugar en Camargo durante la pandemia por COVID-19, periodo en el que se establecieron fuertes controles fronterizos como medidas para evitar la propagación del virus sin que se frenara la movilidad irregular, pero sí haciéndola más vulnerable. Finalmente, se esbozan algunas reflexiones finales.

1. ECONOMÍA CRIMINAL Y MIGRACIONES IRREGULARIZADAS EN MÉXICO

La globalización neoliberal, más allá de alterar el papel del Estado, ha obligado a repensarlo. En este sentido, en vez de asumir que los Estados son titulares supremos del poder exclusivamente para dominar y gobernar, se podría entender cómo se ejerce el poder en la sociedad actual a través de diversas relaciones sociales, instituciones y cuerpos que no se ajustan directamente a la idea “clásica” del Estado (Agudo, Estrada y Braig, 2017).

Estamos ante lo que Trouillot (2011) define como Estado “ampliado”, idea que alude a la dispersión de los procesos de legitimación del poder que han sido transferidos por el Estado a diferentes actores –organismos supranacionales, organizaciones no gubernamentales, empresas transnacionales, economía criminal– que construyen, detentan, ejercen y difunden el poder en toda la sociedad.

Lo anterior nos permite desmontar la idea del Estado como la máxima sede del poder y, a la vez, examinar los roles que juegan las instituciones no estatales (Mezzadra y Neilson, 2013). Es decir, el sistema estatal no está desapareciendo, pero de manera deliberada permite que surja “una economía radicada en paraísos fiscales [,] un espacio secundario y relativamente libre de regulaciones” (Truong, 2001: 56) en donde las actividades criminales son permitidas y toleradas.

En este sentido, la construcción de un espacio secundario o de una *segunda economía* –término ocupado por Rita Segato (2014)– no hubiera sido posible sin la potestad del Estado. Bajo este contexto, tanto en México como en otros países ha sido posible la reproducción de la economía criminal, la cual se entiende como las diferentes formas delictivas –crimen organizado, contrabando de armas, tráfico y trata de personas, tráfico de órganos, corrupción, cobra de cuotas, entre otras (Truong, 2001; Segato, 2014; Gómez y Lagunes Hernández, 2019)– que están produciendo altas sumas de dinero no declarado, en el marco de la *segunda economía*.

La economía criminal ha logrado controlar amplios territorios (entre estos, las rutas migratorias) a través de la informalización de la economía, la desregulación, el aumento vertiginoso del capital no declarado e, incluso, la apropiación de instituciones del Estado por medio de prácticas de colusión y corrupción.

A partir de la lucha entre organizaciones criminales por el control de territorios se inició una espiral de violencia en la que quedaron atrapadas no sólo las poblaciones de los territorios en disputa, sino también poblaciones migrantes.

Las poblaciones migrantes en su tránsito hacia Estados Unidos, sobre todo aquellas que se encuentran en situación irregular, pobres, no blancas son las que fácilmente están siendo amenazadas por esta economía criminal,

con frecuencia hechas presas a través de la violencia criminal. El problema radica en que, al tratarse en su mayoría de migrantes con calidad migratoria irregularizada, se les deja en los márgenes de la ley.

Aunado a esto, a partir del “giro securitario en el gobierno de las migraciones” (Varela, 2017: 4), con el que se han aumentado las restricciones, en México los flujos migratorios se están encontrando de manera más directa con la economía criminal. El conjunto de medidas tendientes a la securitización ha provocado que el tránsito de las personas migrantes se realice a través de rutas más peligrosas y violentas dominadas por la economía criminal.

Lo anterior no sería posible sin el papel activo que ha jugado el Estado en la reproducción y la tolerancia de la economía criminal en tres sentidos: en primer lugar al permitir la operatividad de la economía criminal a través de la informalización de la economía, la desregulación y el aumento vertiginoso del capital no declarado (Segato, 2014). En segundo, mediante el ejercicio de prácticas corruptas e indolentes por parte de funcionarios públicos –soborno, mordida, pago de cuotas– que permiten la impunidad. En tercero, por medio del involucramiento de fuerzas de seguridad o de agentes estatales en ejecuciones extrajudiciales, detenciones arbitrarias, desapariciones forzadas y masacres (París, 2017).

En este contexto, se ha observado que la violencia criminal perpetrada contra las personas migrantes se ha vuelto hipervisible mediáticamente a través de las masacres, que desde lo sucedido en San Fernando, Tamaulipas, en 2010 (Varela, 2017), se han convertido en el tropo dominante de la violencia contra los migrantes en México a la vez que son sepultadas en la indolencia e impunidad legal por autoridades que hacen poco o nada para prevenirlas.

2. REFRESCANDO LA MEMORIA: MASACRES DE PERSONAS MIGRANTES EN NUEVO LEÓN Y TAMAULIPAS

Durante el sexenio de Felipe Calderón Hinojosa (2006-2012), México vivió una de las etapas más violentas registradas en su historia, la cual está vinculada a problemas con el narcotráfico. Como estrategia para “contrarrestar” la violencia e inseguridad producto de la lucha entre cárteles de la droga por el control del territorio, el gobierno en turno lanzó la “Guerra contra el Narcotráfico”. Para esto, México recibió asistencia de Estados Unidos, por lo que ambos países aplicaron una estrategia de cooperación conocida como *Iniciativa Mérida* (Rosen y Zepeda, 2015).

Si bien esta iniciativa no tenía un corte migratorio, en poco tiempo se convirtió en uno de los referentes clave de restricción migratoria irregularizada en el sur de México a partir de la cual se generaron otras iniciativas de aseguramiento y control como el Programa Frontera Sur (Castañeda, 2016). Estas iniciativas provocaron la diversificación de las rutas por México de las personas migrantes irregularizadas y forzaron el tránsito por las que ocupa el crimen organizado.

En agosto de 2010 se hizo pública la noticia de la masacre de 72 migrantes en San Fernando, Tamaulipas. La Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) calificó este suceso como una grave violación a los derechos humanos de las personas migrantes irregularizadas en tránsito hacia Estados Unidos.

La brutalidad y la violencia de los hechos, así como la indolencia con la que las autoridades enfrentaron el caso,^[2] hicieron que las condenas nacional e internacional no tardaran en surgir, sin que hasta el momento se haya obtenido justicia.

Dos años después de San Fernando, en mayo de 2012, ocurre una masacre similar (en cuanto a la brutalidad de los hechos y la indolencia de las autoridades mexicanas) ahora en el municipio de Cadereyta, en el estado de Nuevo León.

Ambos eventos tienen varios puntos en común. En primer lugar, la impunidad y falta de transparencia en los procesos judiciales. En este sentido, las autoridades mexicanas no han dado explicaciones claras sobre los motivos, los escenarios y los actores que cometieron dichos asesinatos. En segundo, como afirma Varela (2017), estas masacres, orquestadas por los cárteles mexicanos en complicidad con los funcionarios públicos de los estados de Tamaulipas y Nuevo León, se perpetraron como un mensaje de terror. En tercero, la violencia se ha vuelto una herramienta central para visibilizar el poder que se disputan los cárteles de la droga. Los cuerpos de las personas migrantes se han vuelto el mensaje ante un público aterrorizado (Segato, 2014).

3. ¿ACASO NO APRENDIMOS NADA? LA MASACRE DE MIGRANTES EN CAMARGO, TAMAULIPAS

Debido a la pandemia por COVID-19, desde marzo de 2020 la frontera terrestre entre México y Estados Unidos se mantiene cerrada a viajes no esenciales sin que esto represente una reducción en los flujos de tránsito por México (SRE, 2020). Si ya era difícil y peligroso el tránsito por México para las personas migrantes irregulares, con la pandemia se ha agravado, ya que quedan en franca desprotección.

En este contexto, el 22 de enero de 2021, México volvió a estar bajo los reflectores internacionales tras registrarse otra masacre de migrantes, ahora en el municipio de Camargo, en el estado de Tamaulipas.

