

# inventio

La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Vol. 18, núm. 44, 2022 | ISSN: 2448-9026 (digital)

DOI: [10.30973/inventio/2022.18.44](https://doi.org/10.30973/inventio/2022.18.44)

## ARTÍCULOS

### **Ciruela mexicana: de Mesoamérica para el mundo**

*Mexican plum: from Mesoamerica to the world*

Alejandro García Flores, Raúl Valle Marquina, María de Rocio Ruenes Morales, Erika Román Montes de Oca

### **Dinámicas del crimen organizado en Morelos**

*Dynamics of organized crime in Morelos*

Morna Macleod

### **Formación de empresas de base tecnológica y género**

*Technological based firms formation and gender*

Daniela Cruz Delgado, Julio César García Martínez, Abril Alejandra Ramírez Erazo, Estela Torres Ramírez

### **Diseño axiomático para dispositivos mecatrónicos**

*Axiomatic design for the mechatronic devices*

Jesús Mares Carreño, Griselda Stephany Abarca Jiménez, Alan Eduardo Escobar Miranda

### **Videoinstalación como una red de los tiempos divergentes, convergentes y paralelos**

*Video installation as a network of divergent, convergent and parallel times*

Pawel Anaszkiwicz

### **Control de nemátodos gastrointestinales en el ganado mediante setas**

*Control of gastrointestinal nematodes in cattle by means of mushrooms*

Gloria Sarahi Castañeda-Ramírez, Liliana Aguilar Marcelino,

Juan Felipe de Jesús Torres-Acosta, Carlos Ramón Bautista-Garfias

### **Debaryomyces hansenii, una nueva levadura probiótica**

*Debaryomyces hansenii, a new probiotic yeast*

Carlos Angulo, Miriam Angulo, Martha Reyes-Becerril

### **El RNA mensajero (mRNA), una molécula versátil con potencial aplicación terapéutica y preventiva**

*Messenger RNA (mRNA), a versatile molecule with potential therapeutic and preventive application*

Gabriela Rosas, Raúl José Bobes Ruiz, Jacquelynne Cervantes Torres, Edda Sciutto, Gladis Fragosó

### **La regeneración del bosque después de un incendio**

*Forest regeneration after a fire*

Cristina Martínez-Garza, Iris Juan-Baeza, Kenya León-Carvajal, Miriam Hernández-Hernández

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Secretaría Académica

Dirección de Publicaciones y Divulgación

[inventio.uaem.mx](http://inventio.uaem.mx), [inventio@uaem.mx](mailto:inventio@uaem.mx)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



PUBLICACIONES  
Y DIVULGACIÓN



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS  
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

## DIRECTORIO

### Rector

Gustavo Urquiza Beltrán

### Secretario Académico

José Mario Ordóñez Palacios

### Directora de Publicaciones y Divulgación

Jade Nadine Gutiérrez Hardt

## EQUIPO EDITORIAL

### Coordinación editorial

Gerardo Ochoa

### Edición, corrección y dictamen

Gerardo Ochoa

Ariadna Segura Ocampo

Katya Lizbeth Cruz Mendoza

## CONSEJO EDITORIAL INSTITUCIONAL

Verónica Lira Ruan

Centro de Investigación en Dinámica Celular (CIDC)

María Luisa Villarreal Ortega

Centro de Investigación en Biotecnología (CEIB)

Vera L. Petricevich López

Facultad de Medicina (FM)

Elsa Guzmán Gómez

Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA)

Joaquín Mercado Yebra

Facultad de Estudios Superiores de Cuautla (FESC)

Ana Esther Escalante Ferrer

Centro de Investigación Interdisciplinar  
para el Desarrollo Universitario (CIDU)

María Ema Llorente

Centro Interdisciplinario de Investigación en Humanidades (CIHU),  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

## CONSEJO EDITORIAL EXTERNO

Luz de Teresa Oteyza

Instituto de Matemáticas, UNAM

Diana María Escalante Alcalde

Instituto de Fisiología Celular, UNAM

Lourival Domingos Possani Postay

Instituto de Biotecnología (IBT), UNAM

María Isabel Mora Ledesma

Programa de Estudios Antropológicos, El Colegio de San Luis AC

Carlos Gómez Chiñas

Departamento de Economía,  
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Azcapotzalco

Faustino Medardo Tapia Uribe

Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM), UNAM

*Inventio*, año 18, número 44, 2022, es una publicación periódica cuatrimestral, de modalidad adelantada, editada por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), a través de la Dirección de Publicaciones y Divulgación, Edificio 59 (Facultad de Artes), Campus Norte. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México. Teléfono +52 777 3297000, ext. 3815. Correo: [inventio@uaem.mx](mailto:inventio@uaem.mx). Las normas editoriales pueden consultarse en <http://inventio.uaem.mx>

Editor responsable: Jade Nadine Gutiérrez Hardt. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2009-093012081100-102. ISSN: 2448-9026 (digital). Responsable de la última actualización de este número: Gerardo Ochoa. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México. Teléfono +52 777 329 7000, ext. 3815. Correo: [inventio@uaem.mx](mailto:inventio@uaem.mx) Fecha de la última modificación: 22 de septiembre de 2022.

El contenido de los artículos que presenta *Inventio* muestra la diversidad del pensamiento universitario y es responsabilidad de cada autor.

*Inventio* está incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación del Conacyt, directorio de LATINDEX (UNAM), repositorio de Dialnet (UNIRIOJA), PKP Index (Public Knowledge Project), Latinoamericana (Chile) y LatinREV (Flacso, Argentina).

Publica artículos de divulgación que sean resultado de investigaciones originales desarrolladas por investigadores mexicanos y del extranjero. El contenido de los artículos muestra la diversidad del pensamiento universitario y es responsabilidad de cada autor.

Esta revista proporciona acceso abierto inmediato a su contenido, con base en el principio de ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones para contribuir a un mayor intercambio global de conocimientos. Se distribuye bajo una licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



## ARTÍCULOS

# Ciruela mexicana: de Mesoamérica para el mundo

*Mexican plum: from Mesoamerica to the world*

### Alejandro García Flores

ORCID: 0000-0002-1122-5059

Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### Raúl Valle Marquina

ORCID: 0000-0003-4730-2973

Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### María del Rocío Ruenes Morales

ORCID: 0000-0001-6313-0177

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)

### Erika Román Montes de Oca

ORCID: 0000-0002-9490-6423

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

## RESUMEN

Mesoamérica se caracteriza por la diversidad de ecosistemas, donde existe una gran riqueza natural, pero también una importante diversidad cultural. La relación histórica entre una naturaleza tan diversa y numerosos pueblos originarios favoreció la selección y domesticación de un considerable número de especies con múltiples usos, especialmente plantas alimentarias. Destacan las que forman parte básica de la dieta mesoamericana y que se han posicionado en la alimentación mundial, como el maíz, el frijol, la calabaza o el chile; pero también diversos árboles frutales que han sido parte de nuestra cultura alimentaria. El presente artículo se enfoca en la ciruela mexicana (*Spondias purpurea*), frutal nativo del trópico seco mesoamericano con importancia ecológica, histórica, cultural y económica, que representa un árbol promisorio en la producción rural diversificada.

## PALABRAS CLAVE

*Spondias purpurea*, frutales, Mesoamérica, selva baja caducifolia, domesticación

## ABSTRACT

Mesoamerica is characterized by the diversity of ecosystems, where there is a great natural wealth but also an important cultural diversity. The historical relationship between such a diverse nature and numerous native peoples favored the selection and domestication of a considerable number of species with multiple uses, especially food plants. The plants that are a basic part of the Mesoamerican diet and that have positioned themselves in the world diet stand out, such as corn, beans, pumpkin or chili; but also various fruit trees that have been part of our food culture. This article focuses on the Mexican plum (*Spondias purpurea*), a native fruit of the Mesoamerican dry tropics with ecological, historical, cultural and economic importance, which represents a promising tree in diversified rural production.

## KEY WORDS

*Spondias purpurea*, fruit trees, Mesoamerica, deciduous forest, domestication

## Introducción

Mesoamérica es una región cultural cuyo territorio incluye a México, Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. La compleja topografía, su privilegiada posición geográfica y la diversidad de climas han sido determinantes para la existencia de variados ecosistemas en los que se encuentra una gran riqueza natural. Además, se establecieron y desarrollaron numerosos pueblos, lo que dio origen a una gran diversidad cultural. La interacción entre una naturaleza tan diversa y la acumulación de saberes sobre su uso y manejo por los habitantes originarios permitió la obtención de una amplia gama de recursos alimentarios, medicinales, ornamentales y textiles, tanto para la construcción como para la creación de artesanías, claves en la subsistencia de las poblaciones en esta región desde la época prehispánica hasta la actualidad.

Las plantas son uno de los recursos naturales con mayor relevancia cultural en Mesoamérica desde hace miles de años, como lo evidencian estudios arqueobotánicos e iconográficos, así como documentos históricos. Esta región del mundo ha aportado múltiples especies florísticas para uso medicinal y ornamental, pero también plantas alimentarias (Linares y Bye, 2014). Junto con Medio Oriente, la zona andina de Perú, Ecuador y Chile; África ecuatorial, el Mediterráneo, el sureste asiático y el norte de China, Mesoamérica es reconocida como uno de los centros de origen, domesticación y diversificación de plantas cultivadas (Casas et al., 2017).

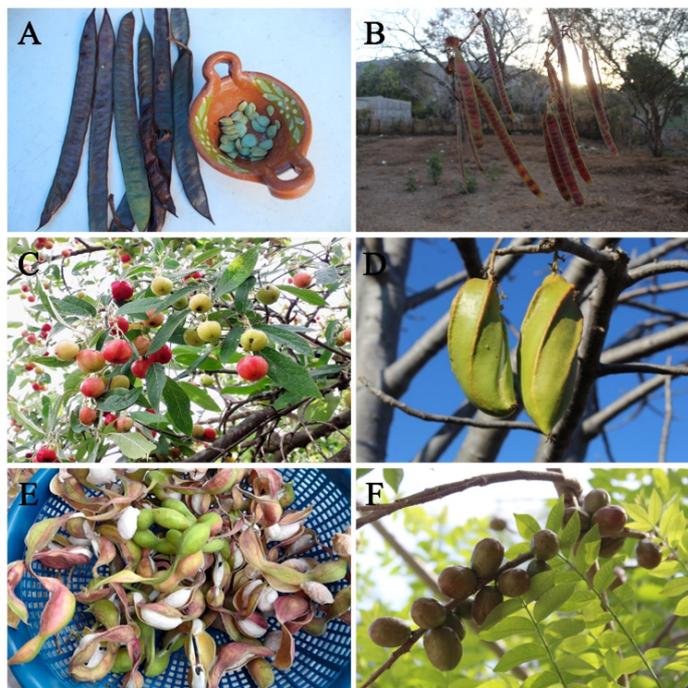
Se estima que en esta zona se iniciaron procesos de selección y domesticación de más de cien plantas importantes para la alimentación humana y animal. Más del 15% de las especies que consume la población mundial se originaron en esta área, como el maíz, frijol, calabaza, chile, aguacate, jitomate, tomate, amaranto, tuna y nopal (Sarukhán et al., 2017).

El cultivo de plantas se ha acompañado de su recolección para complementar la alimentación. En los diversos tipos de vegetación de Mesoamérica se encuentra una considerable variedad de especies comestibles, algunas de las cuales forman parte de la dieta de países de la región y del mundo, mientras que otras son de consumo casi local. Los árboles frutales son uno de los grupos de mayor significado de esta zona, al registrar más de 140 frutos comestibles nativos considerados deliciosos (Lascurain et al., 2010). En diversos casos han transitado de la recolección hacia el cultivo; por ejemplo, la guayaba (*Psidium guajava*), el tejocote (*Crataegus mexicana*), el capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli*), el aguacate (*Persea americana*), la anona (*Annona cherimola*), el zapote negro (*Diospyros nigra*), el chicozapote (*Manilkara zapota*), el mamey (*Pouteria sapota*), el nanche (*Byrsonima crassifolia*) y la papaya (*Carica papaya*) (Miller, 2011).

Las selvas bajas caducifolias son una comunidad vegetal de amplia distribución en México que ha aportado numerosas especies con múltiples usos (Linares y Bye, 2014), entre ellas, diferentes especies arbóreas cuyos frutos han sido parte de la dieta, nutrición y para degustar el paladar desde hace siglos (figura 1, ver p. 3). En este artículo hablaremos de la ciruela

mexicana (*Spondias purpurea*), especie nativa de Mesoamérica, componente primario de la selva baja caducifolia que a la vez se encuentra cultivada en los traspatios, parcelas agrícolas y, en menor medida, en plantaciones comerciales.

**Figura 1**  
**Frutos comestibles de las selvas bajas caducifolias en México**



A, guaje blanco (*Leucaena leucocephala*); B, guaje rojo (*Leucaena esculenta*); C, guajocote (*Malpighia mexicana*); D, bonete (*Jacarattia mexicana*); E, guamúchil (*Pithecellobium dulce*); F, ciruela mexicana (*Spondias purpurea*). Fotos: A, B, D, F, Raúl Valle Marquina; C, Juan Gutiérrez Sánchez; E, Idalia Sotelo.

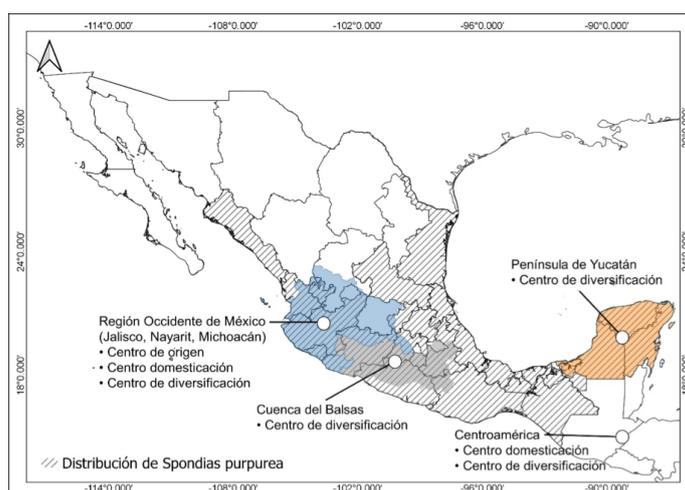
### De la recolección al cultivo

La ciruela mexicana (*Spondias purpurea*) pertenece a la familia botánica Anacardiaceae, la cual está integrada por aproximadamente 600 especies en el mundo. Incluye plantas con importancia económica por la producción de taninos, resinas o frutos comestibles como el mango (*Mangifera indica*), el marañón (*Anacardium occidentale*) o el pistache (*Pistacia vera*) (Medina-Lemos y Fonseca, 2012).

La ciruela es un árbol nativo de las selvas bajas caducifolias de Mesoamérica, vegetación que se caracteriza por su marcada estacionalidad, es decir, que los arbustos y árboles pierden las hojas durante los meses de sequía y reverdecen en la temporada de lluvias. Las poblaciones silvestres se localizan a lo largo de México y América Central por debajo de los 1300 m,

mientras que los árboles en proceso de domesticación han sido cultivados de México al norte de Sudamérica en Perú y Brasil (Miller, 2004). Estudios recientes muestran que *Spondias purpurea* tuvo su origen en el occidente de México (Jalisco, Nayarit, Michoacán). Las regiones en que inicialmente fue domesticada se localizan en el área de origen y en Centroamérica, mientras que las zonas en que se ha diversificado se ubican en el área de origen, la Cuenca del Balsas, la península de Yucatán y Centroamérica (Fortuny-Fernández et al., 2017) (figura 2).

**Figura 2**  
**Distribución en México, centros de origen, domesticación**  
**y diversificación de la ciruela mexicana**



Fuente: Elaboración propia a partir de Fortuny-Fernández et al., 2017; Miller y Schaal, 2005; Ruenes-Morales et al., 2010.

En el caso particular de México se registran tres especies nativas del género *Spondias*: *S. mombin* var. *mombin*, *S. radlkoferi* y *S. purpurea*, silvestres o cultivadas; sin embargo, la ciruela mexicana tiene mayor importancia económica y se encuentra en más del 60% de los estados (figura 2). Las poblaciones silvestres tienen una amplia distribución natural por las vertientes del Pacífico y la del Golfo de México (Ruenes-Morales et al., 2016) (figura 2). Es común que se confunda *S. mombin* var. *mombin* con *S. purpurea*; sin embargo, generalmente es fácil distinguir ambos árboles debido a que el ciruelo mexicano tiene de 2 a 10 m de altura, la longitud de su inflorescencia es menor a 6 cm, los pétalos de su flor son de color rosado, rojo o guinda, y los frutos varían entre rojo, naranja, amarillo, verde o morado (Miller, 2004). Por su parte, la también llamada ciruela amarilla o jobo (*S. mombin* var. *mombin*) presenta inflorescencias más grandes, de 15 a 60 cm, flores con pétalos color crema o blancos y fruto esférico color amarillo anaranjado (Miller, 2004; Medina-Lemos y Fonseca, 2012). Además, los folíolos de

*S. purpurea* son más pequeños y numerosos, y su floración ocurre antes de la aparición de las hojas; en la segunda especie la floración aparece al mismo tiempo que las hojas o después (Medina-Lemos y Fonseca, 2012).

La cosecha de la ciruela mexicana se lleva a cabo en dos épocas: de abril a mayo se recolectan las ciruelas de época seca, y de septiembre a diciembre, las de época húmeda (Álvarez Vargas et al., 2017, Avitia García et al., 2000). Además se registran variantes cuya cosecha se realiza en una etapa intermedia, entre junio y julio (Avitia García et al., 2000; Ruenes-Morales et al., 2010). En poblaciones silvestres de *S. purpurea* los frutos suelen ser de color rojo o amarillo, son de menor tamaño y predomina el sabor ácido, en comparación con los frutos de las variedades cultivadas, en las que el color del fruto tiene mayor variación, son más grandes y es frecuente el sabor dulce (Cruz-León, 2012; Miller, 2004).

La forma de reproducción de variantes cultivadas en plantaciones, traspatios o parcelas es por propagación vegetativa a través de estacas, debido a que las semillas presentan dificultades para germinar o no son viables (Cruz-León et al., 2012). La planta crece sobre suelos pedregosos, puesto que presenta un enraizamiento superficial y no requiere de grandes precipitaciones para su crecimiento (Ruenes-Morales et al., 2010).

### **El fruto de los mil y un nombres**

*Spondias purpurea* recibe una gran variedad de nombres vernáculos de acuerdo con el contexto geográfico y cultural. Miller (2004) menciona que tiene más de 180 nombres comunes en más de veinte idiomas. La cantidad de nombres refleja la vastedad de variedades que se ubican en las regiones, la época de fructificación o sus características más sobresalientes, como color, forma, sabor y tamaño. En México, el nombre común más generalizado para el fruto es ciruela (Ruenes-Morales et al., 2010), aunque en el sureste también es conocido como jocote al igual que en Centroamérica. En la península de Yucatán recibe el nombre vernáculo *abal*, que deriva del maya y significa "árbol de ciruelo" (Ruanes-Morales et al., 2016).

### **Ciruela y fauna silvestre, una estrecha relación en la selva baja caducifolia**

Las plantas y los animales coexisten dentro de los ecosistemas y dependen unos de otros para su supervivencia, al formar redes de interacciones ecológicas. En su interacción con las especies vegetales, los animales silvestres cumplen importantes funciones como polinizadores, controladores biológicos o dispersores de semillas.

Las poblaciones silvestres de *S. purpurea* representan un recurso atractivo para la fauna del también llamado bosque tropical caducifolio, especialmente por su contenido de agua y maduración al final de la época de sequía, tiempo en que el vital líquido y el alimento son recursos limitados. La Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, ubicada en el estado de

Jalisco, es una de las regiones del país con selva baja caducifolia donde se han realizado los mayores esfuerzos de investigación científica acerca de este ecosistema. En esta área natural se ha registrado que diversas especies de fauna silvestre consumen este fruto y dispersan sus semillas, como el coyote (*Canis latrans*), coatí (*Nasua narica*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), ardilla (*Sciurus coliaei*), chachalaca (*Ortalis poliocephala*), pecarí de collar (*Pecari tajacu*), iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (Mandujano et al., 1994); asimismo, por murciélagos frugívoros (Flores-Martínez et al., 1999). En el caso particular del venado cola blanca, la ciruela puede constituir hasta el 14% de su dieta en la temporada de estiaje (Arceo, 2003).

Algunos estudios han demostrado que la dispersión de semillas del árbol de ciruela cambia en función de la especie animal que la realice: el venado lleva una mayor cantidad de endocarpios lejos del árbol madre y los regurgita en grupos, mientras que las iguanas y chachalacas los dejan más distantes entre sí (Mandujano et al., 1994). Las chachalacas (*O. poliocephala*) tienen un papel relevante en la disponibilidad del fruto para otras especies en este tipo de vegetación, porque al alimentarse de los árboles tiran la fruta de las ramas. Se ha demostrado que su forrajeo aumenta la tasa de caída de frutos hasta cinco veces, lo cual facilita el consumo para otros animales (Mandujano y Martínez-Romero, 1997).

### **Un árbol con múltiples oportunidades**

La ciruela mexicana es una especie multipropósito. El mayor uso que se le da es el de alimento. El consumo de este fruto es una amplia tradición culinaria en México desde la época prehispánica. Se come en estado verde o maduro, ya sea en fresco, deshidratado, en conserva, en dulce y como parte de algún guiso o de una bebida de acuerdo con las preparaciones en las cocinas regionales. La ciruela es un recurso alimenticio de gran importancia por su contenido en azúcares, potasio, hierro, vitaminas, minerales y antioxidantes. Las hojas tiernas también se llegan a degustar crudas o cocinadas (Cruz-León et al., 2012; Ruenes-Morales et al., 2010).