En el interior de una camioneta se encontraron 19 cuerpos (16 de origen guatemalteco y 3 mexicanos), tras una denuncia ciudadana que alertó sobre un vehículo que se incendiaba (INM, 2021). El martes 2 de febrero, la Fiscalía General del estado de Tamaulipas informó sobre la detención de 12 policías estatales por estar presuntamente involucrados. Los cargos en su contra fueron homicidio calificado, abuso de autoridad y falsedad en los informes redactados y en el desempeño de funciones administrativas (DW, 2021).

Tras la masacre de Camargo se hizo más evidente la complicidad entre los funcionarios públicos y la economía criminal. Además, se pudo observar que la cobertura mediática fue una herramienta importante no sólo para visibilizar lo sucedido, sino como un medio para exigir justicia por parte de los familiares de las víctimas. Por desgracia, pese a las exigencias de justicia que los familiares de las víctimas solicitaron por medio de las instancias consulares, la cobertura en medios duró un par de semanas, pues se vio eclipsada por las noticias relacionadas al COVID-19.

PROSPECTIVA

La situación migratoria irregularizada sigue siendo una característica que pone en desventaja a las personas migrantes que se internan en otros Estados. Pese a que instrumentos internacionales en materia de derechos humanos^[3] han hecho énfasis en el reconocimiento, la garantía y la protección de las personas migrantes, muchos derechos continúan condicionados por el estatus migratorio de entrada. Lo anterior debido a que los Estados, en pleno goce de derechos, implementan medidas y políticas para restringir la movilidad irregularizada bajo argumentos como la seguridad y el bienestar nacional.

Históricamente este tipo de posicionamientos ha contribuido con discursos nativistas y racistas que ven a las personas migrantes como los “otros” –extraños, sospechosos y agentes que propician inseguridad– en los lugares de tránsito o destino. Su condición irregularizada los confina a una serie de etiquetas relacionadas con la sospecha y la amenaza (Oboler, 2014). Estas etiquetas, además, sirven para perpetuar prácticas de impunidad, violencia y detención.

Este panorama podría explicar por qué en ciertas coyunturas el tema migratorio es de relevancia política-económica y por qué en otros momentos queda en omisiones político-jurídicas de los Estados que incluso permiten a la economía criminal la gestión de estas poblaciones.

En el caso de México, desde hace años, se han instaurado políticas, planes y leyes con un enfoque de derechos humanos (SRE, 2019). Entonces, ¿qué está fallando? Por desgracia, estas iniciativas en su mayoría se han quedado en el discurso. Pese al enfoque en derechos humanos, el Estado ha primado por prácticas securitativas que han puesto en mayor riesgo a las personas migrantes en tránsito. Aunado a esto, el tránsito por México se ha hecho más hostil y peligroso a partir de la pandemia, pues se ha evidenciado que los movimientos humanos no paran, sino que, por el contrario, se adaptan a las circunstancias.

En este sentido, tomando en cuenta que los desplazamientos humanos seguirán siendo parte de nuestra realidad pese a las restricciones impuestas, se deben buscar alternativas dignas para el tránsito o, por lo menos, algunas que no lleven a las personas migrantes a encontrarse de cara con el crimen organizado y la muerte.

Además, se deben promover estrategias de sensibilización respecto a la migración irregularizada. Estrategias focalizadas en la sensibilización de la población en general, sobre todo en aquellos espacios en los que se tenga contacto directo con poblaciones migrantes. Dichas estrategias no deben fomentar ni la criminalización ni la revictimización de las personas migrantes. Para conseguirlo será necesario hacer alianzas con actores estratégicos como los medios de comunicación, la sociedad civil y las instituciones de impartición de justicia.

De no actuar ahora, continuarán las masacres de migrantes y el país seguirá retratado como un Estado violento, corrupto, impune y complaciente con las economías criminales.

CONCLUSIONES

En los últimos años, las personas migrantes en tránsito por México enfrentan no sólo las restricciones que se han impuesto respecto a su movilidad, además han sido expuestas a la violencia exacerbada que en muchos casos las ha llevado a la muerte.

Tras la pandemia por COVID-19, los flujos migratorios irregularizados no se han detenido pese a las restricciones formales de entrada que muchos Estados han implementado y mantenido hasta nuestros días (aumento de la militarización de la frontera). Aunado a esto, en México esta situación excepcional ha ocasionado que las economías criminales tengan mayor injerencia durante el tránsito migratorio. A su vez, el mismo contexto ha permitido una desatención de las autoridades que se excusan en tener como prioridad la atención sanitaria. La violencia perpetrada por los grupos del crimen organizado tampoco ha tenido tregua, como se ha visto con las masacres sucedidas a inicios de 2021.

La situación se complicó con la entrada de Joe Biden al poder en Estados Unidos, quien, desde el comienzo de su mandato solicitó a México mayor atención en el control fronterizo bajo la dinámica “del buen vecino”. Al respecto, no ha sido extraño observar que, en lo que va del periodo presidencial de Biden, México ha puesto en marcha políticas más represivas como las “devoluciones en caliente” o las restricciones a las caravanas migrantes (Manetto, 2021) con tal de frenar la migración irregular (sin olvidar las restricciones fronterizas).

Sin presión de actores como sociedad civil hay poco seguimiento institucional y, por ende, limitado acceso a la justicia, por lo que este escenario permite que la economía criminal y los funcionarios implicados continúen violentando a la población migrante. Sumado a esto, pese a la hipervisibilización de las masacres de migrantes, las violaciones a derechos humanos han quedado eclipsadas por la pandemia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las críticas puntuales y las aportaciones de aquellos y aquellas colegas que dedicaron tiempo en la revisión del manuscrito. Sus comentarios ayudaron a mejorar el contenido del artículo.

REFERENCIAS

- Agudo, A., Estrada, M. y Braig, M. (eds.). (2017). *Estatualidades y soberanías disputadas*. El Colegio de México.
- Castañeda, A. (2016). *¿Qué es el Programa Frontera Sur?* Disponible en <https://observatoriocolef.org/wp-content/uploads/2016/06/BOLET%C3%8DN-1-Alejandra-Casta%C3%B1eda.pdf>
- DW (Deutsche Welle). (2021, febrero 3). *Detienen a 12 policías por masacre de migrantes en noreste de México*. Disponible en <https://www.dw.com/es/detienen-a-12-polic%C3%ADas-por-masacre-de-migrantes-en-noreste-de-m%C3%A9xico/a-56436267>
- Gómez, R. y Lagunes-Hernández, A. (2019). Deudas de criminalidad y violencia: sobre los orígenes de la violencia endémica diferenciada entre centros y periferias. *Espacialidades*, 9(1).

- INM (Instituto Nacional de Migración). (2021). *Tema Migratorio 040221*. Disponible en <https://www.inm.gob.mx/gobmx/word/index.php/tema-migratorio-040221/>
- Manetto, F. (2021, enero 16). Una caravana de miles de migrantes avanza firme por Guatemala y se dirige hacia México. *El País*. Disponible en <https://elpais.com/internacional/2021-01-17/una-caravana-de-miles-de-migrantes-avanza-imparable-por-guatemala-y-se-dirige-hacia-mexico.html>
- Mezzadra, S. y Neilson, B. (2013). *Border as method, or the multiplication of labor*. Duke University Press
- Oboler, S. (2014). Extraños desechables: raza e inmigración en la era de la globalización. *Inter Disciplina*, 2(4), 75-90. Disponible en <http://www.revistas.unam.mx/index.php/inter/article/view/47208>
- París, M. D. (2017). *Violencias y migraciones centroamericanas en México*. México: El Colegio de la Frontera Norte.
- Rosen, J. D. y Zepeda, R. (2015). La guerra contra el narcotráfico en México: una guerra perdida. *Reflexiones*, 94(1), 153-168
- SRE (Secretaría de Relaciones Exteriores). (2019). *La política migratoria de México es soberana y busca preservar los derechos de los migrantes*. Disponible en <https://www.gob.mx/segob/prensa/la-politica-migratoria-de-mexico-es-soberana-y-busca-preservar-los-derechos-de-los-migrantes-193372>.
- SRE (Secretaría de Relaciones Exteriores). (2020). *Iniciativa conjunta de México y Estados Unidos para combatir la pandemia de COVID-19*. Disponible en <https://www.gob.mx/sre/prensa/iniciativa-conjunta-de-mexico-y-estados-unidos-para-combatir-la-pandemia-de-covid-19>
- Segato, R. L. (2014). *Las nuevas formas de la guerra y el cuerpo de las mujeres*. México: Tinta Limón.
- Trouillot, M. (2011). *Transformaciones globales. La antropología y el mundo moderno*. Universidad del Cauca y Universidad de los Andes.
- Truong, T. (2001). Economía ilegal y tráfico de mujeres. *Papeles*, 73, 55-65.
- Varela, A. (2017). Las masacres de migrantes en San Fernando y Cadereyta: dos ejemplos de gubernamentalidad necropolítica. *Íconos*, 58, 131-148. Disponible en <https://www.redalyc.org/jatsRepo/509/50950776006/50950776006.pdf>

NOTAS

- [1] Estas masacres son sólo algunas de las más mediáticas; sin embargo, algunos autores afirman que la cifra es incalculable.
- [2] Versiones apuntan que policías municipales secuestraron a las personas migrantes durante su tránsito hacia Estados Unidos. Posteriormente, las entregaron a sicarios, quienes las acribillaron con un tiro en la cabeza (Varela, 2017).
- [3] La Declaración Universal de Derechos Humanos, el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, la Convención internacional sobre la protección de los derechos de todos los trabajadores migratorios y de sus familiares, por mencionar algunos.

CC BY-NC-ND



Análisis bibliométrico de la producción científica sobre México en temas de ciberseguridad (2015-2020)

Matilde-Espino, Yesenia; Valencia-Pérez, Luis-Rodrigo

Análisis bibliométrico de la producción científica sobre México en temas de ciberseguridad (2015-2020)

CIENCIA *ergo-sum*, vol. 29, núm. 3, noviembre 2022-febrero 2023 | e177

Espacio del Divulgador

Universidad Autónoma del Estado de México, México

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



Matilde-Espino, Y. y Valencia-Pérez, L. R. (2022). Análisis bibliométrico de la producción científica sobre México en temas de ciberseguridad (2015-2020). CIENCIA *ergo-sum*, 29(3). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n3a11>

Análisis bibliométrico de la producción científica sobre México en temas de ciberseguridad (2015-2020)

Bibliometric analysis of scientific production about Mexico regarding cybersecurity issues (2015-2020)

Yesenia Matilde-Espino*

Universidad Autónoma de Querétaro, México

yesenia-me@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-1810-6842>

Recepción: 8 de septiembre de 2021

Aprobación: 7 de enero de 2022

Luis-Rodrigo Valencia-Pérez

Universidad Autónoma de Querétaro, México

royvalper@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-1590-5000>

RESUMEN

Se desarrolla un análisis bibliométrico sobre artículos científicos referentes a México en temas de ciberseguridad, publicados entre 2015 y 2020 e indizados en los portales ScienceDirect, Redalyc y Dialnet. Se toman en consideración indicadores como la productividad por año, por revista, por institución y por autor, así como el contenido temático de los textos. De los 18 artículos analizados se detectan tendencias investigativas que sugieren una aportación mayoritaria de investigadores afiliados a universidades, así como la asociación del tema de la ciberseguridad y las tecnologías implicadas en el ciberespacio a tópicos sociales.

PALABRAS CLAVE: México, ciberseguridad, seguridad cibernética, producción científica, bibliometría.

ABSTRACT

A bibliometric analysis is carried out on scientific articles referring to Mexico on cybersecurity issues, published between 2015 and 2020, indexed by Scindirect, Redalyc, and Dialnet. The study takes into consideration indicators such as productivity per year, per journal, per institution and per author, as well as the thematic content of the texts. From the 18 papers analyzed, the detected research trends suggest a majority contribution from researchers affiliated to universities, as well as the association of cybersecurity issues and the technologies involved in cyberspace with social topics.

KEYWORDS: Mexico, cybersecurity, cyber security, scientific production, bibliometrics.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los datos de diferentes reportes a nivel global y nacional sobre tendencias del uso de internet, se observa que en ambos escenarios el aumento de los usuarios, la variedad de actividades que una persona puede realizar en línea y los diferentes dispositivos que se logran conectar a la red de redes crecen a pasos agigantados.

Algunos de los datos más relevantes encontrados dentro de estos documentos, son:

- a) La población usuaria de internet en el ámbito mundial, es de 4 660 millones de personas, mientras que en México la cantidad de usuarios es de 84.1 millones de personas (We Are Social y Hootsuite, 2021; IFT, 2021).
- b) El tiempo promedio que la población en el mundo destina al uso de internet es de casi siete horas al día. Por otra parte, de acuerdo con los reportes estudiados, para México no se tiene una cifra de tiempo exacta, pero se conoce que casi el 30% de los encuestados expresó estar conectado todo el día por igual (We Are Social y Hootsuite, 2021; AIMX, 2021).

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

*yesenia-me@hotmail.com

- c) Tanto en el ámbito mundial como nacional, la comunicación, la búsqueda de información, mantenerse al día con las noticias y acontecimientos sobresalientes y el acceso a las redes sociales son las principales actividades realizadas en internet (We Are Social y Hootsuite, 2021; IFT, 2021).
- d) En cuanto a los dispositivos empleados para establecer conexión, tanto a nivel mundial como nacional, los más usados son los teléfonos móviles, en segundo lugar se encuentran las computadoras portátiles y finalmente las computadoras de escritorio, tablets, televisores con acceso a internet, consolas de videojuegos y otros dispositivos inteligentes para el hogar (We Are Social y Hootsuite, 2021; IFT, 2021).

Dados estos patrones de comportamiento, presentes y en aumento desde hace algunos años, son diversas las industrias que han implementado estrategias acordes con este panorama digital: el comercio electrónico, la prestación de servicios mediante plataformas virtuales y el *marketing* digital. Sin embargo, esta creciente adopción tanto de internet como de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), no solamente es aplicada por empresas, trabajadores y estudiantes, sino también por delincuentes, quienes se valen de estos medios para llevar a cabo actos ilícitos dentro del ciberespacio, por lo que se les denomina *cibercriminales* (Cámara, 2020). A las acciones malintencionadas que los cibercriminales ejecutan a través de esas tecnologías para cometer el delito, o siendo éstas el objetivo, se les conoce como cibercrímenes, entre los cuales se encuentran la distribución de *malware*, *ransomware* o cualquier tipo de virus informático, *hacking*, mercado negro, así como el robo de identidad o de información sensible, entre otros.

Si bien la cantidad de cibercrímenes que se cometen ha ido en aumento en los últimos años, aún es complicado establecer cifras precisas referentes a la ciberdelincuencia existente debido, entre otras cosas, a la “cifra negra de la cibercriminalidad” (Montiel, 2016: 119). No obstante, se estima que en el mundo los costos pecuniarios provocados por éstos ascienden a más de un billón de dólares. Al respecto, el robo de propiedad intelectual y los delitos financieros en conjunto son los que conforman el mayor porcentaje de esta cifra (McAfee y CSIS, 2020).

Asimismo, en cuanto a los estragos económicos provocados por el incremento de la cibercriminalidad, se sabe que en México la ciberdelincuencia ocasiona pérdidas de entre tres mil y cinco mil millones de dólares anuales tanto a la industria como a los consumidores. En relación con esto, las organizaciones dentro del ámbito de las finanzas son las que mayor cantidad de ataques cibernéticos reciben, teniendo éxito el 43% de los casos (Congreso de la Unión, 2020). Aunque el sector financiero parece ser el objetivo más atractivo para los cibrecriminales, es importante destacar que también la población en general ha resultado ser un blanco fácil de crímenes como secuestro y extorsión, de acuerdo con la policía mexicana, debido al exceso de información personal provista por las mismas víctimas mediante sus redes sociales (OSAC, 2020).