La superficie cultivada puede resultar insignificante en comparación con la de otros frutos, porque los árboles se encuentran principalmente en traspatios o bordos de parcelas agrícolas, y son pocas las plantaciones comerciales; sin embargo, permite generar ingresos económicos a los hogares mediante su venta a pequeña escala, tanto local como regionalmente, en los mercados de las ciudades cercanas (Cruz-León et al., 2012). Además, la ciruela tiene múltiples aplicaciones en la medicina tradicional mexicana. Las hojas y la corteza del árbol se utilizan para el tratamiento de afecciones de la piel, como salpullido, ronchas, varicela, granos. También se usa para el tratamiento de la fiebre y de dolores gastrointestinales; para curar heridas y fuegos labiales; como antiinflamatorio, laxante y diurético, así como para cálculos renales y el fortalecimiento de la dentadura (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009; Ruenes-Morales et al., 2010).

El árbol de ciruela también es utilizado como ornamental que provee sombra y materia prima para construcciones. Es una especie muy usada para cercos vivos y tiene potencial forrajero, pues las hojas son palatables para el ganado (Cruz-León et al., 2012; Ruenes-Morales et al., 2010). Suele ser una de las especies presentes en sistemas agropastoriles o silvopastoriles tradicionales de producción animal en diversas regiones del trópico seco de México y Centroamérica (Bautista Tolentino et al., 2011; Cortez Egremy et al., 2016; Ibrahim et al., 2003).

### **La ciruela en el estado de Morelos**

Para los pueblos mesoamericanos, las cuevas tuvieron múltiples significados, desde lugares de refugio, viviendas, observatorios astronómicos y sitios de los que se extraían materias primas hasta aquellos relacionados con la cosmovisión, como espacios para rituales agrícolas, recintos funerarios, entrada al inframundo, boca de la tierra o estancia de dioses (Manzanilla, 1994). Precisamente en este contexto se encontró la evidencia más antigua de la importancia cultural de la ciruela en Morelos, en la cueva de la Chagüera, la cual se localiza en el poblado de Ticumán, perteneciente al municipio de Tlaltzapán, en el centro-sur del estado. Fue utilizada con fines funerarios y rituales por antiguas comunidades de agricultores que se asentaron en las márgenes del río Yautepec (Sánchez Martínez et al., 1998). Las condiciones particulares de temperatura, humedad, iluminación y pH del suelo contribuyeron a la preservación de material orgánico que formó parte de ofrendas y que, de acuerdo con análisis arqueobotánicos, pertenecen a diversas plantas cultivadas y recolectadas, como maíz (*Zea mays*), chile morrón (*Capsicum annuum*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucurbita* sp.), bule (*Lagenaria siceraria*), maguey (*Agave* sp.), timbiriche (*Bromelia* sp.), copal (*Bursera* sp.), zapote blanco (*Casimiroa edulis*), guaje (*Leucaena* sp.), guamúchil (*Pithecellobium dulce*) y mezquite (*Prosopis* sp.). Además, se encontraron huesos de ciruela (*Spondias purpurea*) con una antigüedad de más de 2000 años (Sánchez Martínez et al., 1998).

Las poblaciones silvestres se encuentran en el centro y sur de la entidad, regiones en donde se distribuye la selva baja caducifolia. Los estudios en traspatios en el estado de Morelos muestran que las variedades cultivadas de *Spondias purpurea* son un elemento común del estrato arbóreo de esta unidad de producción. Es un árbol apreciado por el fruto; sin embargo, se utiliza para más de un propósito, por lo que se considera de uso múltiple, ya que aporta a los hogares leña, medicina, cercas vivas, abono o simplemente sombra (tabla 1, p. 8). Se reconocen las variedades cultivadas de estación húmeda, como la denominada cuernavaqueña, y variedades de estación seca, que se distinguen por su tamaño, forma, color y sabor dulce o ácido (figura 3, p. 8).

En la cultura alimentaria del estado de Morelos las ciruelas son un recurso sobresaliente en su temporada. Además del consumo en fresco, forman parte de preparaciones como el bagre o la mojarra en salsa verde, salsa de molcajete, atole, conserva, tamales, huevo en

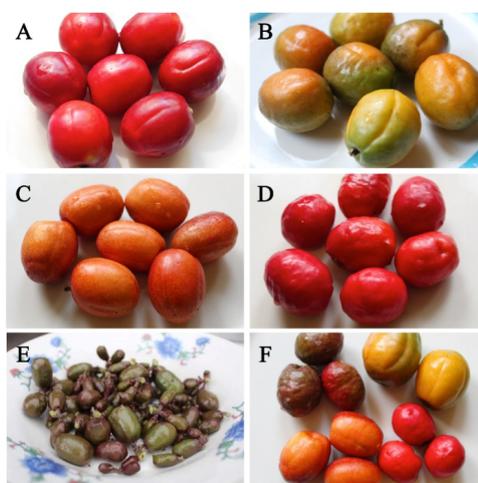
salsa y carne de puerco en salsa verde, se consumen hervidas o deshidratadas (figura 4, p. 9). Su comercialización se realiza a nivel local, en los mercados municipales y regionales de Cuernavaca, Jojutla, Cuautla y Tepoztlán, donde es común observar botes, cubetas, carretillas o puestos improvisados con el fruto para la venta por “sardina”, que es la unidad de medida (Monroy-Martínez et al., 2020) (figura 5, p. 9).

**Tabla 1**  
**Usos de la ciruela en municipios del estado de Morelos**

<b>Coatetelco</b>	Alimento, sombra	Monroy Martínez et al., 2017; Sotelo Barrera et al., 2017
<b>Coatlán del Río</b>	Alimento, cerca viva	Quintero, 2015
<b>Tlaltizapán</b>	Alimento, leña, sombra	Monroy Martínez et al., 2016b
<b>Tlayacapan</b>	Alimento, cerca viva	Colín-Bahena et al., 2016
<b>Tepoztlán</b>	Alimento	Becerril Tello et al., 2020
<b>Yautepec</b>	Alimento, cerca viva, medicinal	Monroy Martínez et al., 2016a
<b>Xoxocotla</b>	Alimento, cerca viva, medicinal, abono, forraje	Monroy et al., 2020
<b>Tlaquitenango</b>	Alimento, leña, forraje	Burgos-Herrera et al., 2019; Morales Tapia y Guzmán Gómez, 2015; Juárez-Delgado et al., 2018
<b>Tepalcingo</b>	Alimento, forraje	Cortez Egremy et al., 2016

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3**  
**Algunas variedades de ciruela de estación seca en Morelos**



A, B, C y D, ciruelas recolectadas en traspatios; E, ciruela de cerro inmadura; F, comparativa entre tamaños.

Fotos: Raúl Valle Marquina.

**Figura 4**  
**Algunas formas de consumo de la ciruela en la culinaria morelense**



A, huevo en salsa roja con ciruelas; B, ciruelas hervidas; C, carne de puerco en salsa verde con ciruelas;  
D, tamal de ciruela; E, ciruelas secas; F, ciruelas frescas.

Fotos: Raúl Valle Marquina.

**Figura 5**  
**Venta de ciruela en el mercado municipal de Jojutla, Morelos**



Foto: Raúl Valle Marquina.

La importancia sociocultural de este fruto no sólo queda plasmada en la comida morelense o en su mercadeo, también en festividades que forman parte de la identidad de las comunidades. Desde el 2018, en el mes de abril se realiza la Feria de la Ciruela en la comunidad de Adolfo López Mateos, perteneciente al municipio de Tepalcingo. A esta localidad se le conoce de manera popular como la “tierra de las ciruelas” porque se cultivan diferentes variedades

en los traspatios y campos. Durante el festejo, el fruto forma parte de diversas preparaciones, como tamales, nieve, pastel, pay, panqués, licor, bolis, gelatina, agua fresca, conserva o mermelada (figura 6), lo cual permite obtener ingresos económicos a los hogares mediante el procesamiento o por medio de la venta del fruto fresco.

**Figura 6**  
**Presentaciones del fruto en la Feria de la Ciruela**



A, pastel, panqué y pay; B, agua fresca; C, tamales; D, mermelada; E, conserva; F, venta de ciruela fresca.

Fotos: Grupo organizador de la feria.

### **Comentarios finales**

La historia nos muestra que la ciruela mexicana es un fruto mesoamericano con importancia ecológica, cultural y económica. Es una especie con un alto potencial que puede representar una alternativa para incidir en la soberanía alimentaria en el desarrollo local y regional, por lo que es importante la investigación etnobotánica, agronómica, nutricional y genética de la diversidad de variedades que permita tomar las mejores decisiones para su manejo y el desarrollo de proyectos productivos para la diversificación de los campos rurales en México.

### **Referencias**

- Álvarez-Vargas, J. E., Alia-Tejacal, I., Chávez-Franco, S. H., Colinas-León, M. T., Nieto-Ángel, D., Rivera Cabrera, F. y Aguilar Pérez, L. A. (2017). Ciruelas mexicanas (*Spondias purpurea* L.) de clima húmedo y seco: Calidad, metabolitos funcionales y actividad antioxidante. *Interciencia*, 42(10), 653-660. <https://www.redalyc.org/journal/339/33953313005/html/>
- Arceo, G. (2003). *Hábitos alimentarios del venado cola blanca (Odocoileus virginianus) en el bosque tropical caducifolio de Chamela, Jalisco* [Tesis de Maestría, UNAM.] <https://repositorio.unam.mx/contenidos/208378>

- Avitia García, A., Castillo González, A. M. y Pimienta Barrios, E. (2000). *Ciruella mexicana y otras especies del género Spondias* L. UACH.
- Bautista Tolentino, M., López-Ortiz, S., Pérez-Hernández, P., Vargas-Mendoza, M., Gallardo-López, F. y Gómez-Merino, F. C. (2011). Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad de El Limón, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 63-76. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/tsa/article/view/440>
- Becerril Tello, M. N., Saldaña Fernández, M. C., Vargas Guadarrama, L. A., Moctezuma Pérez, S., Monroy-Ortiz, C. y García-Flores, A. (2020). Los huertos familiares de San Juan Tlacotenco, Tepoztlán Morelos, como marcadores de identidad cultural. *Revista de Geografía Agrícola*, 64, 143-160. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2019.64.06>
- Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (2009). *Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. Spondias purpurea* L. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=spondias-purpurea>
- Burgos-Herrera, B., Saldaña-Fernández, M. C., y López Medellín, X. (2019). Importancia cultural de especies forestales útiles, en tres comunidades de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Ambiente y Desarrollo*, 23(45). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd23-45.icef>
- Casas, A., Torres-Guevara, J. y Parra-Rondinel, F. (2017). *Domesticación en el continente americano (vol. 2)*. UNAM/UNALM.
- Colín-Bahena, H., Monroy-Martínez, R. y Rodríguez-Chávez, J. (2016). Traditional management units, the base of community conservation in Morelos, Mexico. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XXII(1), 7-27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62943324002>
- Cortez-Egremy, J. G., Uribe-Gómez, M., Cruz-León, A., Lara-Bueno, A. y Romo-Lozano, J. L. (2016). Árboles nativos para el diseño de tecnologías silvopastoriles en la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(16), 3371-3380. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordid=br2021707752>
- Cruz-León, A., Pita Duque, Á. y Rodríguez Aros, B. (2012). *Jocotes, jobos abales o ciruelas mexicanas*. UACH.
- Flores-Martínez, J., Ortega, J. e Ibarra-Manríquez, G. (1999). Hábitos alimentarios del murciélago zapotero (*Artibeus jamaicensis*) en Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 4(1), 23-40. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.1999.4.1.79>
- Fortuny-Fernández, N. M., Ferrer, M. M. y Ruenes-Morales, M. R. (2017). Centros de origen, domesticación y diversidad genética de la ciruela mexicana, *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 121 7-38. <https://doi.org/10.21829/abm121.2017.1289>

- Ibrahim, M., Camero, A., Camargo, J. C. y Andrade, H. J. (2003). *Sistemas silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE*. Cali: Congreso Latinoamericano sobre Sistemas Agroforestales para la Producción Agrícola. Fundación CIPAV.
- Juárez-Delgado, J. C., Monroy-Martínez, R., Colín-Bahena, H., Monroy-Ortiz, R. y Dorado-Ramírez, O. (2018). Los subsidios de las unidades productivas tradicionales a la ganadería extensiva en Huautla Morelos, México. *Polibotánica*, 46, 327-340. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.46.21>
- Lascurain, M., Avendaño, S., Del Amo, S. y Niembro, A. (2010). *Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz*. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal, Conafor-Conacyt.
- Linares, E. y Bye, R. (2014). Flora que ha aportado México al mundo. *Arqueología Mexicana*, 130, 52-59.
- Mandujano, S. y Martínez-Romero, L. (1997). Fruit fall caused by chachalacas (*Ortalis poliocephala*) on red mombin trees (*Spondias purpurea*): Impact on terrestrial fruit consumers, especially the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 32, 1-3. <https://doi.org/10.1076/snfe.32.1.13466>
- Mandujano, S., Gallina, S. y Bullock, S. H. (1994). Frugivory and dispersal of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) in a tropical deciduous forest in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 42(1-2), 107-114. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/22466>
- Manzanilla, L. (1994). Las cuevas en el mundo mesoamericano. *Ciencias*, 36, 59-66. <https://www.revistacienciasunam.com/es/189-revistas/revista-ciencias-36/1777-las-cuevas-en-el-mundo-mesoamericano.html>
- Medina-Lemos, R. y Fonseca, R. (2012). Anacardiaceae. *Flora de Guerrero No. 52*. UNAM.
- Miller, A. J. (2004). Origin and domestication of a Mesoamerican fruit tree, *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) [Tesis de Doctorado, Washington University].
- Miller, A. J. (2011). *Spondias*. En C. Kole (Ed.), *Wild crop relatives: Genomic and breeding resources* (pp. 203-212). Springer.
- Miller, A. y Schaal, B. (2005). Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea*. National Academy of Sciences.
- Monroy Martínez, R., Colín Bahena, H., Gispert Cruells, M., García Flores, A. y Enríquez Ayala, I. (2016a). La gestión comunitaria de la diversidad biológica en riesgo por el crecimiento urbano en el municipio de Yautepec, Morelos. *Etnobiología*, 14(3), 50-59. <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/146/145>
- Monroy-Martínez, R., Ponce Díaz, A., Colín-Bahena, H., Monroy-Ortiz, C. (2016b). Los huertos familiares tradicionales soporte de seguridad alimentaria en comunidades campesinas del Estado de Morelos, México. *Ambiente y Sostenibilidad*, (6), 33-43.

- Monroy Martínez, R., García-Flores, A. y Monroy-Ortiz, C. (2017). Plantas útiles de los huertos frutícolas tradicionales de Coatetelco, Morelos, México, frente al potencial emplazamiento minero. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 3(3), 87-97. <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/43>
- Monroy Martínez, R., García-Flores, A., Monroy-Ortiz, C., Colín-Bahena, H. y Monroy-Ortiz, R. (2020). *Ciruela Spondias purpurea L. en los huertos frutícolas tradicionales de Morelos, México*. UAEM. <http://libros.uaem.mx/producto/ciruela-spondias-purpurea-l-en-los-huertos-fruticolas-tradicionales-de-morelos/>
- Morales Tapia, S. y Guzmán Gómez, E. (2015). Caracterización sociocultural de las milpas en dos ejidos del municipio de Tlaquiltenango, Morelos, México. *Etnobiología*, 13(2), 94-109. <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/83>
- Quintero, J. (2015). *Evaluación del huerto familiar en Coatlán del Río, Morelos* [Tesis de Licenciatura, UAEM]. [https://www.academia.edu/14727137/Evaluaci%C3%B3n\\_del\\_huerto\\_familiar\\_de\\_Coatl%C3%A1n\\_del\\_R%C3%ado\\_Morelos](https://www.academia.edu/14727137/Evaluaci%C3%B3n_del_huerto_familiar_de_Coatl%C3%A1n_del_R%C3%ado_Morelos)
- Ruenes-Morales, M. R., Casas, A., Jiménez-Osornio, J. y Caballero, J. (2010). Etnobotánica de *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) en la península de Yucatán. *Interciencia*, 35(4), 247-254. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913156003>
- Ruenes-Morales, M. R., Ferrer-Ortega, M. M., Montañez-Escalante, P. I. y Fortuny-Fernández, N. M. (2016). La conservación de los abales (*Spondias purpurea* L.) y sus parientes silvestres en la península de Yucatán. *Agroproductividad*, 9(4), 55-62. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/747>
- Sánchez Martínez, F., Alvarado, J. L. y Morett Alatorre, L. (1998). Las cuevas del Gallo y de la Chagüera. Inventario arqueobotánico e inferencias. *Arqueología*, 19, 81-87. <http://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/articulo%3A17406>
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S., De la Maza, J., Pisanty, I., Urquiza Haas, T., Ruiz González, S. P. y García Méndez, G. (2017). *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. [http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Sintesis\\_CNM\\_2017.pdf](http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Sintesis_CNM_2017.pdf)
- Sotelo-Barrera, M., García-Moya, E., Romero Manzanárez, A., Monroy, R. y Luna-Cavazos, M. (2017). Arboreal structure and cultural importance of traditional fruit homegardens of Coatetelco, Morelos, Mexico. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(1), 137-153. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordid=br2021711285>

## ARTÍCULOS

# Dinámicas del crimen organizado en Morelos

## *Dynamics of organized crime in Morelos*

**Morna Macleod**

ORCID: 0000-0002-7213-5727

Facultad de Estudios Superiores de Cuautla (FESC), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### RESUMEN

Este artículo explora la manera en que el crimen organizado y la violencia han crecido en Morelos, particularmente en el oriente del estado. Mediante el análisis de la actuación de tres líderes de carteles que operan en la entidad se busca entender sus dinámicas y lógicas. Por medio del análisis de sus semejanzas y diferencias se puede contribuir al entendimiento global de lo que sucede en otras partes de Morelos y otras entidades de la República mexicana, bajo el supuesto de que sólo se puede entender a profundidad el actuar del crimen organizado desde una perspectiva regional. Se sostiene que el crimen organizado, la impunidad, la corrupción y la colusión de las fuerzas de seguridad y justicia, así como la connivencia de los partidos políticos, fomentan diversas formas de violencia cotidiana que están afligiendo a la población morelense.

### PALABRAS CLAVE

violencia, impunidad, corrupción, crimen organizado, seguridad, justicia, Morelos

### ABSTRACT

This article explores the way organized crime and violence have grown in Morelos, particularly in the east of the state. Through the analysis of the actions of three cartel leaders operating in Morelos, we seek to understand their dynamics and logic. Through the analysis of their similarities and differences, it is possible to contribute to the global understanding of what happens in other parts of Morelos and other states of the Mexican Republic, under the assumption that the actions of organized crime can only be understood in depth from a regional perspective. We affirm that organized crime, as well as impunity, corruption and the collusion of the security and justice forces, as well as the connivance from political parties, incite various forms of daily violence that are afflicting the population of Morelos.

### KEY WORDS

violence, impunity, corruption, organized crime, security, justice, Morelos

Este artículo explora la manera en que el crimen organizado y la violencia han crecido exponencialmente en Morelos, particularmente en el oriente del estado, una región que ha sido poco estudiada. Mediante el análisis de la actuación de tres líderes de carteles que operan en la entidad, se busca entender sus dinámicas y lógicas. A la vez, a través del análisis de sus semejanzas y diferencias, se puede contribuir al entendimiento más global de lo que sucede en otras partes de Morelos y otras entidades de la República, bajo el supuesto de que sólo se puede entender a profundidad el actuar del crimen organizado en México desde una perspectiva regional (Fuerte Celis, 2018).

Se sostiene que el crimen organizado, la impunidad, la corrupción y la colusión de miembros de las fuerzas de seguridad y justicia, así como la connivencia de los partidos políticos, fomentan diversas formas de violencia cotidiana que están afligiendo a la población morelense. Las afectaciones no son menores, puesto que incluyen la extorsión y el derecho de piso, lo que ha obligado a muchos a cerrar sus negocios, les ha provocado la pérdida de hijos y hermanos y los ha conducido al desplazamiento forzado y a un ambiente de terror e incertidumbre.

Este artículo está fundamentado en la revisión hemerográfica de 262 notas periodísticas sobre violencia y crimen organizado en Morelos, entre 2019 y agosto de 2021; una revisión de la escasa documentación académica existente sobre el crimen organizado en Morelos, así como una revisión no exhaustiva de la bibliografía sobre violencia en México, principalmente violencia criminal.

### **Crimen organizado y grandes carteles**

Es extremadamente difícil mapear la presencia y las operaciones de los grandes carteles en México debido a su naturaleza clandestina y escurridiza, su crecimiento o disminución en el tiempo y las pugnas con otros carteles para controlar la "plaza", el territorio y la producción y distribución de droga. Su nivel de fortaleza e influencia territorial dependen en gran medida del control efectivo de las fuerzas de seguridad estatal y de otros carteles rivales, así como de su capacidad para generar bases sociales que puedan servir para encubrirlos. Por otra parte, entre los carteles existe la tendencia a la fragmentación, a raíz de las disputas internas y entre rivales.

El caso del Cartel de los Beltrán Leyva es ilustrativo. Éste se escinde del Cartel de Sinaloa luego de un pleito interno. Los Beltrán Leyva crearon alianzas con otros carteles, entre ellos, los Zetas, el Cartel de Juárez y el Cartel de Jalisco Nueva Generación (CJNG), en una expansión geográfica que abarcaba Chiapas, Estado de México, Ciudad de México, Guerrero, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Quintana Roo y Tamaulipas (Infobae, 2019), y con el tiempo trasladaron su sede de operaciones a la capital de Morelos: Cuernavaca.

Cuando Arturo Beltrán Leyva, alias el Barbas o el Jefe de Jefes, fue abatido por la Marina luego de un largo enfrentamiento en esta ciudad en diciembre de 2009, empezaron a surgir

nuevos grupos del crimen organizado y narcotraficantes, entre ellos, los Rojos y Guerreros Unidos. Ambos han sido señalados de participar en la desaparición de los 43 normalistas de Ayotzinapa (Hernández, 2016; Ramírez, 2019).

Guerreros Unidos y los Rojos, rivales acérrimos, operan en Guerrero y Morelos. Mientras que los primeros se han acercado al CJNG, a veces en alianza, a veces incorporándose directamente a él, los Rojos se han mantenido distantes de cualquier coalición. La tendencia a la fragmentación del crimen organizado, o lo que Bagley llama “efecto cucaracha”, trae consigo la diversificación de actividades ilícitas como trata de personas y trata sexual, secuestros, extorsión o derecho de piso, entre otras (Bagley en Buscaglia, 2013, p. 108).

Cinco carteles y grupos del crimen organizado se disputan el control del territorio en el oriente de Morelos: el CJNG (que incluye células de Guerreros Unidos), la Familia Michoacana, los Rojos, los Tlahuicas y los Mayas (Espino, 2020). Para ilustrar sus formas de actuar, así como sus conexiones con autoridades y partidos políticos, se analizan los casos de dos líderes del CJNG en el oriente de Morelos y de un capo de los Rojos con presencia en gran parte de esta entidad y también en Guerrero. Dos de ellos actualmente están detenidos y otro más fue asesinado durante una riña en un centro de detención.

### **Perfil y actuar de tres jefes de plaza en Morelos**

*Raymundo Isidro Castro Salgado, alias el Ray*

Originario de Guerrero y vecindado en Cuautla, el Ray inició en las filas más bajas del narcotráfico. Posteriormente, lideró primero una celda o facción de Guerreros Unidos y de Los Tlahuicas en el oriente de Morelos, para luego ser jefe de plaza del CJNG. Fue durante los últimos cinco años, de los 16 que llevaba participando en el crimen organizado, cuando logró su hegemonía en el oriente de Morelos. El grupo que lideraba se dedicaba al tráfico de drogas, extorsión y secuestro, a través del cobro de piso a bares, mercados, comercios, transportistas y empresas de la región oriente del estado. En un dramático ataque armado en abril de 2019 en el restaurante Los Estanques, en Cuautla, con un saldo de cuatro muertos (posteriormente seis) y once heridos, el Ray —presunto objeto del asalto— salió ileso y se dirigió a Puebla, donde fue detenido en mayo de ese mismo año por la Policía Federal. El 30 de octubre fue asesinado en medio de una riña en el Centro de Reinserción Social (Cereso) de Atlacholoya, supuestamente por partidarios del cartel rival, los Rojos, con mayor presencia en ese recinto penal (Mundo LR, 2019).

Llama la atención que, a pesar de los crímenes cometidos por el CJNG no sólo a grandes negocios y empresarios, sino a pequeños comerciantes, el Ray fue querido por muchos: “Sobre su sepultura quedaron coronas y decenas de arreglos florales, los cuales tenían plas-mados mensajes de afecto y memorias de ‘el amigo de todos’” (Zapata Cuevas, 2019). Este

fuerte arraigo local (Fuerte Celis et al., 2018) se entiende en parte por la reputación que tenía el Ray en Morelos debido a que era benefactor de algunos equipos de fútbol. Además, el CJNG ha usado en esta entidad una estrategia que consiste en repartir regalos en el Día de las Madres, despensas y útiles escolares (24 Morelos, 2021; Infobae, 2021c).

*Irving Eduardo Solano Vera, alias el Profe o el Gato*

Luego de la detención del Ray, Irving Eduardo Solano Vera, alias el Profe, se convirtió en el nuevo líder del CJNG en Morelos. El Profe es un caso emblemático de los nexos entre instituciones del Estado y el crimen organizado. Trabajó en la Procuraduría General de Justicia de Morelos como policía del Grupo de Investigación de Homicidios entre julio de 2000 y noviembre de 2003; se ausentó por dos años y luego volvió a trabajar en la misma corporación a inicios de 2005. Continuó como agente ministerial hasta que se integró al Cartel de los Beltrán Leyva.

Luego de la muerte de Arturo Beltrán Leyva, el Profe se convirtió en uno de los principales lugartenientes de Edgar Valdez Villarreal, alias la Barbie,<sup>1</sup> quien había formado parte del Cartel de los Beltrán Leyva. En 2010 el Profe fue detenido por la Policía Federal (Infobae, 2021a), y entre marzo y agosto de ese mismo año también fueron detenidos dos capos más —la Barbie y Gerardo Álvarez Vázquez, alias el Indio, así como dieciocho individuos más que trabajaban para este último—, pero el único que fue puesto en libertad fue el Profe:

El Profe era investigado por el asesinato de al menos 30 personas. En varios casos ordenó que las víctimas acabaran sepultadas en fosas clandestinas para evitar que fueran identificadas. Además, escogió qué cadáveres portarían narcomensajes contra el H [Héctor, hermano de Arturo Beltrán Leyva, quien intentó liderar el cartel luego de la muerte de su hermano]. Sin embargo, por razones desconocidas, volvió a las calles, trabajó para Guerreros Unidos y llegó a ser jefe de plaza del CJNG en Morelos (Infobae, 2021b).

La misteriosa liberación de Solano Vera a unos meses de su captura no sólo pone de manifiesto que la policía y el sistema de justicia cerraron los ojos (Bataillon, 2015) ante las actividades delictivas de este personaje, sino que también ilustra la colusión de la policía (Moon y Treviño-Rangel 2020) y las debilidades de las estructuras de seguridad, la policía, los grupos de inteligencia y el sistema judicial en general (Benítez Manaut en Rosen y Zepeda, 2016), así como la impunidad que impera en el estado.

El 17 de febrero de 2021 el Profe fue detenido nuevamente, ahora en Yautepec. Después de eso, el CJNG tuvo fuertes pugnas internas para asumir el control en la región oriente de Morelos. A raíz de las rivalidades entre Jesús “N”, segundo al mando del Profe, y Jonathan “N”,

<sup>1</sup>Para una descripción del narcotraficante-informante de la Administración de Control de Drogas y del Buró Federal de Investigaciones (DEA y FBI, por sus siglas en inglés), ambos de Estados Unidos, ver Hernández (2020).

otrora jefe de plaza de Tepalcingo, se cometieron 52 homicidios en los veinte días posteriores a la detención del Profe (Quadratín Morelos, 2021).

*Santiago Mazari Hernández, alias el Carrete o el Señor de los Caballos*

Santiago Mazari, más conocido como el Carrete, formó parte del Cartel de los Beltrán Leyva y llegó a ser jefe de plaza en Morelos. En 2008 fue detenido y acusado por delitos contra la salud. A pesar de que fue sentenciado a cinco años de cárcel y cien días de multa, el Carrete quedó en libertad a inicios de 2009.

Los Rojos se desligaron del Cartel de los Beltrán Leyva luego de la muerte del Jefe de Jefes en diciembre de 2009. Tenaces enemigos de Guerreros Unidos, ambos "carteles regionales"<sup>2</sup> se disputan la plaza en Guerrero y Morelos. Algunos de los crímenes cometidos por los Rojos son la extorsión, el secuestro y el narcotráfico, por lo que se les asocia con la existencia de narcofosas, sobre todo en el municipio de Amacuzac.

Uno de los *modus operandi* del Carrete ha sido la cooptación de los presidentes municipales en Morelos. Mientras que en el sexenio del gobernador Graco Ramírez once ayuntamientos estuvieron bajo el control del crimen organizado, esta cifra ascendió a diecisiete alcaldías bajo la gubernatura de Cuauhtémoc Blanco (El Diario, 2019). "El Carrete logró cooptar más del 40% de los municipios de Morelos. Impuso candidatos, pagó campañas, cobró favores. Sus audios son la bitácora de un viaje criminal que manchó de sangre un estado" (De Mauleón, 2020).

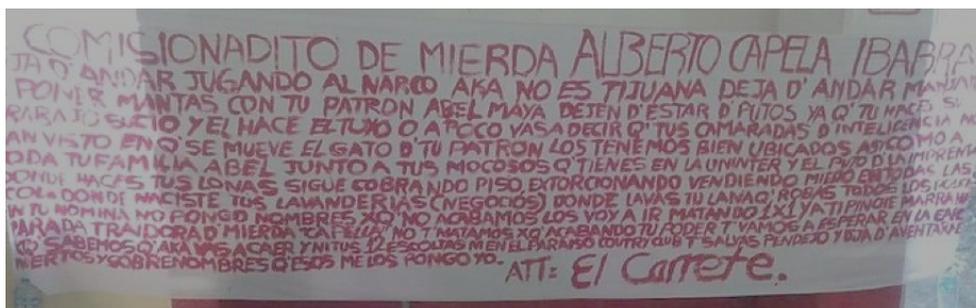
Entre los audios había conversaciones del Carrete con sus colaboradores, así como con autoridades federales, estatales y municipales. Se le vincula con el asesinato de Gisela Mota Ocampo, alcaldesa de Temixco, ocurrido un día después de asumir el cargo en enero de 2016, aunque también se señaló a Guerreros Unidos por este hecho. Cuatro personas fueron condenadas a 45 años de prisión como autores materiales por el asesinato de la alcaldesa, aunque no hay ninguna referencia en los medios de comunicación a los autores intelectuales de este asesinato (Notimex, 2016).

Fuentes periodísticas señalan que los Rojos ejercen control sobre las alcaldías (presidentes municipales, síndicos, regidores) de Amacuzac, Puente de Ixtla, Tetecala, Jojutla, Mazatepec y Zacatepec (en rivalidad con Guerreros Unidos). Por otra parte, ambos grupos se disputan el control de las plazas de Coatlán del Río, Cuautla, Cuernavaca, Emiliano Zapata, Huitzilac, Jiutepec, Miaatlán, Temixco, Tlaquiltenango, Tlaltizapán y Xochitepec. El Carrete tenía una pugna especial con el entonces comisionado estatal de Seguridad Pública, Alberto Capella, como evidencia una narcomanta (figura 1, p. 6).

<sup>2</sup> La forma de nombrarlos es difícil, pues si bien no tienen la importancia y magnitud de los grandes carteles que dominan la producción y el trasiego de droga, sus métodos son tan feroces que llamarles simplemente "células" les quedaría corto. Por otra parte, a diferencia de los Ardillos en Guerrero o los Tlahuicas en Morelos, tienen presencia en dos o tres estados.

Figura 1

Fotografía de una narcomanta atribuida a Santiago Mazari, alias el Carrete



Fuente: *Sur Digital*, 2018.

Los Rojos también tienen control sobre algunos diputados locales y policías en Morelos. El caso de Alfonso Miranda Gallegos, tío de Santiago Mazari, es ilustrativo. Fue presidente municipal de Amacuzac y, posteriormente, diputado local por el Partido del Trabajo. Luego fue candidato por segunda vez para encabezar la alcaldía de Amacuzac. En ese lapso lo detuvieron, pero también ganó las elecciones municipales en 2018, de manera que designó a su síndico electo como presidente municipal. Pero todo esto no lo detuvo, pues desde la cárcel, vía telefónica, inauguraba obras públicas e incluso dio el Grito de Independencia el 15 de septiembre de 2019 (Brito, 2020).

El Carrete fue detenido en agosto de 2019 y condenado a veinte años en prisión en agosto de 2020. El tercero al mando de los Rojos, Miguel "N", alias el Pantera o el Sosa, fue asesinado en la ciudad de Cuautla en septiembre del mismo año. En ese mes también fueron detenidos Alexis Mazari, hijo del Carrete, y Gabriel Miranda, hijo de Alfonso Miranda Gallegos. En junio de 2021, el hijo menor del Carrete, Edwin Santiago, estuvo a punto de huir de la cárcel en Morelos con el apoyo de un custodio y amigos del capo. Las autoridades estatales lo entregaron a las fuerzas de seguridad federales para su encarcelamiento fuera de Morelos.

### La impunidad genera violencia

Es claro que estos líderes no actuaban solos, sino que encabezaban grupos del crimen organizado con filas mayoritaria pero no exclusivamente de jóvenes. También su crecimiento obedece a numerosos factores estructurales y específicos detallados en el libro *Violencias en Morelos* (Peña y Ramírez, 2014). En este trabajo más bien se quiere resaltar el hecho de que el clima de impunidad y corrupción crea un caldo de cultivo fértil para la comisión de un sinnúmero de delitos, lo que representa un cambio en la realidad del oriente de Morelos. Ibarra Uribe (2016) describe cómo Cuautla, una ciudad tranquila, se convirtió en un punto donde se desbordan la violencia y el crimen organizado. Lo mismo se puede decir de gran parte de la entidad.

La siguiente tabla ilustra el alza en la criminalidad observada durante los últimos años en algunos municipios del oriente de Morelos. El Semáforo Delictivo en Morelos (2021) califica con rojo al municipio de Cuautla en términos de homicidios, narcomenudeo, robo a casas y lesiones, mientras que le asigna amarillo por robos a negocios y violación. A pesar de que ese municipio cuenta con declaratoria de alerta de violencia de género y se señalan de forma recurrente casos de feminicidios en la prensa digital, la tabla 1 muestra que se clasifica en verde a esta ciudad en cuanto a este delito. Es preciso señalar que se han publicado datos sobre casos de feminicidio en el estado (Comisión Independiente de Derechos Humanos de Morelos [CIDHM], 2015; Macleod et al., 2016), pero se invisibilizan debido a la impunidad, indiferencia y falta de funcionamiento del Ministerio Público (tabla 1).

**Tabla 1**  
**Violencia en Ayala, Cuautla, Yautepec y Yecapixtla**

	Homicidio	Narcomenudeo	Robo a vehículo	Robo a casa	Robo a negocio	Lesiones	Violación	Violencia familiar	Feminicidios
<b>Ayala</b>	Amarillo	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Verde
<b>Cuautla</b>	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Amarillo	Rojo	Verde	Amarillo	Verde
<b>Yautepec</b>	Rojo	Rojo	Verde	Amarillo	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Verde
<b>Yecapixtla</b>	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde

Además de Cuautla, se pueden constatar los altos índices de hechos delictivos en Yautepec. Por otra parte, se han hallado fosas clandestinas en cuatro municipios, dos en el oriente del estado: Tetelcingo (Cuautla) y Yecapixtla, así como dos en el sur: Jojutla y Amacuzac. En el caso de Yecapixtla, este hallazgo fue reciente, durante la visita de la VI Brigada Nacional de Búsqueda en el estado de Morelos, entre el 9 y el 25 de octubre de 2021 (Hernández Castillo, 2021).

### Reflexiones finales

Al centrarse este artículo en los casos de tres líderes del narcotráfico, fue posible rastrear algunas características y patrones centrales del crimen organizado en Morelos. Una de ellas es el nivel de colusión y compenetración entre el crimen organizado y elementos de las fuerzas de seguridad, así como de las instituciones de justicia. Otra característica de notable importancia es la connivencia de los grupos criminales con partidos políticos, en especial su injerencia en casi la mitad de las 36 alcaldías en Morelos, ya sea directamente con los presidentes

municipales, o con síndicos y regidores. Aunque en algunos casos esto puede ser el resultado del miedo y las amenazas, lo que queda claro es que el crimen organizado puede operar con mucha libertad en gran parte del estado.

La diferencia entre el CJNG (en alianza con Guerreros Unidos o con individuos provenientes de este grupo) y los Rojos es que estos últimos tienen una presencia autónoma en Guerrero, Morelos y Puebla. Ambas organizaciones han diversificado sus actividades ilícitas con la extorsión, el secuestro, el cobro de derecho de piso, entre otras. Por sus rivalidades y su tamaño, los carteles en Morelos son más sanguinarios y erráticos que los grandes carteles del norte del país, que en la mayoría de los casos operan más como empresas a escala nacional e internacional, con excepción de los Zetas y, precisamente, el CJNG. El caso de Morelos también ofrece una ventana hacia el *modus operandi* del CJNG en los estados que trata de penetrar, tanto a través de la creación de alianzas con organizaciones locales —en este caso, Guerreros Unidos— como, por lo menos en esta entidad, con el reparto de despensas y regalos.

La revisión hemerográfica local y estatal generalmente sólo proporciona fragmentos desconectados de lo que sucede en la entidad. Se requiere de un trabajo minucioso para poder armar el rompecabezas y tener una idea de lo que sucede en el estado en términos de violencia y crimen organizado. Esto podría ser resultado del terror y las amenazas que viven día a día las personas dedicadas al periodismo —145 asesinatos a nivel nacional desde 2000 hasta 2021, según Artículo 19 (s. f.)— o, por el contrario, la posible colusión entre periodistas, crimen organizado y altas esferas del poder estatal, que prefieren que la población morelense no tenga una visión clara de lo que está sucediendo en el estado.

Por otra parte, a diferencia de lo mucho que se ha escrito sobre Guerrero (Argüello Cabrera, 2020; Giménez Delgado, 2021; Hernández Soc, 2019; Illades y Santiago, 2019; Sierra, 2018), existe escasa literatura académica actualizada sobre el caso de Morelos en referencia a estos temas. Esto hace que los reportajes analíticos y descriptivos de *Infobae* y, en menor medida, de *Proceso*, adquieran una especial importancia para entender las lógicas y dinámicas del crimen organizado en Morelos. Y esto es importante al tratarse de un estado clave del centro de México, por su ubicación geopolítica y dado que la autopista Guerrero-Ciudad de México, que pasa por Morelos, es una ruta principal (Peña González, 2014) no sólo para el trasiego de drogas, sino también para otras actividades ilícitas.

## Referencias

- Argüello Cabrera, L. (2020). Violencia crónica y memoria pública. Entre rebeldes y víctimas, a propósito de Lucio Cabañas en Atoyac de Álvarez, Guerrero (2002-2018). *Interdisciplina* 8(22), 87-112. <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2020.22.76420>
- Artículo 19. (s. f.). *Periodistas asesinadas/os en México, con posible relación con su labor periodística (2000-2022)*. <https://articulo19.org/periodistasasesinados/>

- Bataillon, G. (2015). Narcotráfico y corrupción: las formas de la violencia en México en el siglo XXI. *Nueva Sociedad*, 255, 54-68.
- Brito, J. L. (29 de enero de 2020). Buscan fosas clandestinas en mercado y Asociación Ganadera de Amacuzac, Morelos. *Proceso*. <https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2020/1/29/buscan-fosas-clandestinas-en-mercado-asociacion-ganadera-de-amacuzac-morelos-237821.html>
- Buscaglia, E. (2013). La paradoja de la represión. La impotencia del estado ante el crimen organizado. En I. Spiller y R. Aguirre Reveles (Coords.), *Picar piedra. Iniciativas ciudadanas frente a la violencia*. Heinrich Böll Stiftung.
- Comisión Independiente de los Derechos Humanos de Morelos (CIDHM) (2015). *Alerta de Violencia de Género en Morelos. Informe sombra*. <https://redtdt.org.mx/wp-content/uploads/2015/04/INFORME-SOMBRA-AVG-MORELOS.pdf>
- De Mauleón, H. (28 de octubre de 2020). El celular del Carrete. *El Universal*. [https://www.eluniversal.com.mx/nacion/hector-de-mauleon/el-celular-del-carrete?\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk=\\_\\_pmd\\_iFiZPnMqzcQzeEVP9rQHyzcoHRGZFhCK4WuC6JMu\\_1A-1634249332-0-gqNtZGzNAnujcnBszQyR](https://www.eluniversal.com.mx/nacion/hector-de-mauleon/el-celular-del-carrete?_cf_chl_jschl_tk=__pmd_iFiZPnMqzcQzeEVP9rQHyzcoHRGZFhCK4WuC6JMu_1A-1634249332-0-gqNtZGzNAnujcnBszQyR)
- Espino, M. (9 de septiembre de 2020). Células entrenadas y alianzas locales, plan del CJNG para “conquistar” centro del país. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/celulas-entrenadas-y-alianzas-locales-plan-del-cjng-para-conquistar-centro-del-pais>
- Fuerte Celis, M. P., Pérez Luján, E. y Córdova Ponce, R. (2018). *Crimen organizado, violencia y disputa del territorio en México (2007-2011)*. CIDE. [https://politicadedrogas.org/documentos/20190228\\_000959\\_final\\_crimen\\_organizado\\_29\\_junio.pdf](https://politicadedrogas.org/documentos/20190228_000959_final_crimen_organizado_29_junio.pdf)
- Giménez Delgado, M. I. (2021). *La guerra en el cuerpo: Dispositivos de lo ilícito, desplazamiento forzado, despojo y resistencias en Guerrero, México. Un acercamiento etnográfico y audiovisual*. [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional Autónoma de México. [http://ru.atheneadigital.filos.unam.mx/jspui/handle/FFYL\\_UNAM/5834](http://ru.atheneadigital.filos.unam.mx/jspui/handle/FFYL_UNAM/5834)
- Hernández, A. (2016). *La verdadera noche de Iguala: La historia que el Gobierno trató de ocultar*. Grijalbo.
- Hernández, A. (11 de junio de 2020). Valdez Villarreal: el narco testigo de la corrupción de García Luna era informante de la DEA y el FBI. *Aristegui Noticias*. <https://aristeginoticias.com/1106/mexico/valdez-villarreal-el-narco-testigo-de-la-corrupcion-de-garcia-luna-era-informante-de-la-dea-y-el-fbi/>
- Hernández Castillo, R. A. (7 de noviembre de 2021). Yecapixtla: de campo de exterminio terreno sagrado. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/2021/11/07/opinion/018a2pol>
- Hernández Soc, A. P. (2019). De Tierra Caliente a la Sierra y Costa Chica de Guerrero: desplazamiento interno forzado. *Revista Cultura y Representaciones Sociales*, 14(27), 143-182. <https://doi.org/10.28965/2019-27-05>

- Ibarra Uribe, L. M. (2016). El aumento de espacios de ilegalidad y la cultura de la en el municipio de Cuautla. En M. Tapia Uribe, L. M. Ibarra Uribe y G. Tapia Téllez (Coords.), *La violencia en Cuautla: diagnóstico y acciones en Morelos* (pp. 229-252). UNAM/CRIM/UAEM/Juan Pablos Editor.
- Illades, C. y Santiago, T. (2019). *Mundos de muerte. Despojo, crimen y violencia en Guerrero*. Gedisa.
- Infobae. (8 de febrero de 2019). El imperio criminal de los Beltrán Leyva y su rivalidad con "El Chapo" Guzmán. *Infobae*. <https://www.infobae.com/america/mexico/2019/02/08/el-imperio-criminal-de-los-beltran-leyva-y-su-rivalidad-con-el-chapo-guzman/>
- Infobae. (18 de febrero de 2021a). Quién es "El Profe", ex policía que trabajó para la "Barbie", Guerreros Unidos y terminó como jefe de plaza del CJNG. *Infobae*. <https://www.infobae.com/america/mexico/2021/02/18/quien-es-el-profe-ex-policia-que-trabajo-para-la-barbie-guerreros-unidos-y-termino-como-jefe-de-plaza-del-cjng/>
- Infobae. (19 de febrero de 2021b). Nuevo golpe para los hombres del "Mencho" en Morelos: cayó el segundo al mando del CJNG. *Infobae*. <https://www.infobae.com/america/mexico/2021/02/19/nuevo-golpe-para-los-hombres-del-mencho-en-morelos-cayo-el-segundo-al-mando-del-cjng/>
- Infobae. (15 de julio de 2021c). Presuntos sicarios del "Señorón" repartieron despensas y útiles escolares en Morelos. *Infobae*. <https://www.infobae.com/america/mexico/2021/07/15/presuntos-sicarios-del-senoron-repartieron-despensas-y-utiles-escolares-en-morelos/>
- Macleod, M., Mindek, D. y Ramírez Pérez, J. A. (Coords). (2016). *Violencias graves en Morelos. Una mirada sociocultural*. UAEM. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/338>
- Moon, C. y Treviño-Rangel, J. (2020). "Involved in something (involucrado en algo)": Denial and stigmatization in Mexico's "war on drugs". *The British Journal of Sociology*, 71(4), 722-740. <https://doi.org/10.1111/1468-4446.12761>
- Mundo LR. (3 de noviembre de 2019). El trágico final de "El Ray", uno de los sicarios de confianza de "El Mencho". *La República*. <https://larepublica.pe/mundo/2019/11/04/mexico-narco-trafico-el-tragico-final-de-el-ray-uno-de-los-sicarios-de-confianza-de-el-mencho-cjng-fotos-video/>
- Notimex. (19 de diciembre de 2016). Caso cerrado, asesinato de exalcaldesa de Temixco. *Excelsior*. <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2016/12/19/1135176>
- Peña González, R. (2014). Del corredor seguro al corredor de la violencia. Análisis de una franja violenta en Morelos. En S. Aguayo (Coord.), *Atlas de la seguridad y violencia en México* (pp. 224-235). UAEM/Casade.