Las circunstancias planteadas demuestran la necesidad de instaurar medidas de ciberseguridad de amplio espectro no sólo dentro de las empresas sino también en los países. Igualmente, reflejan lo indispensable que es destinar recursos económicos y humanos a la investigación de tópicos relevantes para la creación y el desarrollo de estas estrategias.

Se menciona a la ciberseguridad como un aspecto crucial para la protección, ya que ésta tiene como objetivo garantizar la seguridad del entorno digital, tanto activos como a usuarios, gracias a la aplicación de estrategias y al empleo de herramientas tecnológicas para la prevención, mitigación y control de los posibles riesgos cibernéticos que amenacen a una organización (ITU, 2008; Gobierno de México, 2017).

De la definición previa se infiere que las medidas impuestas como parte de una estrategia de ciberseguridad son susceptibles de evaluación, por lo que es conveniente citar los principales hallazgos encontrados por parte de la ITU (International Telecommunication Union) en torno a México en temas de ciberseguridad. De acuerdo con la evaluación del estado de la ciberseguridad en diversos aspectos que llevó a cabo este organismo a 194 países alrededor del mundo durante 2020, México ocupa la posición 52. Detecta como puntos de mejora las organizaciones y las estrategias que atienden los temas asociados a la ciberseguridad en la nación, las leyes y los procesos judiciales en relación con el cibercrimen y el desarrollo de competencias en términos de ciberseguridad (ITU, 2021).

Para ilustrar de una mejor manera estos aspectos, en la figura 1 se muestran algunas de las cuestiones que intervienen en la evaluación de los puntos débiles encontrados en México.

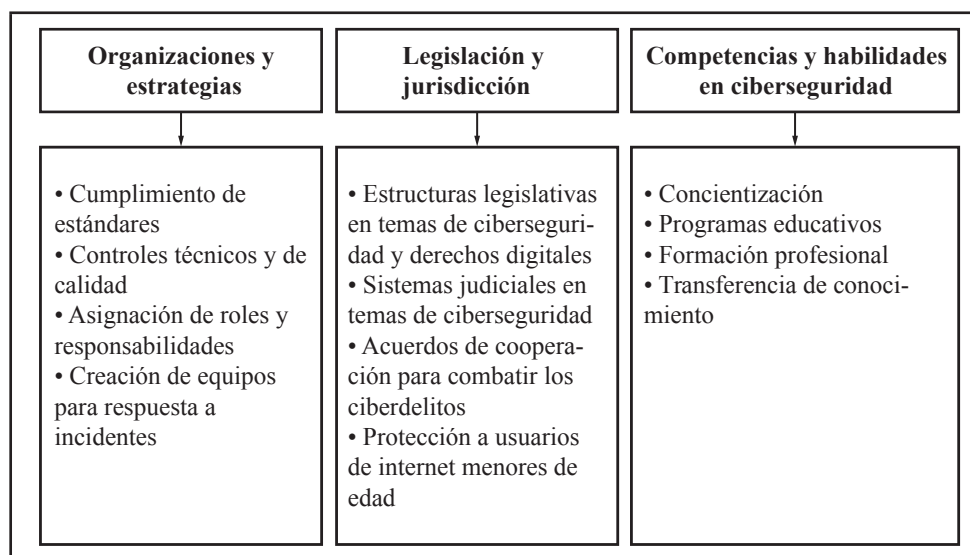


FIGURA 1

Cuestiones sujetas a evaluación

Fuente: elaboración propia con base en World Bank (2019).

Con el panorama observado a partir de la figura 1 se debe agregar que las deficiencias en los tópicos organizativos y legislativos son conocidas por las autoridades mexicanas de seguridad pública, dado que éstas han manifestado que México necesita una organización coordinadora para ofrecer a la ciudadanía respuestas acerca de los ciberdelitos, así como una ley enfocada en la ciudadanía y alineada a marcos internacionales para fomentar la cooperación entre naciones (Congreso de la Unión, 2020). Aunque se está al tanto de la problemática y de las acciones que contribuirían a contrarrestarla, la ciberseguridad aún no es tema prioritario para el país.

De acuerdo con estas circunstancias, este artículo pretende crear conciencia y apoyar la relevancia de los temas relacionados con la ciberseguridad en México (elementos atribuidos al desarrollo de sus competencias) mostrando la bibliografía científica publicada e indizada que existe en la actualidad, así como los tópicos que ésta aborda. Lo anterior permite identificar cuáles son los temas en donde hace falta que la comunidad científica mexicana profundice o empiece investigaciones. Para lograrlo se hace uso del análisis bibliométrico, el cual consiste en contar la cantidad de publicaciones científicas (como artículos en revistas científicas, libros de texto o manuales) producidas, para medir el esfuerzo y el impacto de la actividad investigativa (Licea y Santillán, 2002; Miyahira, 2017).

1. METODOLOGÍA

Se desarrolla un análisis bibliométrico sobre la información resultante de la búsqueda de artículos científicos publicados e indizados por ScienceDirect, Redalyc y Dialnet entre enero de 2015 y diciembre de 2020.

La bibliometría es el uso de diferentes métodos matemáticos y estadísticos en el análisis sobre medios de comunicación como libros y revistas para el estudio de patrones formados por indicadores tales como la autoría, productividad y el nivel de citación (Diodato, 1994: 13-14). Además, dos puntos elementales que deben tomarse en cuenta en los estudios bibliométricos son *a*) los medios empleados para la difusión del trabajo de investigación y *b*) su disponibilidad en bases de datos bibliográficas de fácil acceso (Russell y Rousseau, 2009). De acuerdo con estas características, se seleccionaron los buscadores.

Adicional a los factores de inclusión mencionados, se consideraron únicamente los estudios que toman a México (en su totalidad o en algún factor integrante del país como sus entidades federativas, ciudadanos u organizaciones

políticas) como eje principal de la investigación, como parte predominante o como una representación igualitaria del conjunto de temas que se estén tratando en el documento y donde se incluyan también los temas relacionados con la ciberseguridad como estrategias, competencias, propuestas, retos y ciberamenazas. Además de ser de acceso abierto, la publicación del artículo debe estar en español.

Los términos de búsqueda considerados con la misma configuración en cada uno de los buscadores son los siguientes: ciberseguridad, seguridad cibernética, seguridad informática, ciberespacio seguro y seguridad en internet. Todos ellos se combinaron con la palabra México. De acuerdo a lo anterior, la ecuación 1 muestra la fórmula de búsqueda empleada:

$$\begin{aligned} &\text{"México"} \text{ AND } (\text{"Ciberseguridad"} \text{ OR } \text{"Seguridad cibernética"} \text{ OR} \\ &\text{"Seguridad informática"} \text{ OR } \text{"Cibersespacio seguro"} \text{ OR } \text{"Seguridad en internet"}) \end{aligned} \quad (1)$$

Una vez captados los resultados, se procede con el análisis y la explicación de los hallazgos de acuerdo con cada indicador definido.

2. RESULTADOS

Al ingresar la fórmula de búsqueda en los buscadores seleccionados, se recabaron resultados diferentes en cada uno de ellos, como se explica a continuación:

- a) ScienceDirect: el buscador muestra dos resultados; sin embargo, ninguno de ellos atiende a los requerimientos adicionales descritos en la sección "Metodología".
- b) Redalyc: de los 332 resultados arrojados por el buscador, solamente 11 artículos cumplen con los requerimientos adicionales definidos en la sección "Metodología".
- c) Dialnet: en la búsqueda se consiguen 25 resultados, de éstos únicamente 9 obedecen los requerimientos adicionales especificados en el apartado "Metodología".

Este contexto permite notar que el buscador con mayor cantidad de artículos indizados respecto a México en temas de ciberseguridad es Redalyc con un total de 11 documentos afines, le sigue Dialnet con 9 trabajos relevantes, mientras que ScienceDirect no muestra artículos indizados coincidentes utilizando estas palabras clave. Cabe resaltar que dos de los artículos se encuentran indizados tanto en Dialnet como en Redalyc, por lo que el número total de artículos diferentes encontrados en la búsqueda es 18.

Por otra parte, analizando los resultados de manera global y tomando como criterio el enfoque de cada uno de los diferentes indicadores, se sacan los siguientes resultados.

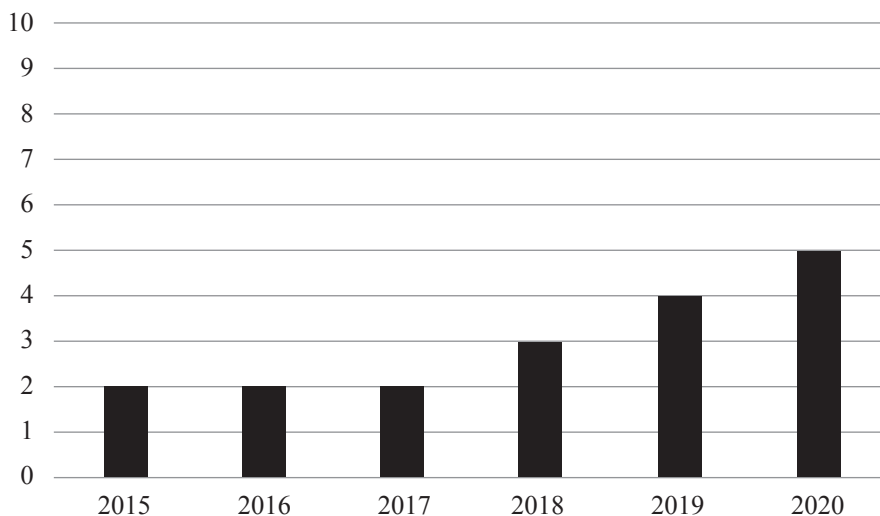
2. 1. Indicadores de productividad

Este tipo de indicadores se obtienen mediante el conteo de las publicaciones científicas existentes, ya que la cantidad resultante puede considerarse como una medición de la actividad científica. Al cómputo del total de publicaciones producidas por un autor en particular, un equipo de investigación, una organización, o una nación se le conoce como *productividad científica* (Ardanuy, 2012).

2. 1. 1. Publicaciones por año

La gráfica 1 muestra el avance cronológico de las publicaciones durante el periodo seleccionado. De los 18 artículos encontrados en la búsqueda, se puede registrar que la producción máxima por año fue en 2020 con un total de cinco documentos, mientras que en 2019 se publicaron cuatro trabajos, en 2018 la cifra fue de tres y en

el periodo 2015-2017 la cantidad de artículos por cada año fue de dos solamente. Estos resultados sugieren que los investigadores han estado incluyendo cada vez más el tema de la ciberseguridad en sus publicaciones.

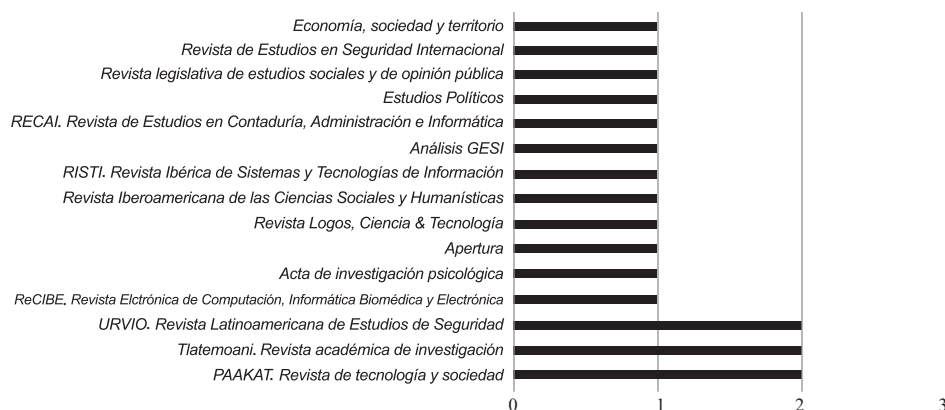


GRÁFICA 1
Cantidad de artículos publicados por año
Fuente: elaboración propia.

2. 1. 2. Publicaciones por revista

De acuerdo con la gráfica 2, el resultado de la búsqueda trajo un total de 15 revistas diferentes donde se han encontrado publicaciones referentes a México en temas de ciberseguridad. *PAAKAT. Revista de tecnología y sociedad*, *Tlatemoani. Revista académica de investigación* y *URVIO. Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad* son las que cuentan con mayor cantidad de publicaciones al respecto, con un total de dos artículos afines cada una, mientras que el resto de las revistas contabiliza solamente con un documento concordante con los parámetros de búsqueda.

Destaca el hecho de que el 67% de las revistas detectadas son de origen mexicano. Por otra parte, las revistas *Análisis GESI* y *Revista de Estudios en Seguridad Internacional* son de España, *URVIO. Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad* es de Ecuador, *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información* proviene de Portugal y *Revista Logos, Ciencia & Tecnología* corresponde a Colombia.



GRÁFICA 2
Cantidad de artículos publicados por revista
Fuente: elaboración propia.

2. 1. 3. Índice de productividad por autor

La gráfica 3 muestra la cantidad de artículos publicados bajo la firma de cada autor identificado en este estudio. Por medio de la búsqueda se detectaron un total de 29 creadores diferentes.

Además, en la gráfica 3 se aprecia que el autor con mayor cantidad de publicaciones es Juan Manuel Aguilar Antonio, con un total de tres artículos y sin trabajos en colaboración. En segundo lugar se encuentra Domingo Manuel Lechón Gómez con dos documentos bajo su sello; sin embargo, en ambos Lechón Gómez es copartícipe primario.

El resto de los investigadores cuenta sólo con una publicación bajo su nombre; no obstante, es necesario apuntar que dentro de los trabajos se señala como autor primario o único a los autores de la posición 15 a la posición 29 en la gráfica 3, mientras que los creadores de la ubicación 1 a la ubicación 14 se han identificado como coautores de sus respectivos artículos.



GRÁFICA 3
Cantidad de artículos publicados por autor
Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, se calculó el índice de productividad individual de los autores definidos previamente.

El índice de productividad de los autores [IP] es también conocido como el *índice de productividad de Lotka*, el cual es descrito como “el logaritmo decimal del número de publicaciones” (Franco *et al.*, 2016: 11), que en el contexto de este trabajo hace referencia a los artículos publicados por autor. La fórmula de cálculo para este índice, elaborada con base en Escorcía y Poutou (2008), se explica en la ecuación 2.

$$IP = \log N \quad (2)$$

Donde:

IP = índice de productividad individual

N = número de artículos por autor

De los cálculos efectuados con la fórmula de la ecuación 2, y basando su categorización en la descripción sobre el índice de Lotka por Suárez y Pérez:

La productividad de los científicos puede ser cuantificada a través del índice de Lotka en tres niveles: pequeños productores (< 1 producto), medianos productores (2-9 productos > 0) y grandes productores (más de 10 productos > 1) (Ávila Toscano, 2018: 100).

Se obtiene que:

- a) Con un IP de 0.4771 derivado de sus tres artículos publicados, Juan Manuel Aguilar Antonio se clasifica como “mediano productor”. Por su parte, con un IP de 0.3010 proveniente de sus dos trabajos publicados, Domingo Manuel Lechón Gómez se encuentra también dentro de esta clasificación.
- b) En tanto, el resto de los autores listados dentro de la gráfica 3 poseen un IP de 0 debido a que solamente cuentan con un estudio bajo su firma y se les clasifica como “pequeños productores”.

2. 1. 4. Índice de multiautoría o de productividad fraccionaria

Este índice puede describirse como el total de autores que participa en cada uno de los estudios publicados. Asimismo, permite detectar la existencia de “colegios invisibles”, que son grupos de investigadores que se comunican y colaboran entre sí para generar progreso en una disciplina científica de interés común (Romero *et al.*, 2019: 4-6).