- Peña González, R. y Ramírez Pérez, J. A. (Comps.) (2014). *Violencias en Morelos. Atlas de la seguridad y violencia en Morelos* (pp. 224-235). UAEM/Casade. <https://www.casade.org/index.php/publicaciones/violencias-en-morelos>
- Quadratín Morelos. (22 de abril de 2021). Violencia en zona oriente de Morelos: 52 homicidios en 20 días. *Quadratín Morelos*. <https://morelos.quadratín.com.mx/violencia-en-zona-oriente-de-morelos-52-homicidios-en-20-dias/>
- Ramírez, C. (26 de septiembre de 2019). Los Rojos y Guerreros Unidos: cómo está involucrado el narco en la desaparición de los 43 normalistas de Ayotzinapa. *Infobae*. <https://www.infobae.com/america/mexico/2019/09/26/los-rojos-y-guerreros-unidos-como-esta-involucrado-el-narco-en-la-desaparicion-de-los-43-normalistas-de-ayotzinapa/>
- Reforma. (2019, 27 de septiembre). Morelos, bajo el control del crimen organizado. *El Diario*. <https://diario.mx/nacional/morelos-bajo-el-control-del-crimen-organizado-20190927-1567437.html>
- Rosen, J. y Zepeda, R. (2016). *Organized Crime, Drug Trafficking, and Violence in Mexico. The Transition from Felipe Calderón to Enrique Peña Nieto*. Lexington Books.
- Semáforo Delictivo en Morelos. (2021). <http://morelos.semaforo.com.mx/>
- Sierra, M. T. (2018). Policias comunitarias y campos sociales minados en México: construyendo seguridad en contextos de violencia extrema. *ABYA-YALA: Revista sobre acceso á justiça e direitos nas Américas*, 2(2), 325-351. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6916644>
- Sur Digital. (8 de agosto de 2018). Sin título [Foto]. *Sur Digital*. <https://surdigital.com.mx/dejan-narcomensaje-directo-a-comisionado-de-seguridad-alberto-capella/>
- Zapata Cuevas, F. (2019, 4 de noviembre). El último a Dios [sic] a "El Ray", en Cuautla. *El Regional del Sur*. <https://elregional.com.mx/el-ultimo-a-dios-a-el-ray-en-cuautla>
- 24 Morelos. (11 de mayo de 2021). Crimen organizado manda regalos a las madres en su día. *24 Morelos*. <https://www.24morelos.com/crimen-organizado-manda-regalos-a-las-madres-en-su-dia/>

## ARTÍCULOS

# Formación de empresas de base tecnológica y género

## *Technological based firms formation and gender*

### **Daniela Cruz Delgado**

ORCID: 0000-0003-0289-7483/danycdv@gmail.com  
Universidad Politécnica de Victoria (UPV)

### **Julio César García Martínez**

ORCID: 0000-0002-0922-5586  
Universidad Politécnica de Victoria (UPV)

### **Abril Alejandra Ramírez Erazo**

ORCID: 0000-0001-8134-5382  
Universidad Politécnica de Victoria (UPV)

### **Estela Torres Ramírez**

ORCID: 0000-0002-9601-7274  
Universidad Politécnica de Victoria (UPV)

#### RESUMEN

El objetivo del trabajo es identificar si, según el género del emprendedor, existen diferencias en el grado de estudios, área de conocimientos, experiencia en la industria y experiencia en investigación y desarrollo (I+D), así como si han recibido servicios de una oficina de transferencia tecnológica (OTT) y si han tenido acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa de base tecnológica (EBT). Se aplicó un cuestionario como instrumento de obtención de información; se recuperaron 28 respuestas de empresas de base tecnológica apoyadas por aceleradoras de empresas ubicadas en México. En este estudio se identificó que por cada 3.7 hombres que inician una empresa de base tecnológica en México, una mujer hace lo mismo.

#### PALABRAS CLAVE

emprendimiento tecnológico, innovación, transferencia de tecnología

#### ABSTRACT

The objective of the work is to identify if there are differences in the degree of studies, area of knowledge, experience in the industry, experience in research and development (R&D), if they have received services from a technology transfer office (OTT) and if they have had access to financing in the company formation stage, according to the gender of the technology-based entrepreneur. A questionnaire was applied as an instrument for obtaining information, 28 responses were recovered from technology-based companies supported by accelerators of companies located in Mexico. In this study it was identified that in Mexico for every 3.7 men who start a Technology-Based Company, one woman does the same.

#### KEY WORDS

technological entrepreneurship, innovation, technology transfer

## Introducción

Las instituciones de los países encargadas de la definición de políticas públicas orientadas al fomento del desarrollo económico han incluido en la agenda medidas y acciones de impulso a la creación de empresas de base tecnológica (EBT). Este tipo de empresas representa un sector de alto valor agregado por las características de sus procesos productivos, entre las que destaca su base en el conocimiento. Esta característica ha generado que su formación tenga una relación muy estrecha con las universidades e instituciones académicas y de investigación. El análisis del emprendimiento en relación con el género se justifica porque en la literatura existente se identifica que el género masculino tiene mayor capacidad emprendedora que el femenino (Jordán Aguirre et al., 2016).

Aunado a lo anterior, se presenta la definición de las *empresas de base tecnológica de origen universitario* (EBT-U), consideradas como aquellas empresas de reciente creación que ofrecen un producto basado en una tecnología nueva y cuya formación generalmente depende de académicos o alumnos involucrados en una investigación que dio como resultado alguna propiedad intelectual que se pretende comercializar (García et al., 2020).

En el emprendimiento, en términos generales, confluye una serie de factores explicativos, de manera similar en el caso de EBT-U. Diversos autores han analizado los efectos de la experiencia en áreas administrativas en la capacidad gerencial de las EBT (Singh et al., 2020), y atribuyen una baja tasa de fracaso a las cuestiones de gestión (Ribeiro et al., 2016).

El objetivo de este trabajo fue identificar si, según el género del emprendedor de base tecnológica, existen diferencias en el grado de estudios, área de conocimientos, experiencia en la industria y experiencia en I+D, así como si han recibido servicios de una oficina de transferencia de tecnología (OTT) y si han tenido acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa. La elección de estas variables se debe a que en anteriores estudios se han identificado como claves en la emergencia de empresas de base tecnológica (García et al., 2020). De esta manera, la pregunta que orientó este estudio fue ¿qué diferencias existen, por género de las personas emprendedoras, en cuanto a grado de estudios, área de conocimientos, experiencia en la industria e I+D, recepción de servicios de una OTT y acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa?

## Desarrollo

El estudio se abordó bajo el enfoque cuantitativo, con alcance exploratorio. Se aplicó un cuestionario como instrumento de obtención de información; se recuperaron 28 respuestas de empresas de base tecnológica apoyadas por aceleradoras de empresas ubicadas en México. El levantamiento de la información de campo se realizó durante agosto y septiembre de 2020, para lo cual se envió el instrumento por correo electrónico a los directores de las incubadoras de empresas de base tecnológica reconocidas por el Instituto Nacional del

Emprendedor. La identificación de las diferencias por género del emprendedor se aplicó sobre las variables demográficas descritas en la tabla 1.

**Tabla 1**  
**VARIABLES DE ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN POR GÉNERO DEL EMPRENDEDOR**

Variable	Descripción	Categorías
Grado de estudios	Máximo grado de estudios	1 = Media superior 2 = Licenciatura 3 = Maestría 4 = Doctorado
Área de conocimientos	Área de conocimiento de su máximo nivel de estudios	1 = Ingeniería y biotecnología 2 = Ciencias de la tierra y ambientales 3 = Ciencias administrativas
Experiencia en la industria	Las empresas donde laboró pertenecen al sector industrial	0 = No 1 = Sí
Experiencia en I+D	Realizó actividades de investigación y desarrollo	0 = No 1 = Sí
Recibió servicios de una OTT	Recibió servicios de apoyo por una OTT para la creación de su empresa	0 = No 1 = Sí
Regalías	Los ingresos generados por la propiedad intelectual explotada son cedidos en alguna medida a los inventores en su universidad	Porcentaje
Acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa	Recibió financiamiento en la etapa de formación de la empresa	0 = No 1 = Sí

Fuente: Elaboración propia.

Acorde con las variables analizadas, se plantearon las siguientes hipótesis (Quintero Peña et al., 2020; Zapata et al., 2018) para contrastar con la evidencia empírica:

- H (hipótesis): Existen diferencias significativas en el nivel de emprendimiento de base tecnológica según el género del emprendedor.
- H1: Existen diferencias significativas en el grado de estudios de los emprendedores según su género.
- H2: Existen diferencias significativas en el área de conocimientos de los emprendedores según su género.
- H3: Existen diferencias significativas en la experiencia en la industria de los emprendedores según su género.
- H4: Existen diferencias significativas en la experiencia en I+D de los emprendedores según su género.

- H5: Existen diferencias significativas en la recepción de servicios por parte de una OTT según el género del emprendedor.
- H6: Existen diferencias significativas en las regalías recibidas por los emprendedores de parte de la universidad según su género.
- H7: Existen diferencias significativas en el acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa según el género del emprendedor.

La información se capturó primero en el programa Microsoft Excel y posteriormente se exportó a SPSS versión 25, con el que se realizó el análisis mediante la técnica estadística chi-cuadrada y la prueba exacta de Fisher, apropiadas para muestras pequeñas y variables cualitativas de dos categorías (Gómez-Gómez et al., 2013; Pértiga Díaz y Pita Fernández, 2004), y el coeficiente de correlación de phi para más de dos categorías.

### **Discusión y análisis de resultados**

La brecha entre hombres y mujeres se visualiza en diversos ámbitos; el emprendimiento es uno de ellos y la diferencia es aún mayor en el de base tecnológica. En este estudio se identificó que en México, por cada 3.7 hombres que inician una empresa de base tecnológica hay una mujer que hace lo mismo, en coincidencia con el perfil descrito por Zapata et al. (2018), quienes mencionan que una de las características del perfil de los emprendedores de base tecnológica es que son hombres. Este resultado concuerda con lo encontrado por Aceytuno y Sánchez-López (2014) respecto a que existe una mayor propensión en investigadores varones a vincularse en actividades de transferencia de tecnología; asimismo, coincide con Mauleón y Bordons (2014), quienes encontraron que de las solicitudes de patentes en España, 20% está relacionado con la participación femenina. También se relaciona con la evidencia reportada por García et al. (2012, p. 47), quienes encontraron “que las empresas gestionadas por mujeres presentan una posición tecnológica débil en mayor proporción (gestionadas por mujeres 10.7% y por hombres 3.9%)”. Las respuestas permiten identificar que, de los encuestados, veintidós son varones (78.6%) y seis son mujeres (21.4%).

El análisis de la relación de las diversas características de los emprendedores respecto a la experiencia en la industria, la experiencia en I+D y en los servicios recibidos de las de OTT permitió identificar que no existe evidencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) de asociación según su género (tabla 2, ver p. 5).

La experiencia en la industria es un factor que se esperaba que tuviera incidencia en la generación de EBT por género del emprendedor; sin embargo, no fue así, lo cual indica que existen otros factores que hacen la diferencia entre que un varón inicie una empresa de base tecnológica y el que una mujer lo haga. Éste es un resultado positivo, pues indicaría que la experiencia en la industria es igualmente importante para los emprendedores de base tecnológica, independientemente de su género.

**Tabla 2**  
**Relación de la experiencia en la industria, la experiencia en I+D y en los servicios recibidos de las de OTT por parte de los emprendedores según su género**

		Experiencia en la industria		Experiencia en I+D		Servicios de OTT	
		No	Sí	No	Sí	No	Sí
Mujer	Recuento	4	2	3	3	4	2
	% dentro de la variable	25.0%	16.7%	27.3%	17.6%	23.5%	18.2%
Hombre	Recuento	12	10	8	14	13	9
	% dentro de la variable	75.0%	83.3%	72.7%	82.4%	76.5%	81.8%
Total	Recuento	16	12	11	17	17	11
	% dentro de la variable	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
p valor estadístico exacto de Fisher		0.673		0.653		0.561	

Fuente: Elaboración propia.

La experiencia en investigación y desarrollo es relevante para la participación de la mujer en la transferencia de tecnología (Claramunt Vallespí, 2019); esta premisa implica su participación en las solicitudes de registro de patentes. La relación mujer-profesional-investigadora-empresaria cobra relevancia en el proceso de formación de empresas de base tecnológica.

Históricamente, el papel de las mujeres se ha visto relegado a algunas tareas y se ha limitado su acceso a otras. En las actividades académicas, profesionales y de emprendimiento ocurre de manera similar, pero una vez inmersas en el ámbito del emprendimiento no hay discriminación para la oferta de servicios de parte de las OTT. Esto lleva a inferir que la brecha entre hombres y mujeres ocurre por fenómenos más de fondo o previos al inicio de la empresa, como se evidencia con la proporción de mujeres que componen la muestra de este estudio, lo cual coincide con lo indicado por López-Bassols et al. (2018), acerca de que "en la Academia Mundial de Ciencias las mujeres únicamente representan el 10% del total de los miembros, y el 14% en el caso de la región de América Latina y el Caribe".

Respecto al grado de estudios, no existe una asociación estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre el género del emprendedor y su escolaridad (tabla 3, p. 6). Esto coincide con lo reportado por García et al. (2012), quienes determinaron que no existen diferencias estadísticamente significativas en la formación del gerente por género en las empresas de base

tecnológica. Cabe preguntarse si puede ser el capital relacional un factor que impulse el incremento de la propensión a emprender (Maculan et al., 2015), considerando que un mejor grado de escolaridad representa una base de conocimiento más amplia, y a mayor base de conocimiento, mayor capital relacional. Ésta sería una línea de investigación a seguir en estudios posteriores.

**Tabla 3**  
**Diferencias en el grado de escolaridad de los emprendedores de base tecnológica según su género**

		Grado de estudios				Total
		Media superior	Licenciatura	Maestría	Doctorado	
Mujer	Recuento	0	4	1	1	6
	% dentro del grado de estudios	0.0%	28.6%	16.7%	16.7%	21.4%
Hombre	Recuento	2	10	5	5	22
	% dentro del grado de estudios	100.0%	71.4%	83.3%	83.3%	78.6%
Total	Recuento	2	14	6	6	28
	% dentro del grado de estudios	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
p valor de coeficiente phi		0.770				

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la información proporcionada por los encuestados, no existe una asociación estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre el género de quienes deciden iniciar una empresa de base tecnológica y el área de conocimiento en la que desarrollaron sus estudios (tabla 4, ver p. 7). Sin embargo, si su formación se encuentra en el área de conocimiento relacionada con la administración, ésta contribuye a una mejor gestión empresarial (Singh et al., 2020).

La formación de una empresa surge por los motivos que conducen al individuo a ello. Mexicano et al. (2017) identificaron que los tres principales motivos por los que se inicia una microempresa son porque es una actividad que le gusta al emprendedor, por la flexibilidad de horario o tiempo y porque tienen experiencia previa en los negocios. En este estudio se identificó que no existe evidencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) de que la participación en las regalías esté asociada al género (tabla 5, ver p. 7). La percepción de ingresos es el principal incentivo que buscan los emprendedores. En el caso de las mujeres,

el emprendimiento representa una oportunidad para compaginar la vida familiar y personal con la laboral. En el caso de mujeres con niveles de escolaridad alto, consideran que es la mejor forma de aplicar lo aprendido y obtener su sustento.

**Tabla 4**  
**Relación del área de conocimiento de los emprendedores según su género**

		Área de conocimiento			Total
		1	2	3	
Mujer	Recuento	2	1	3	6
	% dentro del área de conocimiento	13.3%	25.0%	33.3%	21.4%
Hombre	Recuento	13	3	6	22
	% dentro del área de conocimiento	86.7%	75.0%	66.7%	78.6%
Total	Recuento	15	4	9	28
	% dentro del área de conocimiento	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
p valor de coeficiente phi		0.504			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5**  
**Participación de los emprendedores en los ingresos generados**

		Participación en los ingresos generados			
		0	1	2	Total
Mujer	Recuento	5	1	0	6
	% dentro de la participación en los ingresos generados	20.8%	50.0%	0.0%	22.2%
Hombre	Recuento	19	1	1	21
	% dentro de la participación en los ingresos generados	79.2%	50.0%	100.0%	77.8%
Total	Recuento	24	2	1	27
	% dentro de la participación en los ingresos generados	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
p valor de coeficiente phi		0.547			

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, en el ámbito académico, donde surgen este tipo de empresas, el interés de los investigadores no está enfocado en el emprendimiento, por lo que las universidades y diseñadores de políticas públicas deberían reconocer formas alternativas de comercialización de la investigación académica, en lugar de poner todos los esfuerzos en tratar de transformar a los investigadores y académicos en empresarios (Berggren, 2017). Es precisamente la participación de los ingresos una alternativa para incentivar la comercialización de los desarrollos tecnológicos generados.

El acceso a financiamiento por parte de las empresas es esencial para la adecuada gestión de sus procesos. Peña Ahumada et al. (2017) realizaron en México un análisis para determinar los factores que ponen a las empresas en riesgo de cerrar; encontraron que la mitad de los encuestados consideran que la falta de financiamiento es un factor de riesgo. En el caso de las EBT no se encontró asociación entre el acceso al financiamiento por género (tabla 6). En este sentido, el dato cobra relevancia, ya que en la literatura académica se reporta que existe una mayor probabilidad de que los varones accedan a financiamiento (Guercio et al., 2015); se infiere que en las empresas de base tecnológica esto queda relegado por el nivel de habilitación académica de los emprendedores.

**Tabla 6**  
**Participación por género del emprendedor en el acceso al financiamiento**

		Acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa		Total
		No	Sí	
Mujer	Recuento	4	2	6
	% dentro de acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa	28.6%	14.3%	21.4%
Hombre	Recuento	10	12	22
	% dentro de acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa	71.4%	85.7%	78.6%
Total	Recuento	14	14	28
	% dentro de acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa	100.0%	100.0%	100.0%
p valor de prueba exacta de Fisher		0.648		

Fuente: Elaboración propia.

En cuestión de género son diversos los estereotipos que limitan la participación de la mujer en el desarrollo económico, incluso “las mujeres se asumen a sí mismas o son vistas por los demás, como las únicas responsables de las diferencias que pueden desvirtuar un espacio neutro” (Pastor et al., 2015). En ese mismo sentido, estos autores señalan que se reconoce la falta de apoyo por parte de las instituciones para facilitar la compatibilización de la vida profesional con la familiar, lo cual también es aplicable en el tema del emprendimiento académico.

En el caso del financiamiento, el perfil de las empresas dirigidas por mujeres podría ser una causa y, al mismo tiempo, una consecuencia del menor uso y acceso al financiamiento externo (Guercio et al., 2015). Esto puede explicar el hecho de que en este trabajo no se hayan encontrado diferencias significativas, puesto que las características sociodemográficas analizadas de los emprendedores no existen. No obstante, se reconoce que las empresas dirigidas por mujeres se encuentran sobre todo en el sector de servicios, son de menor tamaño y tienen un menor desarrollo tecnológico (García Solarte et al., 2012).

Finalmente, es importante destacar que, independientemente del género, se requiere la participación de todos los actores involucrados en la creación de empresas de base tecnológica, tanto que la relación del territorio con el sector empresarial, la universidad y el sistema de innovación que impere en ese territorio (De la O Barroso-González et al., 2014) debe jugar un papel importante en la definición de políticas que fortalezcan aún más la inserción de las mujeres en el emprendimiento de base tecnológica.

## **Conclusiones**

Aunque la proporción de mujeres respecto a hombres que inician una empresa de base tecnológica es de casi 1 a 4, las variables de grado de estudios, área de conocimientos, experiencia en la industria y en I+D, así como si han recibido servicios de una OTT y si han tenido acceso a financiamiento en la etapa de formación de la empresa, no están asociadas al género, lo que permite inferir que hay otras variables que inciden en la diferencia entre la cantidad de hombres y mujeres que realizan un emprendimiento de base tecnológica. Esto también refuerza los hallazgos de García Martínez et al. (2020) en la importancia de estas variables para explicar la emergencia de este tipo de empresas independientemente del género.

Con lo anterior se determina que se logró el objetivo principal de este estudio sobre la identificación de las diferencias en las variables analizadas; que si bien es cierto no se encontraron tales diferencias, se obtuvo información que servirá de base para los diseñadores de políticas públicas de impulso al emprendimiento y que suma a la información necesaria para la diferenciación de tales políticas por género de los emprendedores.

Dada la limitación principal de esta investigación: la muestra, es importante profundizar este análisis por medio de la ampliación de ésta, de tal manera que permita obtener resultados concluyentes. A pesar de ello, la valía de este estudio se encuentra en la observación

de que una vez inmersas en el emprendimiento, las diferencias se reducen, y con ello surgen nuevas líneas de investigación relacionadas con el análisis de los factores que limitan la inserción en el emprendimiento, puesto que la evidencia que aquí se presenta es la reducida participación del género femenino frente al masculino, aunque una vez iniciada la empresa, la brecha tiende a reducirse.

### Agradecimiento

Se agradece el financiamiento para el desarrollo del proyecto A1-S-34226, proporcionado por el Fondo Sectorial de Investigación para la Educación (SEP-Conacyt), mediante la convocatoria de Ciencia Básica CB 2017-2018 y del cual forma parte este trabajo.

### Referencias

- Aceytuno, M. y Sánchez-López, C. (2014). Carrera académica y propensión a la transferencia de tecnología. El caso de la universidad de Huelva. *Investigaciones Regionales*, (28), 79-100. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28930563004>
- Berggren, E. (2017). Researchers as enablers of commercialization at an entrepreneurial university. *Journal of Management Development*, 36(2), 217-232. <http://dx.doi.org/10.1108/jmd-06-2016-0117>
- Claramunt Vallespi, T. (2019). Las mujeres y la ciencia: inventos y patentes españolas con nombre de mujer. *Revista 10ocias@ UNED*, (12), 104-110.
- De la O Barroso-González, M., Jiménez García, M. y Pérez-González, M. C. (2014). Incidencia de diferentes sistemas territoriales de innovación en la creación de Empresas de Base Tecnológica (EBT). Una aplicación al caso andaluz. *Journal of Globalization, Competitiveness & Governability*, 8(3), 62-82. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=511851342002>
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C. y Vega-Franco, L. (2013). Cómo seleccionar una prueba estadística. *Revista Mexicana de Pediatría*, 80(2), 81-85. <https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2013/sp1329.pdf>
- García Martínez, J. C., Cruz Delgado, D., Torres Ramírez, E. y Ramírez Erazo, A. A. (2020). Configuraciones causales para la emergencia de empresas de base tecnológica de origen universitario en México. *Memorias del Encuentro Internacional de Investigación en Emprendimiento (Virtual) 2020*. <http://incmty.itesm.mx/memorias-2020/ecosistemas-de-emprendimiento-y-desarrollo-regional/>
- García Solarte, M., García Pérez de Lema, D. y Madrid Guijarro, A. (2012). Caracterización del comportamiento de las Pymes según el género del gerente: un estudio empírico. *Cuadernos de Administración*, 28(47), 37-53. <https://www.redalyc.org/pdf/2250/225025086004.pdf>

- Guercio, M. B., Oliveras, G., Vigier, H. P. y Briozzo, A. E. (2015). Financiamiento externo desde una perspectiva de género. *Revista Venezolana de Gerencia*, 20(71), 440-454. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4419>
- Jordán Aguirre, J., Serrano Orellana, B., Pacheco Molina, A. y Brito Gaona, L. (2016). Capacidad emprendedora desde la perspectiva de género. *Opción*, 32(81), 238-261. <https://www.redalyc.org/pdf/310/31048807012.pdf>
- López-Bassols, V., Grazi, M., Guillard, Ch. y Salazar, M. (2018). Las brechas de género en ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe. Nota Técnica No. IBD-TN-1408. BID. <http://www.foragro.org/sites/default/files/2018-05/Las-brechas-de-genero-en-ciencia-tecnologia-e-innovacion-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Maculan, A. M., Jiménez Hernández, C. N. y Castellanos Domínguez, O. F. (2015). Aprendizaje en el proceso de incubación de empresas de base tecnológica. *Económicas CUC*, 36(1), 9-26. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5156213.pdf>
- Mauleón, E. y Bordons, M. (2014). Indicadores de actividad tecnológica por género en España a través del estudio de patentes europeas. *Revista Española de Documentación Científica*, 37(2), e043. <https://doi.org/10.3989/redc.2014.2.1093>
- Mexicano Ojeda, M. A., Arteaga Cervantes, A. L., Aguilar Rascón, O. C. y González Martínez, R. (2017). Principales motivos para la creación de las microempresas en México. En G. Maldonado Guzmán, J. F. Ojeda Hidalgo, L. J. Uc Heredia, L. E. Valdez Juárez, M. Medina Elizondo (Coords.). *La microempresa en México: un diagnóstico de su situación actual* (pp. 59-74). UAA. [https://editorial.uaa.mx/docs/ve\\_microempresaaenmexico.pdf](https://editorial.uaa.mx/docs/ve_microempresaaenmexico.pdf)
- Pastor, I., Pontón, P., Acosta, A., Belzunegui, A., Aguado, E., Poveda, M., Blanco, A. I. y Rodríguez, A. (2015). La participación de las mujeres en las *spin-offs* universitarias. *Lan Harremanak: Revista de Relaciones Laborales*, 32, 70-83. <https://doi.org/10.1387/lan-harremanak.15397>
- Peña Ahumada, N. B., Aguilar Rascón, O. C. y Posada Velázquez, R. (2017). *Factores que determinan el cierre de la micro y pequeña empresa. Comparativo entre empresas activas e inactivas en México y Colombia*. Pearson Educación México.
- Pértega Díaz, S. y Pita Fernández, S. (2004). Asociación de variables cualitativas: El test exacto de Fisher y el test de McNemar. *Cadernos de Atención Primaria 2004*, 11, 304-308. [https://www.agamfec.com/wp/wp-content/uploads/2015/07/14\\_Invest\\_N11\\_4.pdf](https://www.agamfec.com/wp/wp-content/uploads/2015/07/14_Invest_N11_4.pdf)
- Quintero Peña, J. W. (2020). Determinantes e impacto de los emprendimientos tecnológicos en América Latina. *Negocios, Gestión y Sostenibilidad*, 1(1). <https://doi.org/10.15765/wp.v1i1.1570>
- Ribeiro, A., Silva, F., Santos, M. y Barbosa, C. (2016). Fatores que contribuem para o sucesso de empresas de base tecnológica: um estudo multicasos em incubadoras de Pernambuco. *Revista Eletrônica de Estratégia e Negócios*, 9(2), 208-233. <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/EeN/article/view/3692/pdf>

- Singh, A., Cherobim, A. y Segatto, A. (2020). Análise do processo de incubação nas capacidades de EBTs incubadas. *Revista Eletrônica de Estratégia e Negócios*, 12(2), 171-195. <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/EeN/article/download/6890/pdf/22527>
- Zapata, G., Fernández López, S. y Neira Gómez, I. (2018). El emprendimiento tecnológico en Suramérica: una aproximación a sus determinantes individuales. *Perfiles Latinoamericanos*, 26(52). <https://doi.org/10.18504/pl2652-003-2018>

## ARTÍCULOS

# Diseño axiomático para dispositivos mecatrónicos

## *Axiomatic design for mechatronic devices*

### Jesús Mares Carreño

ORCID: 0000-0002-6367-6062

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, campus Hidalgo (UPIIH),  
Instituto Politécnico Nacional (IPN)

### Alan Eduardo Escobar Miranda

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, campus Hidalgo (UPIIH),  
Instituto Politécnico Nacional (IPN)

### Griselda Stephany Abarca Jiménez

ORCID: 0000-0002-7811-6471

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, campus Hidalgo (UPIIH),  
Instituto Politécnico Nacional (IPN)

#### RESUMEN

En el presente artículo se aborda el diseño axiomático como una herramienta metodológica de diseño cuya finalidad es servir como puente entre lo que se necesita o desea y cómo se va a desarrollar e implementar una solución, ya sea de manera tangible (*hardware*) o intangible (*software*) a dichas necesidades o deseos. Se presenta la afinidad del diseño axiomático en el trabajo con equipos multidisciplinarios y, por último, se establece el potencial de aplicación del diseño axiomático en el proceso de diseño de dispositivos mecatrónicos que, por su naturaleza, requieren del trabajo de un equipo interdisciplinario.

#### PALABRAS CLAVE

diseño axiomático, dispositivos mecatrónicos, equipo multidisciplinario, equipo interdisciplinario

#### ABSTRACT

In this paper, axiomatic design is presented as a methodological design tool whose purpose is to serve as a bridge between what is needed or desired and how a solution is going to be developed and implemented, either in a tangible (*hardware*) or intangible (*software*) way to those needs or desires. The affinity of axiomatic design in working with multidisciplinary teams is presented and finally the potential for applying axiomatic design in the design process of mechatronic devices is established, which by nature require the work of an interdisciplinary team.

#### KEY WORDS

axiomatic design, mechatronic devices, multidisciplinary team, interdisciplinary team

## El diseño axiomático

La finalidad del diseño axiomático es crear una cultura científica en el campo del diseño, mediante un enfoque de mayor rigor lógico a la creación de nuevos productos o servicios, con lo cual se pretende minimizar los errores y mejorar la eficiencia del proceso de diseño (Maldonado et al., 2019). A partir de conceptos matemáticos básicos, el diseño axiomático evita incurrir en prácticas de prueba y error, disminuye el impacto de las subjetividades y respalda el éxito del diseño de un producto o servicio.

La identificación de la necesidad es el punto de partida de cualquier proceso de diseño; por lo tanto, el diseño axiomático pone especial énfasis en la interpretación y satisfacción de las necesidades del cliente, al hacer un mapeo explícito entre los requerimientos expresados por el cliente y los parámetros técnicos que aseguren su cumplimiento.

Como su nombre lo indica, el diseño axiomático está basado en axiomas; así pues, para describir el proceso de diseño axiomático nos remitimos primero a la definición de un *axioma*, el cual, según la Real Academia Española (RAE), es “cada uno de los principios indemostrables sobre los que, por medio de un razonamiento deductivo, se construye una teoría” (RAE, 2014).

Por lo tanto, considerando que un axioma no tiene demostración formal, el diseño axiomático no está basado en una ley o elemento absoluto dentro del campo de la ciencia; sin embargo, los axiomas en los que se basa se pueden asumir como ciertos, puesto que representan un comportamiento que ha sido observado por mucho tiempo, cuentan con ciertos patrones que tienden a ser repetitivos y por lo general llegan a resultados favorables, por lo que constituyen un fundamento sólido para construir un sistema que permita entender y llevar a cabo patrones de éxito. El diseño axiomático se fundamenta en dos axiomas: el de *independencia* y el de *información*, ambos principios generalizables a diversos procesos de diseño y de los cuales es posible derivar corolarios o teoremas que sirvan como reglas de diseño para situaciones específicas.

## Los dominios del diseño axiomático

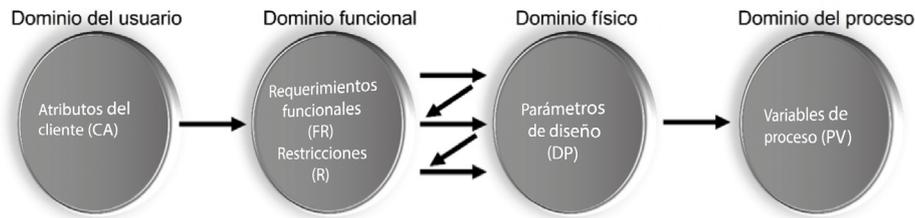
Antes de presentar los dos axiomas base, es necesario entender que con la metodología del diseño axiomático se realiza una serie de mapeos sobre cómo debe fluir la información desde el cliente hasta la manufactura del producto, y para esto se divide el *mundo del diseño* en cuatro dominios (figura 1, p. 3).

Dichos dominios representan las cuatro actividades diferentes que se llevarán a cabo durante el proceso de diseño; a saber: la obtención de necesidades, el desarrollo de especificaciones, el diseño conceptual y el diseño detallado.

En el *dominio del usuario* se ubican las necesidades que dan inicio y propósito al proyecto de diseño, ya sea que éstas surjan o sean expresadas por un cliente o por un usuario. A las

necesidades las llamaremos *atributos del cliente* o CA (por sus siglas en inglés), y pueden ser descritas de forma coloquial, sólo enfatizando lo que se quiere del producto o servicio.

**Figura 1**  
**Dominios del diseño axiomático**



Fuente: Elaboración propia.

En el *dominio funcional* encontramos los llamados requerimientos funcionales (FR por sus siglas en inglés), que son los CA traducidos a un lenguaje más técnico y conciso; además, están las restricciones o R, las cuales establecen los límites a los que no se debe o no se puede llegar. Es posible encontrar dos tipos de restricciones: las impuestas por el propio cliente, incluidas las tolerancias asociadas con el producto, y las impuestas por la naturaleza del proyecto, que son las limitaciones intrínsecas de las plataformas tecnológicas por usar.

Los FR pueden tener una jerarquía en función de su relevancia, que va desde un alto nivel hasta el nivel más bajo. Con el fin de encontrar soluciones de manera sencilla, estos FR (padre) pueden ser desglosados en diferentes FR (hijos) hasta que la solución sea obvia y pueda tener sentido lógico y realista.

El *dominio físico* es la visualización de los FR en su forma física, la cual no necesariamente tiene que ser tangible (*hardware*), ya que podrían representarse con algoritmos o códigos (*software*). Asociados a este dominio están los *parámetros de diseño* (DP por sus siglas en inglés); es obligatorio que cada FR tenga su propio DP, empezando siempre desde los FR de mayor nivel. Para lograr lo anterior puede ser necesario un proceso iterativo o de zigzag.

En el *dominio del proceso* se ubican los procesos requeridos para que cada uno de los DP se pueda materializar y para que se pueda crear, programar o manufacturar; igualmente, con un enfoque uno a uno, para cada DP existe una *variable de proceso* (PV por sus siglas en inglés). En este punto ya se debieron haber considerado las tolerancias y las restricciones, así como todas las leyes naturales aplicables.

El acomodo de los dominios presentado en la figura 1 no es fortuito, ya que existe una relación entre éstos; si se toma un par de dominios contiguos, el dominio del lado izquierdo representa lo que se quiere alcanzar y el dominio de la derecha representa la solución de diseño, es decir, cómo se cubrirá lo establecido en el dominio de la izquierda (Suh, 2021).

## Los axiomas

El *axioma de independencia* establece que se debe mantener la independencia de los requerimientos funcionales (FR), esto implica que ninguna de las soluciones a los atributos del cliente (CA) debe interferir con o depender de ninguna forma de las soluciones a los demás CA. Cumplir este axioma evita que alguna de las funciones falle en caso de que haya errores colectivos en el producto; en analogía con la electrónica, es como conectar un circuito en paralelo, en el que si algún componente falla, los otros no se ven afectados y continúan en funcionamiento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que lo anterior es aplicable a la parte lógica, lo funcional, no a la parte física, ya que no es necesario tener un elemento físico para cada FR, en tanto la funcionalidad no se afecte de manera directa entre ellas.

Por otro lado, el *axioma de información* establece que en el diseño se debe minimizar el contenido de información. Básicamente, explica la cantidad de información requerida e integrada en el diseño de los productos, ya que afirma que la menor cantidad de información aumentará la probabilidad de éxito.

Este axioma es, en cierta forma, el que representa un mayor reto, ya que es necesario saber con qué información contamos, cuál hace falta, qué información necesitamos y finalmente discernir qué información es realmente necesaria y cuál puede ser omitida.

## El trabajo multidisciplinario y el diseño axiomático

El contexto actual del desarrollo tecnocientífico exige un enfoque integrado que incluya diferentes áreas de conocimiento, tanto técnicas como administrativas, a fin de cubrir satisfactoriamente las exigencias de diseño.

Idealmente, para obtener un diseño exitoso, éste debería ser realizado por una sola persona que conozca perfectamente cada una de las leyes que rige cada área de conocimiento involucrada en el diseño (Suh, 2001). Lo anterior sugiere que sea una persona con conocimiento absoluto de todo lo necesario para el desarrollo del diseño; sin embargo, eso es imposible de lograr. Lo que sí es posible es crear un grupo de expertos que en conjunto cuenten con todo el conocimiento para que el proceso fluya de manera satisfactoria.

La necesidad de integrar equipos de trabajo para abordar la tarea de diseño es innegable, aún más cuando la labor de diseño se enfoca en el desarrollo de dispositivos tecnológicos innovadores, pues esto exige la integración de equipos multidisciplinarios de trabajo.

Lo que se busca con un trabajo multidisciplinario es el intercambio de conocimiento e ideas que se vean desde diferentes ángulos de entendimiento para generar mejores resultados en el proceso del diseño, ya que la ampliación de la mirada del producto traerá consigo una solución compuesta de mayor valor, viable y aceptable tanto funcional como socialmente.

En el diseño multidisciplinario, el problema de la colaboración requiere de la interacción entre las personas, mediada o no mediada por recursos informáticos, donde se puedan establecer puntos de vista y criterios integrales para tomar decisiones en forma colectiva (Aguilar Zambrano, 2009). El diseño axiomático se inserta de manera natural en el ámbito de los equipos de trabajo multidisciplinarios, lo que permite generar una estructura de trabajo clara, en la cual los objetivos de diseño sean nítidos para todo el equipo sin importar el área de especialidad de cada integrante, y centrar la atención en lo que se necesita hacer y no en preconcepciones técnicas.

### **Diseño axiomático y mecatrónica**

El término mecatrónica fue acuñado en 1969 por Tetsuro Mori (Bradley y Russel, 2020), quien se basó en su visión acerca de la evolución de los productos tecnológicos. Así pues, podemos decir que la mecatrónica, como área de estudio y desarrollo, ha estado presente por más de cinco décadas; sin embargo, el término y la filosofía de diseño que la acompañan no tuvieron difusión masiva sino hasta la década de 1990. Durante los años posteriores, la mecatrónica tomó gran relevancia hasta convertirse en un término de uso común en el ámbito académico y de desarrollo tecnológico, pero, a pesar de esto, hoy en día es difícil encontrar una definición unificada para este término. Las acepciones más comunes mencionan:

- Según Bolton (1995), es la integración de la electrónica, la ingeniería de control y la ingeniería mecánica.
- Para Harashima et al. (1996), es la integración sinérgica de la ingeniería mecánica con electrónica y control inteligente en el diseño y manufactura de productos y procesos industriales.
- De acuerdo con Millbank (1993), por definición, la mecatrónica no es asignatura, ciencia o tecnología por sí misma; en realidad debe ser considerada como una filosofía, una forma fundamental de ver y hacer, y, por su naturaleza, requiere un enfoque unificado para su desarrollo.

Si bien no es posible encontrar una definición unificada de *mecatrónica*, sí es posible establecer, con base en cualquiera de las definiciones previas, que la mecatrónica por naturaleza implica múltiples disciplinas. Esto llevaría de inmediato a la conclusión de que la labor de diseño es multidisciplinaria; sin embargo, el proceso de diseño en la mecatrónica va más allá de la multidisciplinaria; el diseño en mecatrónica debe ser interdisciplinario, ya que, como lo mencionaba Tetsuro Mori en su definición, “la tecnología y el desarrollo de productos incorporará cada vez más electrónica a la mecánica, de manera íntima y orgánica, haciendo imposible discernir en dónde termina una y empieza la otra” (1969). Para lograr la interdisciplina en el proceso de diseño dentro de la mecatrónica, se ha buscado la creación de programas académicos cuyos currículos aglutinen los conocimientos considerados necesarios para

la formación de profesionales capacitados para ejecutar estas tareas de diseño; no obstante, el surgimiento cada vez más acelerado de nuevas herramientas técnicas hace que la idea de tener profesionistas con completo dominio de todo lo necesario para el diseño de dispositivos mecatrónicos sea utópica.

El proceso de diseño de dispositivos mecatrónicos requiere de equipos de trabajo interdisciplinarios, en los cuales el trabajo y la responsabilidad sean compartidas, y las tareas estén claramente asignadas, pero principalmente se requiere una estrategia de trabajo metódica, disciplinada, que además privilegie una comunicación clara y constante. Es precisamente en este punto donde una herramienta metodológica como el diseño axiomático toma importancia, ya que permite abordar la tarea de diseño de dispositivos mecatrónicos en toda su complejidad, pues clarifica la comunicación dentro del equipo de trabajo al establecer los objetivos del proyecto de diseño por medio de los dominios del usuario, funcional, físico y del proceso. El mapeo de los CA de un dominio a otro hace que las necesidades básicas a cubrir con el diseño no se difuminen en el proceso entre tecnicismos y cálculos; por el contrario, las mantiene siempre en el centro de atención; al guiar la labor de diseño de esta forma, se facilita la fusión de los conocimientos de los diferentes campos involucrados para dar soluciones integradas.

### **Conclusión**

El uso de herramientas metodológicas de diseño bien fundamentadas permite la realización de trabajos de diseño estructurados en los que se minimice el impacto de las subjetividades en el producto final. El diseño axiomático demuestra ser una herramienta metodológica de gran utilidad, en especial en situaciones donde la labor de diseño es desempeñada por un equipo multidisciplinario. Esto porque el mapeo del diseño de los diferentes dominios, además de la búsqueda del cumplimiento de los dos axiomas, orienta el proceso de diseño al dejar bien establecidos los objetivos, lo que disminuye los posibles errores por mala comunicación y aumenta la probabilidad de éxito del diseño final.