Padilla (2016) provee un ejemplo para el cálculo de este índice: “si un autor tiene un trabajo con 6 colaboradores, otro con 3 y otro solo, tendría un índice de productividad fraccionaria de: $1/6 + 1/3 + 1 = 0,16 + 0,33 + 1 = 1,49$ ” (p. 58).

Los resultados del cálculo del índice de productividad fraccionaria [IPF] permiten colocar a los autores dentro de diferentes clasificaciones (Martínez y Gómez, 2003):

- a) Pequeños productores: $IPF \leq 0$
- b) Medianos productores: $0 < IPF < 1$
- c) Grandes productores: $IPF \geq 1$

Se desarrolla el cálculo de este índice tomando como ejes solamente a los autores que aparecen como únicos o primarios en sus escritos. Los resultados se muestran en el cuadro 1.

CUADRO 1
Índice de productividad fraccionaria para autores únicos o primarios

	Cantidad de artículos publicados			Índice de productividad fraccionaria
	Único autor	Coautores por artículo, incluyendo autor primario		
		2	3	
Helton Emmanuel Ramírez Luna		1		0.50
Blanca E. Retana Franco		1		0.50
Berenice Castillejos López			1	0.33
Jaime Hernán Rojas Parra	1			1
Irma Arellano Martínez	1			1
Francisco R. Cortes Martínez			1	0.16
José Carlos Hernández	1			1
Norma Martínez López		1		0.50
Ramón Ventura Roque Hernández		1		0.50
Juan Miguel Castillo Fonseca		1		0.50
Alma Celia Galindo Núñez	1			1
Paola Iliana de la Rosa Rodríguez	1			1
Paloma Mendoza Cortés	1			1
Domingo Manuel Lechón Gómez		2		1
Juan Manuel Aguilar Antonio	3			3

Fuente: elaboración propia.

Con base en los resultados del cuadro 1, Francisco R. Cortes Martínez es la autor con menor IPF dentro de la clasificación “medianos productores”, ya que solamente cuenta con un artículo bajo su firma y del cual comparte la autoría con otros cinco colaboradores. En esta misma categoría, le sigue Berenice Castillejos López con un IPF de 0.33 derivado de su único trabajo del cual comparte autoría con otras dos personas.

También, dentro de la clasificación “medianos productores”, pero con un índice de productividad fraccionaria de 0.50 cada uno, se encuentran Helton Emmanuel Ramírez Luna, Blanca E. Retana Franco, Norma Martínez López, Ramón Ventura Roque Hernández, y Juan Miguel Castillo Fonseca.

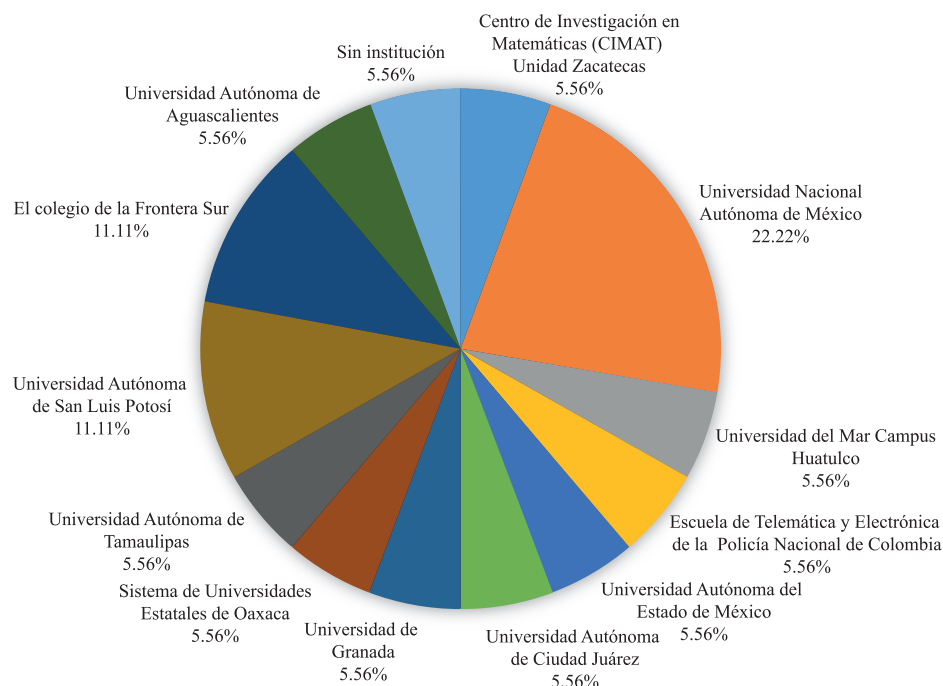
El resto de los autores listados dentro del cuadro 1 pertenece a la clasificación “grandes productores”. Sin embargo, cabe destacar que el autor Juan Manuel Aguilar Antonio es el único que cuenta con un índice de productividad fraccionaria mayor a 1 dentro de esta clasificación debido a que sus tres trabajos publicados son solamente de su autoría.

2. 1. 5. Índice institucional

En este índice, la institucionalidad se refiere a la organización a la que el autor pertenece de alguna forma. “La información obtenida a través de este índice permite evaluar el comportamiento de los patrones de productividad entre las distintas instituciones” (Vallejo, 2005: 53).

Para este análisis, el índice se conformará por el porcentaje de artículos publicados considerando las instituciones a las que están afiliados los creadores encontrados; se toman en cuenta únicamente a los autores que aparezcan como únicos o primarios dentro de sus artículos.

El total de autores únicos o primarios distintos es 15, los cuales se encuentran afiliados a 12 instituciones diferentes. Cabe mencionar que un autor aparece listado como “Sin institución” dado que se identifica como “Profesora, analista y consultora privada”. El nombre de las instituciones, así como su porcentaje de artículos publicados se encuentra dentro de la gráfica 4.



GRÁFICA 4
 Porcentaje de artículos publicados por afiliación institucional del autor
 Fuente: elaboración propia.

Se observa que la organización con mayor porcentaje de artículos publicados es la Universidad Nacional Autónoma de México, con un total de cuatro. Existe un empate en el segundo lugar, ya que tanto la Universidad Autónoma de San Luis Potosí como El Colegio de la Frontera Sur cuentan con dos artículos cada una. El resto de las instituciones listadas cuenta con un solo artículo publicado en concordancia con la búsqueda.

2. 2. Indicadores de contenido

Para definir los indicadores de contenido dentro de este trabajo se hace uso de la aportación descriptiva provista por Arbeláez y Onrubia (2014), donde se dice que “pueden ser de tipo temático o textual. Se refieren al estudio de temas o ejes centrales en una publicación; y pueden analizarse a través de las palabras significativas en los títulos o resúmenes, de los descriptores o de los tesauros” (p. 18).

2. 2. 1. Índice de contenido temático

En un análisis de contenido temático,

se considera la presencia de términos o conceptos con independencia de las relaciones surgidas entre ellos. Las técnicas más utilizadas son las listas de frecuencias; la identificación y clasificación temática; y la búsqueda de palabras en contexto (Arbeláez y Onrubia, 2014: 20).

Derivado de las definiciones anteriores, en este apartado se examina la frecuencia absoluta en la que las diferentes palabras clave se repiten entre los 17 artículos analizados para así determinar cuáles son los temas más recurrentes en los estudios resultantes de la búsqueda.

Como nota adicional, es necesario indicar que el artículo escrito por José Carlos Hernández Gutiérrez no cuenta con palabras clave definidas por el autor, por lo que no se incluye en este análisis.

Dentro del cuadro 2 se contemplan los resultados del análisis elaborado para esta sección.