Finalmente, destaca de manera especial el potencial de aplicaciones del diseño axiomático en un área de desarrollo tecnológico como la mecatrónica, la cual, de forma natural, requiere de equipos de trabajo interdisciplinarios para abordar la complejidad y amplitud de las labores de diseño que ésta implica.

### **Referencias**

Aguilar-Zambrano, J. y González-Cruz, M. C. (2009). Equipos multidisciplinarios de diseño de producto con el diseño axiomático. XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Badajoz, 8-10 de julio de 2009. [https://www.aepro.com/files/congresos/2009badajoz/cip09\\_1667\\_1678.2705.pdf](https://www.aepro.com/files/congresos/2009badajoz/cip09_1667_1678.2705.pdf)

- Bolton, W. (1995). *Mechatronics: Electronic control systems in mechanical engineering*. Longman.
- Bradley, D. y Russell, D. W. (Eds.) (2020). *Mechatronics in action. Case studies in Mechatronics-applications and education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-080-9>
- Harashima, F., Tomizuka, M. y Fukuda, T. (1996). Mechatronics. "What is it, why, and how?". An editorial. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* 1(1), 1-4. <https://doi.org/10.1109/TMECH.1996.7827930>
- Maldonado Macías, A. A., Balderrama Armendáriz, C. O., Pedrozo Escobedo, J. y García Alcaraz, J. (2019). *Diseño axiomático: Libro de fundamentos y aplicaciones*. Universidad de La Rioja.
- Millbank, J. (1993). Mecha-what? *Mechatronics Forum Newsletter*, (6).
- Mori, T. (1969). Mechatronics. *Yasakawa Internal Trademark Application Memo*.
- Real Academia Española (2014). Axioma. *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/axioma>
- Suh, N. P. (2001). *Axiomatic design: Advances and applications*. Oxford University Press.

## ARTÍCULOS

# La videoinstalación como red de tiempos divergentes, convergentes y paralelos

*Video installation as a network of divergent, convergent and parallel times*

**Pawel Anaszkievicz**

ORCID: 0000-0003-2330-1490

Facultad de Artes, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### RESUMEN

La videoinstalación, en gran medida, se puede definir como un medio de videoproyecciones simultáneas distribuidas en el espacio por donde deambula su observador/escucha/participe. Estos aspectos distancian este tipo de obra artística tanto de las instalaciones realizadas con objetos e imágenes fijas como del cine o video monocanal proyectados en una sola pantalla, pues reconoce que la especificidad de un lenguaje mediático no se puede resumir en la descripción de sus soportes. A partir del análisis de obras del artista de videoinstalaciones Douglas Gordon, se propone que, así como la duración exploratoria de las videoinstalaciones está determinada por sus observadores/escuchas, también lo están las trayectorias espaciales o los puntos de vista de su observación.

### PALABRAS CLAVE

videoinstalación, tiempo, territorio, espacialidad, arte contemporáneo

### ABSTRACT

Video installation, to a large extent, can be defined as a means of simultaneous video projections distributed in the space where its observer/listener/participant wanders. These aspects distance this type of artistic work both from installations made with objects and still images, as well as from single-channel cinema or video, projected on a single screen, recognizing that the specificity of a media language cannot be summed up in the description of its media. Based on the analysis of works by video installation artist Douglas Gordon, it is proposed that, just as the exploratory duration of video installations is determined by their observers/listeners, so are the spatial trajectories or points of view of their observation.

### KEY WORDS

video installation, time, territory, spatiality, contemporary art

## Introducción

Al reconocer que la especificidad de un lenguaje mediático no se puede resumir en la descripción de sus soportes, podemos afirmar, sin embargo, que la videoinstalación, en gran medida, se puede definir como un medio de videoproyecciones simultáneas distribuidas en el espacio por donde deambula su observador/escucha/partícipe. Estos aspectos distancian este tipo de obra artística tanto de las instalaciones realizadas con objetos e imágenes fijas como del cine o video monocanal proyectados en una sola pantalla.

En el análisis de la percepción de las videoinstalaciones destaca un libro de Kate Mondloch, *Screens, viewing media installation art* (2010). Al principio del tercer capítulo, titulado "Installing time. Spatialized time and exploratory duration" (Instalando el tiempo. El tiempo espaciado y la duración exploratoria), la autora cita a Daniel Birnbaum, quien en su libro *Chronology* (2005) acuña el término *instalación del tiempo en el espacio* como una de las más importantes estrategias de los artistas mediáticos a partir de los años noventa del siglo XX.

En las múltiples proyecciones simultáneas de las videoinstalaciones de estos artistas podemos percibir la variedad de los tiempos paralelos en un territorio común de las obras que se despliegan tanto en el tiempo como en el espacio. Mondloch describe estos trabajos como "esculturas condicionadas por las pantallas" que determinan de manera autónoma el tiempo que se pasa entre éstas. Así como la duración exploratoria de las videoinstalaciones está determinada por sus observadores/escuchas, también lo están las trayectorias espaciales o los puntos de vista de su observación.

## Cristal de tiempo y sus caras con distintas series temporales

Además de la duración exploratoria de las videoinstalaciones, es igualmente importante la percepción de varias series temporales que se crean entre sus pantallas. Uno de los ejemplos sobresalientes de este tipo de obra es *Through a looking glass (A través del espejo)* (figura 1, p. 3), de Douglas Gordon (1999). Para realizarla, el autor se apropia de una escena de la película de Martin Scorsese, *Taxi Driver* (1976). En esta corta secuencia, el personaje principal, interpretado por Robert de Niro, ensaya algunos gestos con una pistola frente al espejo preguntando de forma repetitiva a su imagen reflejada: "You talkin' to me?" (¿Me estás hablando a mí?).

Los observadores/escuchas/partícipes de la instalación están posicionados en principio entre dos secuencias de imágenes idénticas. Éstas empiezan a diferenciarse una de la otra, basándose en una progresión geométrica: primero por un cuadro, después por dos, cuatro, ocho, etcétera, hasta que el retraso entre estas dos secuencias llega a ser de 512 cuadros, esto es, 21.33 segundos. En este momento, esta diferenciación se revierte hasta que ambas imágenes, después de aproximadamente una hora, están en sincronía otra vez.

Lo que empieza como un mimetismo del protagonista en ambas pantallas se transforma rápidamente en una conversación donde cada línea de diálogo llena la respuesta imaginada

**Figura 1**  
**Foto de la videoinstalación de dos canales *Through a looking glass***  
**(*A través del espejo*), de Douglas Gordon**



Foto: Gordon, 1999.

del monólogo frente al espejo. Este procedimiento del autor de la videoinstalación absorbe a sus observadores en un proceso de identificación con el protagonista que se desdobra en un bucle interminable. Philip Monk comenta lo siguiente sobre las diferentes series temporales presentes en la videoinstalación de Douglas Gordon:

El tiempo entre estas imágenes es doble: uno, de divergencia siempre creciente que despliega una progresión geométrica con una base lógica, lineal y espacial; y otro, que se pliega y despliega en el espacio virtual entre los dos “espejos”. Sabemos que la primera serie numérica, en sus cálculos abstractos, es mecánica o cuantitativa; la segunda serie temporal se puede experimentar solamente de manera cualitativa, sin medición. La primera serie construye la obra; la segunda envuelve nuestra experiencia de ella. La primera depende de la película original; la segunda es independiente (2003, pp. 138-139, traducción del autor).

En la videoinstalación se forma una serie de tiempos divergentes entre las dos proyecciones y su percepción, que causa un sentido de disociación esquizofrénica. La imagen virtual en el espejo tiene su equivalente en el protagonista que ensaya frente a ella y en un espejismo divergente de esta imagen, proyectada en otra pantalla de la instalación. Douglas Gordon construye un *crystal de tiempo* donde podemos observar los mecanismos de tiempo:

Es preciso que el tiempo se escinda al mismo tiempo que se afirma o desenvuelve: se escinde en dos chorros asimétricos, uno que hace pasar todo el presente y otro que conserva todo el pasado. El tiempo consiste en esta escisión, y es él lo que se “ve en el cristal”. La imagen-cristal no es el tiempo, pero se ve el tiempo en el cristal (Deleuze, 1986, p. 114).

### **Flujos temporales que crean indiferencia estructural hacia el espectador**

Otra obra de Douglas Gordon que atestigua las relaciones temporales entre narrativas divergentes, convergentes y paralelas es la videoinstalación *Play dead; real time (Haciéndose la muerta: tiempo real)* (2003) (figura 2). Esta videoinstalación sin sonido consiste en dos grandes proyecciones en pantallas semitransparentes perpendiculares entre sí, con vistas de ambos lados, y en una más, de menor tamaño, en un monitor de televisión colocado en el piso. En las pantallas grandes se presentan dos diferentes videos de una elefanta en movimiento, y en la tercera, los repetidos planos de acercamientos a la cabeza del mismo animal, especialmente a uno de sus ojos.

**Figura 2**

**Foto fija de la videoinstalación de tres canales *Play dead; Real time (Haciéndose la muerta; tiempo real)*, de Douglas Gordon**



Foto: Gordon, 2003.

En 2002, Douglas Gordon organizó el traslado de una elefanta circense llamada Minnie a la galería Gagosian, en la ciudad de Nueva York, donde la grabó con una cámara cinematográfica. Los movimientos del animal obedecen a una serie de órdenes de su entrenador, quien nunca aparece en las imágenes. La elefanta camina alrededor, se acuesta y se levanta con

dificultad. La cámara se mueve circulando alrededor en un dispositivo *dolly*, una herramienta de rodaje cinematográfico, televisivo o de video que se utiliza para realizar movimientos fluidos de la cámara. De vez en cuando, una u otra proyección se difuminan hacia el negro y en seguida la elefanta aparece siempre recostada en el piso, haciéndose la muerta (*playing dead*).

En su libro *Four honest outlaws: Sala, Ray, Marioni, Gordon*, Michael Fried (2011) hace un extenso análisis de la videoinstalación titulada *Play dead; Real time*, buscando en esta obra la confirmación contemporánea de sus conocidos argumentos y conceptos, especialmente aquellos sobre la absorción o ensimismamiento y la teatralidad. Fried encuentra en el arte, a partir del siglo XVIII, una corriente que llama *absorptive* (de ensimismamiento), que es esencialmente antiteatral, donde las figuras representadas en la pintura, o de manera más general, los protagonistas de las obras de arte, son inconscientes o ajenos a sus espectadores.

Estos conceptos están presentes en la mayoría de los textos de Fried, pero fueron expuestos con más detalle en su libro *Absorption and thetricality: Painting and beholder in the Age of Diderot (Absorción y teatralidad: pintura y espectador en la era de Diderot)* (1980). Son importantes en la medida en que su autor los ubica como polos dialécticos en la lucha con la decadencia de gran parte de las artes visuales contemporáneas. En pocas palabras, Fried insiste en que la esencia de la obra de arte está presente en ella misma y no, como pretenden muchos críticos contemporáneos, en la experiencia del espectador. Sobre la videoinstalación *Play dead; Real time* dice:

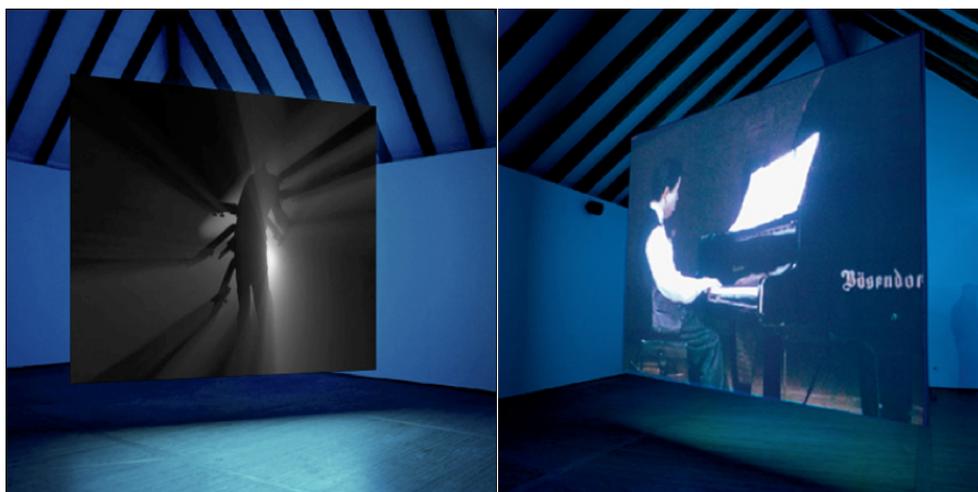
[...] ciertamente está presente el fuerte sentido en el cual *la activación* del espectador con la disposición total [de la instalación] sirve principalmente para enfatizar —para poner de relieve— la indiferencia estructural de las proyecciones mismas hacia el espectador. En particular, el hecho de que dos grandes proyecciones aparezcan revertidas en la parte opuesta de los lados de pantallas —que cada una de las dos proyecciones sea *singular* en ese aspecto— puede ser entendido como que apuntan de manera programática a esta idea (Fried, 2011, p. 172, traducción del autor).

La instalación presenta de manera simultánea diferentes versiones de las escenas de la elefanta en movimiento, con un amplio rango de puntos de vista. En cada una de las grandes proyecciones la cámara se mueve en sentido contrario a la otra. La simultaneidad de los continuos movimientos de la cámara y del animal en cada una de las tres proyecciones sin que ninguna se imponga como más informativa o más importante imposibilita al observador/partícipe de la videoinstalación llegar a un punto de vista concluyente y definitivo para su lectura. No se trata solamente de las distintas perspectivas espaciales, de puntos de observación; es una red de diferentes tiempos de actuación del animal, diferentes y, sin embargo, paralelos, así como de tiempos de registro convergentes y divergentes.

### **El cristal de tiempo con dos caras: visual y sonora**

En la instalación *Dark mirror (Espejo oscuro)* (2005) (figura 3), creada por el artista mexicano Carlos Amoraless, en ambos lados de la pantalla opaca se proyectan dos videos distintos: de un lado, una animación realizada por André Pahl a partir de archivos de imágenes vectoriales<sup>1</sup> provenientes de Archivos Líquidos, un banco de datos visuales, signos y dibujos que Amoraless alimenta desde 1999, y del otro, el video que muestra a un músico tocando un piano de cola. En todo el espacio de la instalación se escucha la música interpretada en la segunda de las proyecciones. En este video, José María Serralde, músico especialista en el acompañamiento de películas mudas, está interpretando su propia partitura realizada según la animación que se proyecta al otro lado de la pantalla.

**Figura 3**  
**Dos fotos de la videoinstalación de dos canales *Dark mirror (Espejo oscuro)*, de Carlos Amoraless**



Fotos: Amoraless, 2005.

La narrativa visual de dibujos animados y música de piano se perciben en la obra de manera paralela y, sin embargo, no simultáneamente. Es decir, viendo la animación escuchamos la pista sonora, y observando al músico tocando necesitamos imaginar la narrativa visual que se desarrolla al otro lado de la pantalla. Como los bucles visual y musical son sincrónicos y duran solamente quince minutos, el observador se puede proponer memorizar algunas secuencias y así los sonidos pueden provocar en su mente las secuencias de imágenes.

---

<sup>1</sup> Imágenes digitales formadas por objetos geométricos independientes, cada uno definido por sus atributos matemáticos. Se distinguen de otro tipo de imágenes digitales en formato de mapa de bits.

Muchas de las imágenes contenidas en los Archivos Líquidos de Carlos Amorales, como los lobos, monstruos híbridos y aviones amenazantes, son de carácter siniestro y pueden reflejar los miedos populares y el terror. Por lo mismo, la narrativa visual y musical de la videoinstalación *Dark mirror (Espejo oscuro)* puede tener una función catártica y sacar a la superficie de la conciencia de los espectadores sus temores más oscuros.

Los tiempos de las proyecciones y de la música concurren en el mismo espacio. Sin embargo, pueden bifurcarse en diferentes narrativas interpretativas que se desarrollan al compás de las líneas del tiempo musical y visual en paralelo. Aunque está claro el desdoblamiento de la videoinstalación de Carlos Amorales en las dos proyecciones simultáneas acompañadas por la misma línea musical, la arista del *crystal de tiempo* (Deleuze, 1986, p. 114) no se ubica, como podría parecer a primera vista, entre las pantallas, y más bien flota en el espacio, entre la proyección de dibujos animados como su cara virtual y la línea musical que se propaga en el espacio de la instalación, formando su cara de actualización.

La imagen del músico tocando el piano es de un agente que activa el cristal de tiempo con sus dos caras: sonora y visual. Asimismo, el título *Dark mirror (Espejo oscuro)* puede tener dos connotaciones: una metafórica de la superficie reflejante y negra del piano de cola, y la otra, la de música interpretada como un reflejo oscuro de la videoanimación proyectada del otro lado de la pantalla.

### **Videoinstalación que muestra una heterotopía<sup>2</sup>**

Mi propia videoinstalación de tres canales titulada *Subsuelo líquido* (Anaszkievicz, 2014) (figura 4, ver p. 8) construye un *crystal de los tiempos* paralelos y convergentes. La instalación consiste en tres proyecciones simultáneas en blanco y negro, sin sonido: dos en pantallas semitransparentes paralelas y una proyección en el piso. Las dos primeras muestran personas subiendo y bajando las escaleras en la entrada a una estación de metro, una en positivo y la otra en negativo.

En los videos, de vez en cuando aparece la Torre Latinoamericana, icónico edificio modernista del centro de la Ciudad de México. Los encuadres de los videos están marcados por fuertes contrastes, la penumbra en el túnel y el sol afuera. Estos contrastes, así como la confrontación de la proyección en positivo con la del negativo y la proyección en el suelo de la superficie del agua balanceándose, son medios para transformar la cotidianidad de la Ciudad de México en una alegoría de la heterotopía histórica del lugar: la Gran Tenochtitlán, una enorme ciudad de canales y pirámides construida en el centro de un lago.

Los tiempos paralelos de las imágenes están marcados por los ritmos del ascenso y descenso de las personas por las escaleras, ya que surgen y desaparecen de los encuadres en

---

<sup>2</sup> Término desarrollado por Michael Foucault, que describe espacios que tienen más capas de significado o relaciones con otros lugares de lo que se ve en ellos de manera inmediata.

la contrastante salida del metro, y en la proyección de la superficie del agua cuyo ritmo es distinto. En esta última proyección no se muestran indicios del origen de las olas y, por eso mismo, parecen abstractas e intemporales.

**Figura 4**  
**Foto de la videoinstalación de tres canales *Subsuelo líquido*,  
de Pawel Anaszkiwicz**



Foto: Anaszkiwicz, 2014.

La videoinstalación construye un *crystal de tiempo* (Deleuze, 1986, p. 114) de dos caras: una, de los tiempos cotidianos donde el presente se actualiza sin cesar, y otra, de los tiempos de la historia del lugar, la cara oscura del inconsciente inmemorial de la población actual de la Ciudad de México. En la videoinstalación se crea una convergencia de estos tiempos: entre la superficie virtual del agua en movimiento como índice del extenso lago en cuyo centro existía la Gran Tenochtitlán y las imágenes de sus habitantes que transitan por las escaleras de entrada al tren subterráneo en el centro de la ciudad.

### **Comentarios finales**

En la antigua China no se desarrolló la especulación lógica o el conocimiento científico en términos occidentales (Cervera, 2012). Sin embargo, sus pobladores fueron más intuitivos que los de culturas occidentales sobre la circularidad o, de manera más amplia, sobre la no linealidad de los tiempos entre los cuales transcurren nuestras vidas. Estas intuiciones de pensadores chinos fueron abordadas por Jorge Luis Borges en su cuento “El jardín de senderos que se bifurcan”:

*El jardín de senderos que se bifurcan* es una enorme adivinanza, o parábola, cuyo tema es el tiempo [...]. La explicación es obvia: El jardín de senderos que se bifurcan es una imagen incompleta, pero no falsa, del universo tal como lo concebía Ts'ui Pên. A diferencia de Newton y de Schopenhauer, su antepasado no creía en un tiempo uniforme, absoluto. Creía en infinitas series de tiempos, en una red creciente y vertiginosa de tiempos divergentes, convergentes y paralelos. Esa trama de tiempos que se aproximan, se bifurcan, se cortan o que secularmente se ignoran, abarca todas las posibilidades. No existimos en la mayoría de esos tiempos; en algunos existe usted y no yo; en otros, yo, no usted; en otros, los dos (Borges, s.f.).

La videoinstalación, como un medio artístico en el que se manifiestan las relaciones entre distintas series temporales, surge a finales del siglo pasado a la par de los estudios científicos que exhiben los sistemas complejos, con sus propiedades espacio-temporales no lineales como los modelos que mejor se apegan a la realidad de nuestro entorno. Estamos inmersos en distintos flujos temporales que convergen, corren de manera paralela, se bifurcan y divergen como en las corrientes de agua con sus vaivenes, aceleraciones y remolinos. Estas complejas líneas del tiempo son un elemento constante en las obras de arte temporal, en música, *ballet*, cine y literatura. Sin embargo, las evidencias visuales y sonoras de su transcurrir accidentado en nuestra cotidianidad se muestran con más contundencia en las múltiples videoproyecciones simultáneas de las videoinstalaciones.

## Referencias

- Amorales, C. (2005). *Dark mirror* [video de YouTube]. Daros Exhibitions. <https://www.youtube.com/watch?v=y101bpHTVwM>
- Anaszkievicz, P. (2014). *Subsuelo líquido* [video de YouTube]. <https://www.youtube.com/watch?v=1ZVREktsEi8>
- Birnbaum, D. (2005). *Chronology*. Lukas & Sternberg.
- Borges, J. L. (s. f.). *Ficciones*. QualityEbook vo.44.
- Cervera Jiménez, J. A. (2012). La introducción de la ciencia europea en China a través de los jesuitas. En R. Cornejo (Coord.), *China. Estudios y ensayos*. El Colegio de México.
- Deleuze, G. (1986). *La imagen-tiempo. Estudios sobre cine 2*. Paidós.
- Fried, M. (1980). *Absorption and theatricality: Painting and beholder in the Age of Diderot*. University of California Press.
- Fried, M. (2011). *Four honest outlaws: Sala, Ray, Marioni, Gordon*. Yale University Press.
- Gordon, D. (1999). *Through a looking glass* [video].
- Gordon, D. (2003). *Play dead; Real Time* [video de YouTube]. <https://www.youtube.com/watch?v=Q-XD6fufoho>

- Monk, P. (2003). *Double-cross: The Hollywood films of Douglas Gordon*. The Power Plant Art Gallery of York University.
- Mondloch, K. (2010). *Screens, viewing media installation art*. University of Minnesota Press.
- Scorsese, M. (Dir.). (1976). *Taxi driver* [película]. Columbia Pictures.