CUADRO 2
Frecuencia absoluta de las palabras clave

Palabra clave	Frecuencia absoluta	Palabra clave	Frecuencia absoluta
Internet	6	Seguridad interior	1
Seguridad cibernética	4	Seguridad nacional	1
Protección de datos	3	Autenticación	1
TIC	3	Cibercrimen	1
Seguridad de la información	2	Fraude	1
México	2	Robo de identidad	1
Movimientos sociales	2	Privacidad	1
Territorio	2	Contrainteligencia	1
Seguridad del Estado	2	Inteligencia militar	1
Estrategia nacional de ciberseguridad	2	Fuerzas armadas	1
Millennials	1	Seguridad	1
Competencias digitales	1	CSIRT	1
Seguridad digital	1	Infraestructura	1
Cultura	1	Seguridad en redes	1
Seguridad informática	1	Derechos digitales	1
Factor de riesgo	1	Prácticas <i>online</i>	1
Redes sociales	1	Etnografía digital	1
Estudiantes	1	Acoso	1
Preparatoria	1	Ciberacoso	1
Educación superior	1	Tecnología	1
Privacidad de la información	1	ORI	1
Jóvenes	1	Medición	
Plan educativo	1	Castellano	1
Zonas rurales	1	Dato	1
Ciberseguridad	1	Delito	1
Vigilancia tecnológica	1	Electrónico	1
Archivos	1	Informático	1
Ambientes virtuales de aprendizaje	1	Ley	1
Educación digital	1	País	1
Tecnología educativa	1	Pena	1
Ciberactivismo	1	Prisión	1
Comunalidad digital	1	Red	1
Hacktivism	1	Sistema	1
Extractivismo	1	Telemático	1
Crisis política	1	Telecomunicaciones	1

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 2 se encuentra el listado de todas las palabras clave diferentes identificadas durante el análisis, con un total de 70. Las que tienen mayor frecuencia absoluta son “Internet” y “Seguridad cibernética”, con seis y cuatro apariciones respectivamente; la tercera posición es ocupada por “TIC” y “Protección de datos” con un valor de tres cada una de ellas, mientras que “Seguridad de la información”, “México”, “Movimientos sociales”, “Territorio”, “Seguridad del Estado” y “Estrategia nacional de ciberseguridad” tienen una frecuencia absoluta de dos cada una; las restantes aparecen sólo una vez.

Con base en estos datos, es posible observar que:

- a) La mayoría de las investigaciones hacen referencia al internet, medio donde se crea el denominado *ciberespacio* y en donde se cometen los ciberdelitos. También, es el principal medio que protege la ciberseguridad.
- b) No es de extrañar que “Seguridad cibernética” ocupe el segundo lugar por aparición, ya que es el tema principal del presente estudio.
- c) Es razonable que “TIC” sea una palabra constante en este tipo de investigaciones debido a que en los últimos años son las herramientas principales para permitir a los usuarios recibir y transmitir información. Por su parte, la “Protección de datos” también es un tema estrechamente ligado al internet, la ciberseguridad y las TIC.
- d) Tener las palabras clave “Seguridad de la información” y “México” en cuarto lugar es algo esperado, ya que México es el país de interés y “Seguridad de la información” es un término que comprende, entre otros temas, a la ciberseguridad. Por otra parte, encontrar “Estrategia nacional de ciberseguridad”, “Seguridad del Estado”, “Territorio” y “Movimientos sociales” apunta a que el ciberespacio está pasando de ser solamente una herramienta de interconexión a convertirse en una extensión del mundo físico, donde se llevan a cabo disputas y manifestaciones de diversas índoles y donde la ciberseguridad debe cobrar un papel estratégico para garantizar la seguridad de todos.

DISCUSIÓN

El análisis de este artículo revela que los buscadores dirigidos por organizaciones provenientes de países de habla hispana arrojaron una cantidad mayor de resultados factibles para el objetivo del trabajo y también el hecho de que la producción científica (en forma de artículo) sobre México en temas de ciberseguridad e indizada no crece en más de una unidad por año.

También, muestra que en el periodo considerado *URVIO. Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad, Tlatemoani. Revista académica de investigación* y *PAAKAT. Revista de tecnología y sociedad* son las que cuentan con mayor cantidad de artículos referentes a este tema. Lo anterior es acorde con las temáticas definidas en cada uno de estos ejemplares, entre las cuales se encuentra la tecnología y la seguridad en relación con otras disciplinas y aspectos socioculturales.

Además, permite observar que Juan Manuel Aguilar Antonio es quien cuenta con mayor productividad; sin embargo, ya que es el único autor de sus escritos, no se logra identificar la existencia de “colegios invisibles” dedicados a la investigación de México en temas de ciberseguridad. Por otra parte, dado el número de trabajos a su nombre, cuya afiliación institucional (al momento del análisis) es la Universidad Nacional Autónoma de México, coloca a este organismo como la institución con mayor cantidad de artículos publicados.

En lo que concierne al análisis de contenido, se nota una tendencia a relacionar los temas tecnológicos como internet, TIC, informática y ciberseguridad con temas sociales como movimientos, territorio, estado, crimen y estrategias de seguridad, entre otros. Este planteamiento refuerza lo descrito en la introducción de este artículo, donde se advierte el impacto que ha estado generando el uso de estas tecnologías por los diferentes sectores de la población, la magnitud de contar con entes reguladores de lo que sucede en el ciberespacio y con las personas que hacen un uso indebido de éste y de las tecnologías implicadas, así como la necesidad de desarrollar las capacidades en ciberseguridad dentro de la nación.

Así también, se encuentran limitaciones. En este sentido, los términos empleados en la búsqueda pueden ser un tanto restrictivos, ya que se basan sólo en el tema en sí y no en términos complementarios como los nombres de los ciberdelitos más famosos o recurrentes o los nombres famosos de *software* de protección cibernética o terminología en inglés. Sólo se toma en cuenta lo relativo a México en temas de ciberseguridad y no lo que un mexicano o un autor afiliado a una institución mexicana producen sobre temas de ciberseguridad en general. Asimismo,

se tomaron en cuenta artículos indizados en los buscadores seleccionados y no los existentes en la totalidad de internet. Por último, se descartaron todos aquellos artículos indizados que no fueran de acceso abierto o escritos en un idioma diferente al español.

Dadas las limitaciones descritas, se recomienda un estudio complementario donde las demarcaciones de inclusión sean menos restrictivas y se contemple la totalidad del ciberespacio como campo de búsqueda.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las tendencias detectadas, es posible plantear dos puntos medulares: *a*) las casas de estudios superiores pueden y deben ser consideradas como actores clave para la generación y divulgación de estudios multidisciplinarios relacionados con la ciberseguridad y *b*) las investigaciones actuales son, en su mayoría, contribuciones al ámbito social en relación con la ciberseguridad.

Establecidos estos dos puntos, y con el objetivo de lograr un incremento sustancial de producción científica en los próximos años, se propone que las universidades comiencen a incluir o asignar mayor relevancia al tema de la ciberseguridad en sus diferentes planes educativos, es decir, que el tema se incorpore y refuerce en las retículas de todas aquellas disciplinas en donde la tecnología (apta para conectarse al ciberespacio) intervenga como objeto de estudio o manipulación y por supuesto también en todas las ramas del saber capaces de aportar trabajos enfocados en alguno de los diferentes componentes de la ciberseguridad.

En caso contrario se estaría desaprovechando la oportunidad de colocar la ciberseguridad y su importancia para el país en el imaginario de una gran cantidad de agentes pertenecientes a diversas disciplinas, que podrían en un futuro colaborar con las actividades investigativas necesarias para el fortalecimiento de la ciberseguridad en territorio nacional. Este panorama traería como consecuencia que el tema mantenga niveles bajos de consideración, diversificación y producción, como los detectados en este artículo.

Además, se sugiere la realización periódica de este tipo de estudios (bibliométricos) para comprobar el avance de la actividad investigativa sobre México en temas de ciberseguridad, detectar tendencias y áreas de oportunidad, así como obtener datos relevantes para la formulación de estrategias que contribuyan a disminuir el rezago.

A partir de lo expuesto, se desprende la necesidad de considerar el tema de la ciberseguridad como serio, prioritario y recurrente dentro de los planes estratégicos gubernamentales de la nación. Esta perspectiva permitiría aumentar la frecuencia y los recursos de diversa índole destinados a este tópico en los estudios científicos.