## ARTÍCULOS

# Control de nematodos gastrointestinales en el ganado mediante setas

## *Control of gastrointestinal nematodes in cattle by means of mushrooms*

**Gloria Sarahi Castañeda-Ramírez**

ORCID: 0000-0002-1006-7554

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

**Liliana Aguilar-Marcelino**

ORCID: 0000-0002-8944-5430

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

**Juan Felipe de Jesús Torres-Acosta**

ORCID: 0000-0003-3724-3391

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY)

**Carlos Ramón Bautista-Garfias**

ORCID: 0000-0002-3359-8809

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

### RESUMEN

Las setas son comúnmente conocidas por su sabor, formas y olores. No sólo se han utilizado como alimento, también se han estudiado sus propiedades medicinales. Una de éstas es su uso como método alternativo para controlar enfermedades, entre ellas, las provocadas por los parásitos nematodos. Éstos son organismos que viven en el suelo y en los intestinos de los animales, y afectan gravemente a los cultivos y a los animales de granja de importancia económica. También causan pérdidas económicas a nivel mundial. Estos parásitos fueron controlados por medio de tratamientos químicos, pero el uso inadecuado de éstos causó resistencia antihelmíntica. El uso de plaguicidas y antihelmínticos para controlar los nematodos puede tener importantes repercusiones negativas en el medio ambiente. A esto se debe la importancia de la difusión de los métodos alternativos contra los nematodos.

### PALABRAS CLAVE

hongos comestibles, nematodos gastrointestinales, biocontrol

### ABSTRACT

Mushrooms are commonly known for their taste, shapes, and smells. Not only have they been used as food, their medicinal properties have also been studied. One of them is as alternative methods to control diseases, including parasitic nematodes. Nematodes are organisms that live in the soil and in the intestines of animals, seriously affecting crops and economically important farm animals. They also cause economic losses globally. The way to control these parasites was through chemical treatments, but improper use caused anthelmintic resistance. The use of pesticides and anthelmintics to control nematodes can have significant negative impacts on the environment. This is why the dissemination of alternative methods against nematodes is important.

### KEY WORDS

edible mushrooms, gastrointestinal nematodes, biocontrol

## Introducción

Los pequeños rumiantes, los ovinos y caprinos se ven afectados por gusanos llamados nematodos gastrointestinales (Torres-Acosta et al., 2012). Estos parásitos ocasionan altos porcentajes de mortalidad en animales jóvenes, disminuyen la ganancia de peso, provocan diarreas, generan edemas submandibulares y ocasionan pérdidas en la cantidad y calidad del vellón tanto en animales jóvenes como adultos. Lo anterior da lugar a consecuencias económicas para el ganadero o pequeño productor, entre las que se encuentran los tratamientos veterinarios (figura 1).

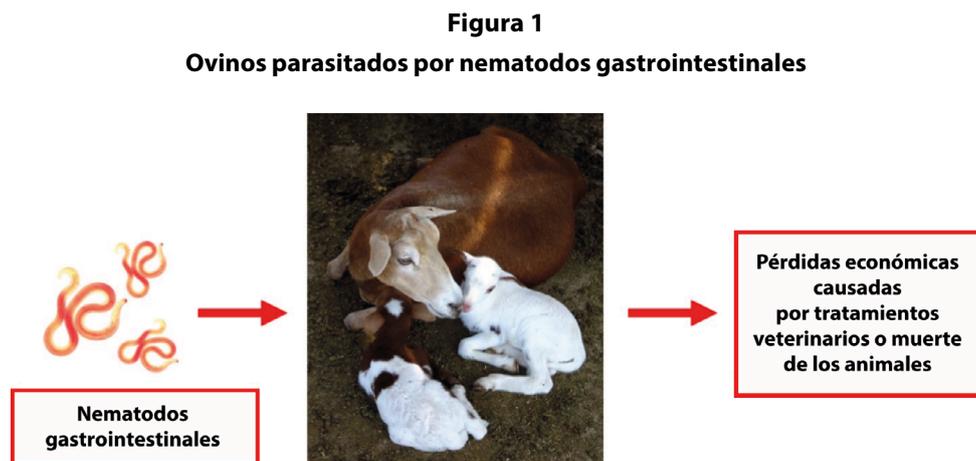


Foto: Elaboración propia.

Los animales se infectan por el consumo de pastos contaminados con nematodos gastrointestinales en sus fases infectivas. Tradicionalmente, para controlar a estos gusanos se han empleado métodos químicos que se administran en los animales para combatirlos; sin embargo, el uso desmedido y frecuente de las sustancias químicas contra parásitos ha generado poblaciones de nematodos gastrointestinales (cepas) resistentes a los productos antihelmínticos, ha provocado contaminación del medio ambiente por residuos y ha afectado a diversos organismos benéficos para el suelo, como los escarabajos estercoleros, bacterias, hongos, lombrices de suelo, pulgas de agua y ácaros, entre otros (Pérez-Cogollo et al., 2018).

Por ello, el uso de alternativas de control sustentable, como es el caso de los extractos, fracciones y moléculas obtenidas a partir de los hongos comestibles, tiene una gran importancia (Sandoval-Castro et al., 2012). El uso de hongos o subproductos de la industria como nutracéuticos puede ser considerado como un método alternativo para el control de los nematodos gastrointestinales que parasitan a los animales de producción (Aguilar-Marcelino et al., 2017).

Aunque existe una gran diversidad de hongos, no todos son comestibles. Los hongos comestibles han sido conocidos desde la antigüedad y son apreciados por su sabor y su valor

nutricional. Cabe mencionar que, de manera natural o accidental, los animales también ingieren hongos como parte de su alimentación; por ejemplo, los macromicetos como las setas (*Pleurotus* spp.), que crecen y se encuentran entre la pastura (Van der Heijden et al., 2015; Guzmán, 1979) (figura 2).

**Figura 2**  
**Basidiomas del género *Pleurotus***



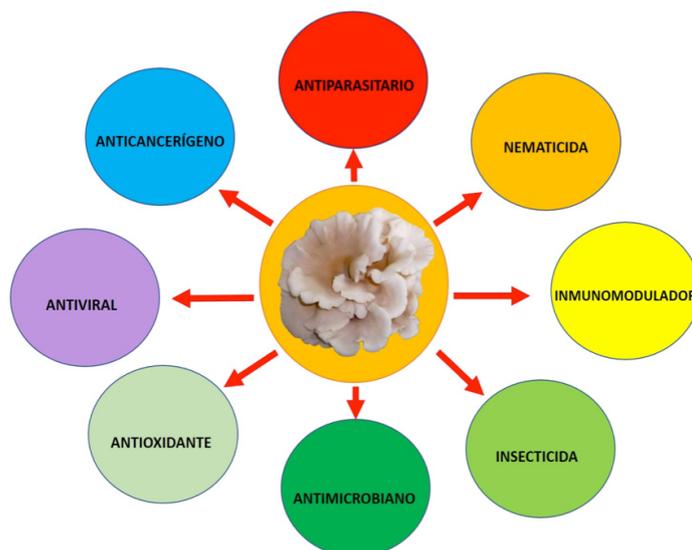
Foto: Elaboración propia.

Estos organismos, perceptibles a simple vista, absorben la materia orgánica muerta de los residuos donde crecen, además de que pueden parasitar en diversas plantas o vivir en simbiosis con ellas formando ectomicorrizas. Se ha demostrado que estas setas poseen diversas propiedades, que van desde los efectos antiparasitarios hasta los efectos antimicrobianos (figura 3, ver p. 4).

Con relación al efecto antiparasitario, Pineda et al. (2017) demostraron que los metabolitos del hongo *Pleurotus djamor* tienen actividad contra el parásito *Haemonchus contortus*. El efecto anticancerígeno de *Peurotus* spp. se ha demostrado en líneas celulares de cáncer al utilizar extractos de su micelio (Contreras-Ochoa et al., 2022).

En el caso del efecto antiviral de los hongos comestibles, Urbancikova et al. (2020) demostraron la eficacia del pleuran (un beta-glucano de *Pleurotus ostreatus*) en el manejo de la infección por el virus herpes simplex tipo 1. Por su parte, Bakir et al. (2018) demostraron las actividades antioxidantes del hongo *Pleurotus ostreatus* almacenado a distintas temperaturas.

**Figura 3**  
**Diversos efectos benéficos de las setas del género *Pleurotus***



Fuente: Elaboración propia.

Chon et al. (2018) demostraron que el *Pleurotus eryngii* mostró actividad antibacteriana contra los patógenos *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus criceti*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus ratti*, *Streptococcus sobrinus* y *Actinomyces viscosus*. Los autores concluyeron que el *Pleurotus eryngii* puede ser considerado un agente antibacteriano natural en el tratamiento de enfermedades bacterianas dentales.

Con relación al efecto insecticida, Pino et al. (2019) observaron dicha actividad contra el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky en extractos de *Pleurotus ostreatus*.

El efecto inmunomodulador de los hongos comestibles ha sido revisado recientemente por Zhao et al. (2020), quienes indican que las setas son ricas en fibra dietética, aminoácidos esenciales, minerales y muchos componentes bioactivos, especialmente los relacionados con las funciones del sistema inmune de los humanos. Los hongos comestibles, señalan los autores, contienen diversos componentes inmunorreguladores, como los terpenos y los terpenoides, lectinas, proteínas inmunomoduladoras fúngicas (FIPS por sus siglas en inglés) y polisacáridos. La distribución de dichos componentes difiere entre las especies de hongos, y la potencia de su actividad de inmunomodulación varía dependiendo de sus estructuras básicas y la composición química de sus fracciones.

La actividad nematocida de *Pleurotus* fue descrita primero por Barron y Thorn (1987), y recientemente corroborada en el nematodo parásito *Haemonchus contortus* por Rodríguez et al. (2021).

## Nutracéuticos

El término de valor nutracéutico es utilizado para describir las propiedades tanto nutritivas como benéficas para la salud, en este caso, la actividad antiparasitaria, particularmente la antihelmíntica. Para este tipo de clasificaciones, es necesario considerar los macronutrientes, la presencia de compuestos secundarios, la calidad nutricional, la ausencia de actividad tóxica y su digestibilidad. Además, para considerar las propiedades antihelmínticas, es necesario realizar un conjunto de bioensayos en el laboratorio sobre diferentes fases del parásito a evaluar (Hoste et al., 2008).

La aplicación de productos nutracéuticos en la dieta de los animales surge a partir de la utilización de los recursos disponibles en las zonas de pastoreo para mantener y cuidar la vegetación en su ambiente, así como para aprovechar sus propiedades nutricionales y sobre la salud de los animales (Sandoval-Castro et al., 2012).

Los hongos comestibles poseen propiedades antihelmínticas y nutricionales, además de que tienen una potencial aplicación sustentable como nutracéuticos en la ganadería (Vieira et al. 2017). Es necesario realizar más estudios en el laboratorio y pensar de manera analítica para aprovechar los recursos naturales disponibles en el ambiente.

## Referencias

- Aguilar-Marcelino, L., Mendoza-de-Gives, P., Torres-Hernández, G., López-Arellano, M. E., Becerril-Pérez, C. M., Orihuela-Trujillo, A., Torres-Acosta, J. F. J. y Olmedo-Juárez, A. (2017). Consumption of nutritional pellets with *Duddingtonia flagrans* fungal chlamydospores reduces infective nematode larvae of *Haemonchus contortus* in faeces of Saint Croix lambs. *Journal of Helminthology*, 91(6), 665-671. <https://doi.org/10.1017/S0022149X1600081X>
- Bakir, T., Karadeniz, M. y Unal, S. (2018). Investigation of antioxidant activities of *Pleurotus ostreatus* stored at different temperatures. *Food Science & Nutrition*, 6(4), 1040-1044. <https://doi.org/10.1002%2Ffsn3.644>
- Barron, G. L. R. y Thorn, G. (1987). Destruction of nematodes by species of *Pleurotus*. *Canadian Journal of Botany*, 65(4), 774-778. <https://doi.org/10.1139/b87-103>
- Chon, I. Y., Yu, E. J., Yu, S. C., Lee, J. Y. Jung, S. H. y Oh, T. J. (2018). The antibacterial effect of *Pleurotus eryngii* extracts on oral bacteria. *Journal of Korean Society of Dental Hygiene*, 18(1), 9-18. <https://doi.org/10.13065/jksdh.2018.18.01.9>
- Contreras-Ochoa, C. O., Maza-López, J., Mendoza de Gives, P., Aguilar-Marcelino, L., Mojica-Cardoso, C., Dimas-González, J., Fernández-Coto, D. L., Reyna-Figueroa, J., López-Arellano, M. E. y Lagunas-Martínez, A. (2022). Cell death induction by mycelium extracts from *Pleurotus* spp. on cervical cancer cell lines. *Natural Product Research*. <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2045604>

- Guzmán, G. (1979). *Identificación de los hongos: comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera*. Limusa.
- Hoste, H., Torres-Acosta, J. F. J., Alonso-Díaz, M. A., Brunet, S., Sandoval-Castro, C. y Adote, S. H. (2008). Identification and validation of bioactive plants for the control of gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Tropical Biomedicine*, 25, 56-72. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18414378/>
- Pérez-Cogollo, L. C., Rodríguez-Vivas, R. I., Basto-Estrella, G. S., Reyes-Novelo, E., Martínez-Morales, I., Ojeda-Chi, M. M. y Favila, M. E. (2018). Toxicidad y efectos adversos de las lactonas macrocíclicas sobre los escarabajos estercoleros: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(4), 1293-1314. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2508>
- Pineda-Alegría J. A., Sánchez-Vázquez, J. E., González-Cortázar, M., Zamilpa, A., López-Arellano, M. E., Cuevas-Padilla, E. J., Mendoza de Gives, P. y Aguilar-Marcelino, L. (2017). The edible mushroom *Pleurotus djamor* produces metabolites with lethal activity against the parasitic nematode *Haemonchus contortus*. *Journal of Medicinal Food*, 20(12), 1184-1192. <https://doi.org/10.1089/jmf.2017.0031>
- Pino, P., Silva-Aguayo, G., Figueroa-Cares, I., Gerding-González, M., Loyola, P., Castañeda-Ramírez, G. S. y Aguilar-Marcelino, L. (2019). Eficacia *in vitro* de extractos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* Kumm para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, ex Agro-Ciencia*, 35(3), 293-303. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000505>
- Rodríguez-Barrera, T. M., Téllez-Téllez, M., Sánchez, J. E., Castañeda-Ramírez, G. S., Acosta-Urdapilleta, M. L., Bautista-Garfias, C. R. y Aguilar-Marcelino, L. (2021). Edible mushrooms of the genus *Pleurotus* as biocontrol agents of parasites of importance for livestock. *Scientia Fungorum*, 52, e1375. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1375>
- Sandoval-Castro, C. A., Torres-Acosta, J. F. J., Hoste, H., Salem, A. Z. M. y Chan-Pérez, J. I. (2012). Using plant bioactive materials to control gastrointestinal tract helminths in livestock. *Animal Feed Science and Technology*, 176, 192-201. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.023>
- Torres-Acosta, J. F. J., Mendoza de Gives, P., Aguilar-Caballero, A. J. y Cuéllar-Ordaz, J. A. (2012). Anthelmintic resistance in sheep farms: Update of the situation in the American continent. *Veterinary Parasitology*, 189, 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.037>
- Urbancikova, I., Hudackova, D., Majtan, J., Rennerova, Z., Banovcin, P. y Jesenak, M. (2020). Efficacy of Pleuran ( $\beta$ -Glucan from *Pleurotus ostreatus*) in the management of herpes simplex virus type 1 infection. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020: 8562309. <https://doi.org/10.1155/2020/8562309>

- Van der Heijden, M. G. A., Martin, F. M., Selosse, M. A. y Sanders, I. R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New Phytologist*, 205(4), 1406-1423. <https://doi.org/10.1111/nph.13288>
- Vieira, T. M., Duarte Fonseca, L., Almeida Bastos, G., De Oliveira Vasconcelos, V., França Silva, M. L., Morais-Costa, F., De Paiva Ferreira, A. V., Faria de Oliveira, N. J. y Robson Duarte, E. (2017). Control of *Haemonchus contortus* in sheep using basidiocarps of *Agaricus blazei* Murril. *Veterinary Research Communications*, 41(2), 99-106. <https://doi.org/10.1007/s11259-017-9677-x>
- Zhao, S., Gao, Q., Rong, C., Wang, S., Zhao, Z., Liu, Y. y Xu, J. (2020). Immunomodulatory effects of edible and medicinal mushrooms and their bioactive immunoregulatory products. *Journal of Fungi*, 6(4), 269. <https://doi.org/10.3390/jof6040269>

## ARTÍCULOS

# *Debaryomyces hansenii*: una nueva levadura probiótica

## *Debaryomyces hansenii*: A new probiotic yeast

### Miriam Angulo

ORCID: 0000-0002-0503-0108

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR)

### Martha Reyes Becerril

ORCID: 0000-0002-1149-577X

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR)

### Carlos Angulo

ORCID: 0000-0002-7965-1679

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR)

#### RESUMEN

Los probióticos son bichos diminutos cuyo consumo genera efectos benéficos en la salud. De hecho, la palabra *probiótico* significa 'pro-vida'. Algunas levaduras, como la utilizada para hacer pan o cerveza, pueden ser probióticos para animales y humanos. Desde hace algunos años, los estudios con la levadura *Debaryomyces hansenii* han demostrado que ésta es un probiótico. Se ha demostrado que, administrada por vía oral, esta levadura tiene efectos estimulantes del sistema de defensa y beneficios para la función digestiva de animales terrestres y acuáticos. Por lo anterior, se describen los hallazgos que revelan que *D. hansenii* es un probiótico para animales y posiblemente para humanos.

#### ABSTRACT

Probiotics are tiny bugs that when consumed have beneficial effects on health. In fact, the word probiotic means pro-life. Some yeasts, such as that used to make bread or beer, can be probiotics for animals and humans. For some years, studies with the yeast *Debaryomyces hansenii* indicate that it is a probiotic. This yeast administered orally has been shown to have stimulating effects on the defense system and beneficial effects on the digestive function of terrestrial and aquatic animals. Therefore, we will try to describe the findings of *D. hansenii* that indicate that it is a probiotic for animals and possibly also for humans.

#### PALABRAS CLAVE

probióticos, bienestar, microbios, enfermedad, supervivencia

#### KEY WORDS

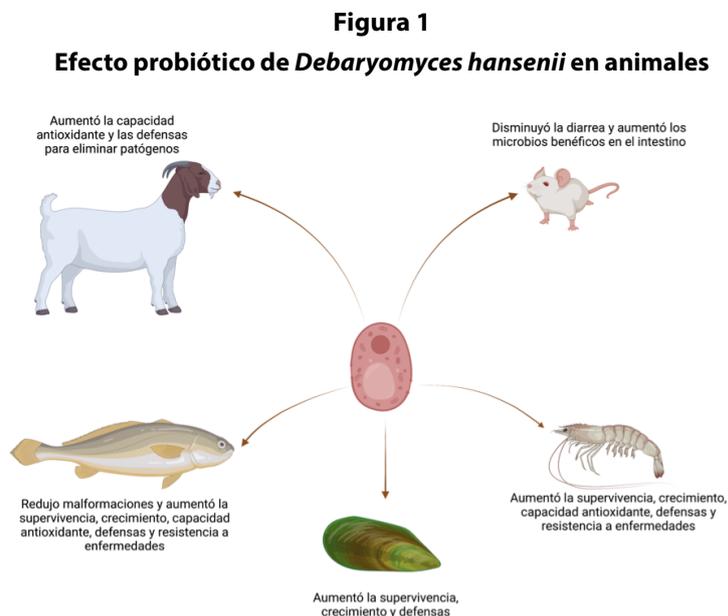
probiotics, wellbeing, microbes, disease, survival

## Introducción

Los patógenos resistentes a los antibióticos representan un problema de preocupación mundial, especialmente los patógenos de los animales, ya que también causan enfermedades en humanos. Ante esto, se necesitan otras alternativas para combatir padecimientos; una de ellas es usar levaduras.

Las levaduras son microbios que se utilizan en la vida diaria, por ejemplo, para la elaboración de pan y pizzas. También existen levaduras que funcionan como probióticos. ¿Qué es un probiótico? Es un microbio que al ser consumido tiene efectos benéficos en el organismo. ¿Cuáles son los efectos benéficos de los probióticos? Principalmente: estimular las defensas del cuerpo, evitar infecciones por patógenos, promover el desarrollo del sistema digestivo y regular los microorganismos benéficos en el intestino. Un probiótico ideal cumpliría con las cuatro funciones. Para desarrollar dichas funciones, un probiótico debe al menos ser seguro (no causar daño), poder soportar el pH ácido del estómago y ser capaz de unirse al intestino.

La mayoría de las levaduras probióticas comerciales son cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces boulardii*. Aunque se han estudiado otras levaduras, los resultados de experimentos con *Debaryomyces hansenii* han demostrado que algunas cepas son probióticas para animales terrestres y acuáticos (Angulo et al., 2020).<sup>1</sup> ¿Cuál es el motivo de eso? A continuación, se explica por qué esta levadura es probiótica para animales (figura 1).



Los estudios del potencial probiótico se han realizado en cabritos, ratones, peces, camarones y abulón.

Fuente: Elaboración propia.