ANÁLISIS PROSPECTIVO

En este apartado se propone un escenario positivo y uno negativo con vista a los próximos años para las variables “Índice institucional” e “Índice de contenido temático”, las cuales proveen datos que permiten la formulación de escenarios posibles acerca del futuro investigativo sobre México en temas de ciberseguridad.

El escenario positivo planteado para el “Índice institucional” es donde las instituciones educativas con mayor producción de artículos sobre México en temas de ciberseguridad, tales como la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y El Colegio de La Frontera Sur, establecen alianzas enfocadas en promover el involucramiento multidisciplinario e interinstitucional del alumnado y profesorado en actividades de investigación y difusión sobre ese tópico. Estas alianzas generarían redes especializadas que favorezcan la transferencia de conocimientos entre las casas de estudios a las cuales podrán sumarse aquellas universidades nacionales con alto interés en la producción de conocimiento de la materia. En el escenario negativo las instituciones no cuentan con la infraestructura, el personal o el presupuesto necesario para dirigir los esfuerzos colaborativos hacia temas de vanguardia como lo es la ciberseguridad.

Por su parte, el “Índice de contenido temático” tiene un escenario positivo formulado como aquel donde los estudios en materia de ciberseguridad y su relación con los movimientos sociales, la seguridad nacional

y la seguridad pública aumentan de tal manera que proveen un marco referencial robusto para la creación o mejora de políticas públicas enfocadas en la ciberseguridad como la Estrategia Nacional de Ciberseguridad. Para esta variable, el escenario negativo consiste en que si bien se tiene un crecimiento en la investigación sobre la ciberseguridad en relación con los aspectos sociales mencionados, los estudios no son suficientes o simplemente no son considerados por las entidades correspondientes para el perfeccionamiento de las estrategias nacionales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el tiempo invertido, la retroalimentación y los comentarios constructivos de parte de los y las árbitros que colaboraron en la revisión del artículo. Asimismo, a CIENCIA *ergo-sum* por la comunicación clara y oportuna a lo largo de todas las fases del proceso.

REFERENCIAS

- Arbeláez, M. y Onrubia, J. (2014). Análisis bibliométrico y de contenido. Dos metodologías complementarias para el análisis de la revista colombiana *Educación y Cultura*. *Revista de Investigaciones*, 14(23), 14-31. <https://doi.org/10.22383/ri.v14i1.5>
- Ardanuy, J. (2012). *Breve introducción a la bibliometría*. Universidad de Barcelona. Disponible en <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30962/1/breve%20introduccion%20bibliometria.pdf>
- AIMX (Asociación de Internet MX). (2021). *17º Estudio sobre los Hábitos de los Usuarios de Internet en México 2021*. Disponible en <https://irp.cdn-website.com/81280eda/files/uploaded/17%C2%B0%20Estudio%20sobre%20los%20Habitos%20de%20los%20Usuarios%20de%20Internet%20en%20Me%CC%81xico%202021%20v15%20Publica.pdf>
- Ávila Toscano, J. H. (2018). *Cienciometría y bibliometría. El estudio de la producción científica. Métodos, enfoques y aplicaciones en el estudio de las Ciencias Sociales*. Corporación Universitaria Reformada.
- Cámara, S. (2020). La cibercriminología y el perfil del ciberdelincuente. *Derecho y Cambio Social*, 60, 470-512.
- Congreso de la Unión. (2020, 8 de octubre). *Foro virtual: cibercriminología y ciberseguridad en México. Reunión a distancia* [Archivo de video]. Canal del Congreso. Disponible en https://www.canaldelcongreso.gob.mx/vod/reproducir/1_lgog7cnb/Foro_virtual_Cibercriminologia_y_ciberseguridad_en_Mxic_Reunion_a_distancia
- Diodato, V. P. (1994). *Dictionary of Bibliometrics*. Routledge.
- Escorcia, T. y Poutou, R. (2008). Análisis bibliométrico de los artículos originales publicados en la revista *Universitas Scientiarum* (1987-2007). *Universitas Scientiarum*, 13(3), 236-244. Disponible en <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/1432>
- Franco, K., Díaz, F., Pineda, J., & Hidalgo, C. (2016). Bibliometric analysis of scientific production of *Mexican Journal of Eating Disorders*, 2010-2014. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*. <https://doi.org/10.1016/j.rmta.2016.03.001>
- Gobierno de México. (2017). *Estrategia Nacional de Ciberseguridad*, 27. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/271884/Estrategia_Nacional_Ciberseguridad.pdf
- IFT (Instituto Federal de Telecomunicaciones). (2021). *En México hay 84.1 millones de usuarios de internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2020*. Disponible en <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>

- ITU (International Telecommunication Union). (2021). *Global Cybersecurity Index 2020*. <https://www.itu.int/en/myitu/Publications/2021/06/28/13/22/Global-Cybersecurity-Index-2020>
- Licea, J. y Santillán, E. (2002). Bibliometría ¿para qué? *Biblioteca Universitaria*, 5(1), 3-10. Disponible en <https://www.dgb.unam.mx/servicios/dgb/publicdgb/bole/fulltext/volV12002/pgs-03-10.pdf>
- Martínez, M. y Gómez, A. (2003). Estudio bibliométrico de la *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología* (1998-2002). *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, 6(1), 58-71. Disponible en <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-fisioterapia-kinesiologia-176-pdf-13063654>
- McAfee, & CSIS (Center for Strategic and International Studies). (2020, December 7). *New McAfee Report Estimates Global Cybercrime Losses to Exceed \$1 Trillion*. McAfee. Retrieved from <https://ir.mcafee.com/news-releases/news-release-details/new-mcafee-report-estimates-global-cybercrime-losses-exceed-1/#:~:text=Global%20losses%20from%20cybercrime%20now,a%20million%20dollars%20per%20incident>
- Miyahira, J. (2017). Publicación científica: Un debe ser de las instituciones de educación superior. *Revista Médica Herediana*, 28(2), 73-74. <https://doi.org/10.20453/rmh.v28i2.3106>
- Montiel, I. (2016). Cibercriminalidad social juvenil: la cifra negra. *IDP: Revista de Internet, Derecho y Política*, 22, 119-131. Disponible en <https://raco.cat/index.php/IDP/article/view/318364>
- OSAC (Overseas Security Advisory Council). (2020). *Mexico 2020 Crime & Safety Report: Mexico City*. Retrieved from <https://www.osac.gov/Content/Report/7cfee321-09e8-4ab9-86a8-1984b2e731b3>
- Padilla, V. (2016). *Análisis de la actividad científica española en el área de podología a través de publicaciones científicas internacionales* (tesis de doctorado). Universidad Complutense de Madrid. Disponible en <https://eprints.ucm.es/id/eprint/40148/>
- Romero, O., Velez, G., Ramírez, M., Robledo y Balanzó, A. (2019). Colegios invisibles y patrones de colaboración en el Sistema de Investigación Agropecuaria en Colombia. *Redes: Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 30(1), 1-24. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.818>
- Russell, J. y Rousseau, R. (2009). Bibliometrics and institutional evaluation. *Science and Technology Policy*, 2. UNESCO/EOLSS Publishers.
- Telecommunication Standardization Sector of ITU. (2008). *Series X: Data networks, Open system communications and Security X.1205*. Retrieved from https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&cid=T-REC-X.1205-200804-I!!PDF-E&type=items
- Vallejo, M. (2005). *Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en educación matemática (1975-2002)* (tesis de doctorado). Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/580>
- We Are Social, & Hootsuite. (2021). *Digital 2021: Global Overview Report*. Retrieved from <https://wearesocial.com/digital-2021>
- World Bank. (2019). *Global Cybersecurity Capacity Program: Lessons Learned and Recommendations towards Strengthening the Program*. <http://documents.worldbank.org/curated/en/947551561459590661/Global-Cybersecurity-Capacity-Program-Lessons-Learned-and-Recommendations-towards-Strengthening-the-Program>

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. **Recept and processing papers 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: [Ciencia Ergo Sum](#)



Universidad Autónoma del Estado de México
UAEMEX



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