<sup>1</sup> En el artículo citado se encuentran las referencias de los estudios aquí explicados.

## **Efecto probiótico de *Debaryomyces hansenii* en animales terrestres**

### *Caprinos*

El único reporte del uso de *D. hansenii* como probiótico en rumiantes (animales que tienen rumen, como vacas, ovejas y venados) fue realizado en cabritos recién nacidos. El estudio inició probando si la cepa *D. hansenii* CBS 8339 era capaz de adherirse a su intestino; se demostró que podía sobrevivir al pH del estómago (abomaso) y unirse al intestino de estos animales. También se demostró que la levadura es segura, pues no provocó daño alguno.

Con esos resultados, el siguiente objetivo fue determinar si la levadura estimulaba las defensas y la capacidad antioxidante de los cabritos; es decir, si era capaz de evitar el daño de las células por la oxidación. El experimento consistió en mezclar la levadura con 5 mL de leche de las madres; posteriormente, la mezcla se administró a los cabritos desde el día del nacimiento hasta el día 30. Para saber qué pasaba, se tomaron muestras de sangre los días 15 y 30 después del nacimiento.

Los resultados indicaron que los parámetros de defensa y antioxidantes en la sangre aumentaron en los cabritos suplementados con la levadura, especialmente al día 15. Es decir, el estado de salud de los cabritos mejoró e incluso mostraron mayor capacidad para eliminar la bacteria *Escherichia coli*, patógeno común causante de diarrea en caprinos.

### *Ratones (un modelo para humanos)*

Cuatro estudios han confirmado que *D. hansenii* es una levadura probiótica para ratones, y podría serlo también para las personas, puesto que son un modelo para humanos. Estos estudios demostraron que la administración oral de la levadura en los ratones disminuía la diarrea causada por el uso de antibióticos y mejoraba el tipo y la cantidad de microbios benéficos en el intestino, con lo que se evitaba la presencia de patógenos. Con estas evidencias, se necesitaría hacer estudios en personas para saber si *D. hansenii* es un probiótico apto para humanos.

## **Efecto probiótico de *Debaryomyces hansenii* en animales acuáticos**

### *Peces*

El mayor número de estudios (nueve reportes científicos) que prueban la *Debaryomyces hansenii* como probiótico en animales ha sido en peces. Esta historia inicia con el primer reporte de la presencia de la levadura en el intestino de la trucha arcoíris (*Salmo gairdneri*) y el rodaballo (*Scophthalmus maximus*), un pez plano como el lenguado.

Se cultivó la cepa *D. hansenii* HF1 y se demostró que tenía la capacidad de unirse al intestino de varios peces. Además, su administración en la dieta de la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*), un pez que habita las costas de Baja California Sur, redujo las

malformaciones de huesos y aumentó la supervivencia y la capacidad de digestión de alimentos de los peces. Lo más interesante es que esos resultados fueron mejores que los encontrados en los peces suplementados con la levadura probiótica *S. cerevisiae*.

Se han reportado otros estudios con distintas especies de peces que viven en México y Europa. En todos ellos, el uso de la *D. hansenii* en la dieta ha incrementado las defensas, la capacidad antioxidante, la supervivencia y la resistencia de los peces a enfermedades causadas por patógenos.

#### *Camarones*

Tres estudios demostraron que *D. hansenii* es un probiótico para los camarones. La cepa *D. hansenii* s8 administrada en el alimento incrementó la resistencia (supervivencia) a la enfermedad causada por el virus de la mancha blanca en camarones de la India (*Fenneropenaeus indicus*). Este efecto fue incluso mayor que en camarones suplementados con la levadura *S. cerevisiae* y se relacionó con el aumento en las defensas de los animales.

De forma similar, la administración de la cepa *D. hansenii* LL1 en la dieta del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) aumentó la actividad antioxidante de sus células de defensa. Incluso, la ingesta de *D. hansenii* (junto con otros microbios benéficos) en la dieta y en el agua aumentó la supervivencia y el crecimiento de este crustáceo.

#### *Moluscos*

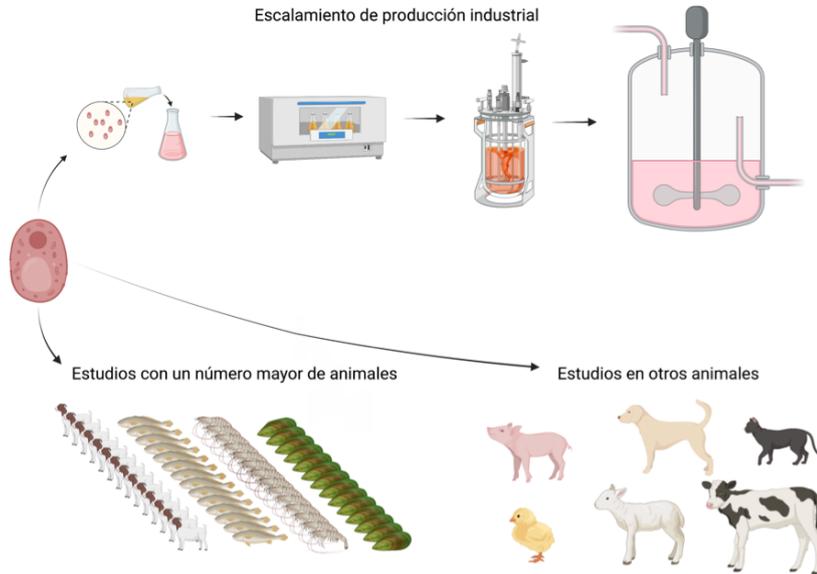
Entre todos los moluscos, sólo se han realizado experimentos en el abulón (*Haliotis midae*) para saber el efecto probiótico de *D. hansenii* AY1. En los estudios se mezcló la levadura con otros probióticos conocidos y se demostró que los abulones crecieron más rápido y se incrementaron sus defensas, además de que sobrevivió un mayor número. Un hallazgo interesante en los abulones fue observar que los probióticos se unieron al intestino y que mejoró la capacidad de digestión de alimentos.

El primer obstáculo para que *Debaryomyces hansenii* se use como probiótico es que se requiere la producción de la levadura a nivel industrial. El segundo es que se necesita confirmar los resultados haciendo estudios con más ejemplares, desde 100 hasta más de 1000, dependiendo del animal de interés. Incluso se podrían realizar estudios en otras especies, como pollos, lechones, corderos, terneras, perros y gatos. De tal suerte, estas situaciones representan necesidades para dicho propósito (figura 2, p. 5).

### **¿Qué sigue? El futuro cercano**

Si la evidencia científica demuestra que *D. hansenii* es una levadura probiótica, ¿por qué no se está usando ya en animales en todo el mundo? Existen algunas explicaciones.

**Figura 2**  
**Necesidades para que *Debaryomyces hansenii* se use como probiótico a nivel mundial**



Fuente: Elaboración propia.

La primera es que se requiere producir la levadura no sólo en el laboratorio, es decir, es necesario desarrollar un proceso de producción a nivel industrial. Afortunadamente, ya existen algunos estudios que demuestran que con la aplicación de buenas prácticas es posible producir *D. hansenii* en cantidades similares a las de *S. cerevisiae*.

La segunda es que se necesita confirmar los resultados por medio de estudios con cantidades mayores de animales, desde 100 hasta más de 1000, dependiendo del animal de interés. Incluso se podrían realizar investigaciones con otras especies, incluidos los animales de compañía (perros y gatos). Como la mayoría de los estudios se han llevado a cabo en animales acuáticos, se espera que las cepas probióticas de *D. hansenii* sean incorporadas primero en la acuicultura.

Una ventaja es que *D. hansenii* se podría cultivar usando agua marina, lo cual reduciría costos si se comparan con los de *S. cerevisiae*. Otro hallazgo interesante es que algunas cepas de *D. hansenii* han mostrado mejor funcionamiento como probióticos que otras de *S. cerevisiae*. Estas evidencias son importantes porque actualmente se comercializan estas últimas cepas como probióticos y todavía ninguna de *D. hansenii*.

Algunos resultados sobresalientes al usar células de humanos indican el potencial de *D. hansenii* como probiótico para las personas. En los experimentos realizados se ha

demostrado que la levadura se puede unir al intestino de las personas, sobrevivir a las condiciones del estómago y estimular sus defensas incluso mejor que la levadura comercial *S. cerevisiae* var. *boulardii*. De hecho, los experimentos en ratas, conejos y pollos demostraron que la cepa *D. hansenii* no es tóxica y podría ser segura para humanos.

Se pueden realizar muchos otros estudios, sobre todo porque desde 2004 se conoce el material genético (responsable de la herencia) de *D. hansenii* para su manejo y aprovechamiento con el fin de reducir el uso de antibióticos que provocan resistencia en patógenos que enferman a animales y humanos.

### **Conclusión**

Desde hace más de treinta años se ha investigado el potencial probiótico de *D. hansenii*. Científicos de diferentes partes del mundo confirman que esta levadura es probiótica para animales y potencialmente para los seres humanos. Los efectos probióticos que hasta el momento han sido demostrados en animales incluyen mejoras en el crecimiento, en la función digestiva de alimentos y en el tipo y cantidad de microbios benéficos en el intestino, así como un aumento tanto de las defensas como de la resistencia a enfermedades causadas por patógenos. Si alguna industria produce las cepas probióticas de esta levadura, tendría en el sector de la acuicultura de peces y camarones una oportunidad propicia para su comercialización.

### **Referencias**

Angulo, M., Reyes-Becerril, M., Medina-Córdova, N., Tovar-Ramírez, D., Angulo, C. (2020). Probiotic and nutritional effects of *Debaryomyces hansenii* on animals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, 7689-7699. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10780-z>

## ARTÍCULOS

# ARN mensajero (mRNA), una molécula con potencial aplicación terapéutica y preventiva

*Messenger RNA (mRNA), a molecule with potential therapeutic and preventive application*

### Gabriela Rosas

ORCID: 0000-0002-9902-308X

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### Raúl José Bobes Ruiz

ORCID: 0000-0003-2553-5661

Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

### Jacquelyne Cervantes Torres

ORCID: 0000-0002-2610-2860

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

### Edda Sciutto

ORCID: 0000-0001-5608-5355

Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

### Gladis Fragoso

ORCID: 0000-0003-3885-1858

Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

## RESUMEN

Los ácidos nucleicos (ADN y ARN) tienen la importante función de almacenar, expresar y transmitir la información genética de los seres vivos. El ADN actúa como "repositorio" de la información, en el núcleo de las células, y el ARN mensajero (mRNA) transmite esa información al sitio de síntesis. Esta propiedad permite utilizar al mRNA como agente terapéutico o para la generación de inmunidad contra organismos patógenos. En particular es interesante el diseño de vacunas basadas en mRNA que se han probado con éxito contra el COVID-19, además del uso del mRNA contra enfermedades no infecciosas, entre ellas la diabetes tipo 1, la hemofilia, el asma y ciertos tipos de cáncer, incluyendo el melanoma. Las posibilidades terapéuticas del mRNA son muy amplias.

## PALABRAS CLAVE

mRNA, vacunas, enfermedades crónicas, inmunización, tratamiento novedoso

## ABSTRACT

Nucleic acids (DNA and RNA) have the important function of storing, expressing and transmitting the genetic information of living beings. DNA acts as an information "repository" in the cells nucleus, and the messenger RNA (mRNA) "transmits" that information to the site of synthesis. This property allows mRNA to be used as a therapeutic agent or for the generation of immunity against pathogenic organisms. Particularly interesting is the design of mRNA-based vaccines, which have been successfully tested against COVID-19, in addition to the use of mRNA against non-infectious diseases, including type 1 diabetes, hemophilia, asthma and certain types of cancer, including melanoma. The therapeutic possibilities of mRNA are very broad.

## KEY WORDS

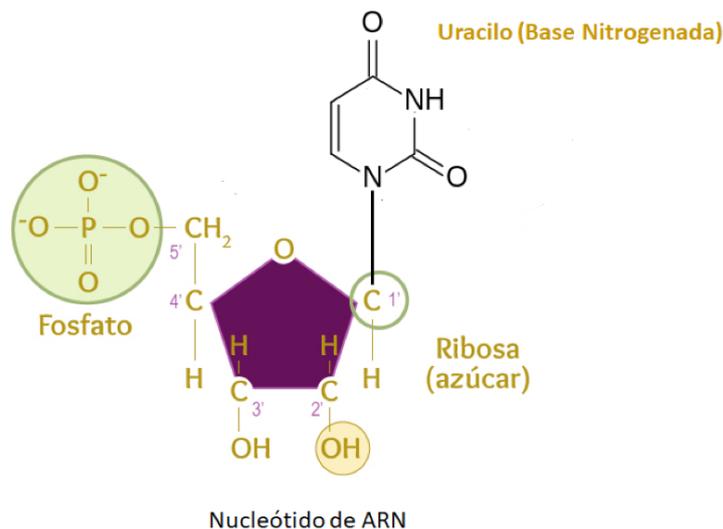
mRNA, vaccines, chronic diseases, immunization, novel treatment

## Generalidades del ADN y del ARN

El principio de la vida se basa en la presencia de dos macromoléculas conocidas como ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA, por las siglas en inglés de *deoxyribonucleic acid*) y ácido ribonucleico (ARN o RNA, por las siglas en inglés de *ribonucleic acid*), cuya función radica en almacenar, expresar y transmitir la información genética de los seres vivos. Algunos organismos, como los virus, sólo contienen ARN, mientras que la mayor parte de los seres vivos contienen además ADN.

Estas macromoléculas están constituidas por cuatro moléculas conocidas como bases nitrogenadas, que para el caso del ADN son adenina (A), timina (T), guanidina (G) y citosina (C); mientras que para el ARN son uracilo (U), adenina, guanidina y citosina. Cada una de estas bases se acopla a un azúcar (ribosa) para dar lugar a los nucleósidos, los cuales se unen a un grupo fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ) para interactuar entre ellos, lo que da lugar a los nucleótidos (figura 1). Esta interacción se da entre la adenina y la timina o el uracilo, así como entre la guanidina y la citosina. A partir de estas moléculas se genera un lenguaje particular y único que le indica a una célula qué proteína deberá formarse. Este lenguaje está sujeto a la combinación de tres nucleótidos que crean una estructura llamada codón, y la combinación de varios codones conforma un gene.

**Figura 1**  
**Estructura representativa de un nucleótido**



El nucleótido se constituye por un grupo fosfato que se une al carbono 5' de un azúcar de cinco carbonos (pentosa), que en este caso corresponde a la ribosa, y cuyo carbono 1' se une a la base nitrogenada que se representa como un uracilo.

Fuente: Elaboración propia.

Un codón codifica para los aminoácidos, que son la base estructural de las proteínas, y la particular organización de los nucleótidos en codones ha sido denominada código genético. Así, la información genética de un individuo está contenida en el ADN, el cual traduce el mensaje en forma de ARN (proceso conocido como transcripción), y a partir del ARN que queda como mensajero (mRNA) se sintetizan las proteínas (proceso conocido como traducción). Si bien ésta es una descripción muy general de la formación de las proteínas, lo importante es enfatizar que, a la vista del actual conocimiento, es el ADN y no el ARN el que puede, bajo ciertas circunstancias, modificar la genética de un individuo.

### **El mRNA como potencial agente terapéutico para enfermedades no infecciosas**

Sin duda, en los últimos años hemos sido testigos de la revolución científica biotecnológica, en la cual destacan las estrategias de secuenciación masiva del ADN, las cuales han permitido identificar las variaciones genéticas que pueden influir en una expresión adecuada de proteínas, y esto puede desencadenar el desarrollo de diferentes enfermedades. La posibilidad de crear una medicina más dirigida a través de la inyección del mRNA que codifica a la proteína que el paciente no produce en las cantidades adecuadas, o la produce con alteraciones debido a cambios genéticos o modificaciones postraduccionales, ha abierto una nueva ventana de oportunidades para la medicina terapéutica personalizada (Sahin et al., 2014).

Se observó que la gran ventaja de inyectar el mRNA en lugar del ADN es que éste requiere entrar al núcleo de la célula para de ahí dar lugar al mRNA, mientras que la inyección directa del mRNA no necesita entrar al núcleo, sino que la proteína en cuestión puede expresarse directamente en el citosol (Sahin et al., 2014). Relacionado con esto, queda implícito que el ARN, a diferencia del ADN, no tiene posibilidades de integrarse al genoma del individuo, al no entrar al núcleo, lo que aumenta la seguridad de este tipo de intervención.

El principio de emplear al mRNA como agente terapéutico implica su producción y purificación *in vitro* para posteriormente inyectarlo al individuo y que se introduzca a la célula diana, cuya maquinaria de expresión de proteínas producirá la proteína funcional correspondiente (figura 3B, p. 6). Desde los primeros experimentos con inyecciones de mRNA en el músculo de ratones (Wolf et al., 1990) se han realizado múltiples ensayos y estudios de fases clínicas, los cuales han demostrado el potencial de esta macromolécula para tratar patologías asociadas a una baja o ineficiente expresión de una proteína en particular; para este tipo de intervención se acuñó el término *farmacología del mRNA* (Kallen y Theß et al., 2014).

La tabla 1 (p. 4) presenta algunos de los estudios que han empleado la introducción de mRNA con potencial terapéutico, de manera importante buscando el reemplazo de una proteína. Como se observa, se han realizado esfuerzos para proponer terapias para enfermedades hematológicas (anemia), oncológicas (cáncer de mama, neuroblastoma, linfoma), cardíacas (miocarditis autoinmune), metabólicas (hipercolesterolemia, amiloidosis, acidemia

metilmalónica, diabetes) y otras enfermedades (fibrosis pulmonar y hepática, porfiria aguda, fibrosis quística y alergias).

**Tabla 1**  
**Terapias propuestas para el reemplazo de proteínas empleando mRNA**

Enfermedad	Proteína a reemplazar mediante el mRNA	Referencia
Diabetes autoinmune	IL-4	Creusot et al., 2010
Diabetes insípida	Vasopresina	Jirikowski et al., 1992
Anemia	Eritropoyetina	Karikó et al., 2012
Asma	FoxP3	Mays et al., 2013
Desorden del ciclo de la urea	Arginasa 1	Asrani et al., 2018
Acidemia metilmalónica	Metilmalonil-Coenzima A mutasa	An et al., 2017
Infarto de miocardio	Factor de crecimiento vascular endotelial	Zangi et al., 2013
Melanoma	Bax	Okumura et al., 2008
Miocarditis autoinmune	IL-10	Zimmermann et al., 2012.
Procesos inflamatorios exacerbados	IL-10	Levy et al., 2013
Fibrosis quística	Regulador de la conductancia transmembranal	Robinson et al., 2018
Porfiria aguda	Porfobilinógeno deaminasa	Jiang et al., 2018
Hemofilia	Factor IX de la coagulación (FIX)	DeRosa et al., 2016

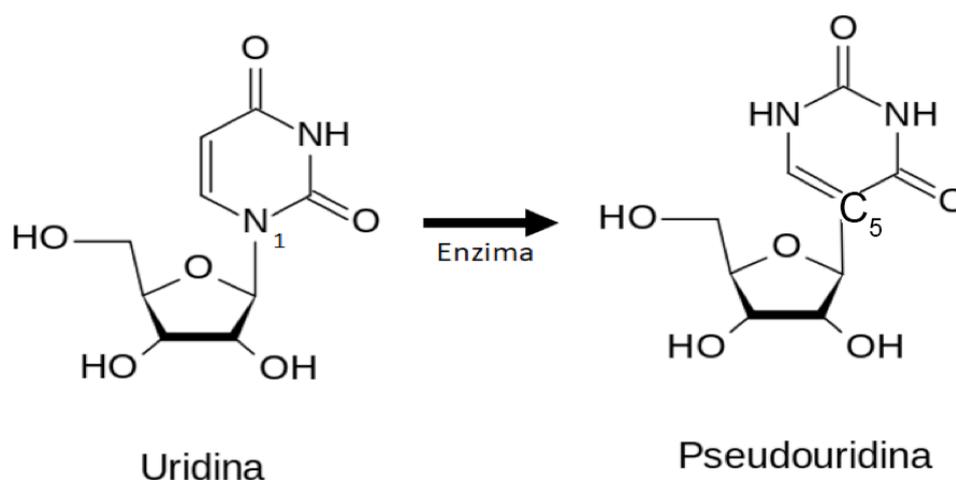
Fuente: Elaboración propia.

La base del éxito de las terapias basadas en la inyección del mRNA radica, por un lado, en su capacidad de evitar el reconocimiento por parte del sistema inmune innato, y, por otro, en optimizar su entrada a la célula blanco en la que se expresará la proteína en cuestión.

Cuando una célula se encuentra con el ARN (sea mensajero o de otro tipo), éste es reconocido por un conjunto de moléculas de la célula (conocidas como receptores) del sistema inmune innato; dentro de éstos se encuentran los TLR3 y TLR7/8, que detectan el ARN de doble cadena y el ARN de cadena sencilla, respectivamente, así como los receptores tipo RIG-1 (por las siglas en inglés de *retinoic acid inducible gene*), que detectan el ARN corto de doble cadena. La detección del mRNA por estos receptores inhibe su transcripción para producir la proteína que codifica (Hornung et al., 2008; Karikó et al., 2004), pero además despierta una respuesta inmunoinflamatoria (Wang et al., 2021), la cual, se ha demostrado, genera un severo daño en los animales que han recibido el ARN.

Karikó et al. (2005) y Weissman (2015) hicieron una importante contribución para evitar el reconocimiento del ARN del sistema inmune innato: reemplazaron la uridina por pseudouridina (nucleósido que existe en la naturaleza, principalmente en otro tipo de ARN conocido como de transferencia o RNAT) (figura 2), proceso que además permitió incrementar la producción de la proteína hasta mil veces más con respecto al ARN no modificado. Por otro lado, se conoce que los mRNA que contienen la modificación de N1-metilpseudouridina (m1Ψ), sola o en combinación con 5-metilcitosina (m5C), superaron a la actual plataforma de mRNA de última generación modificada con pseudouridina (Ψ) o m5C/Ψ, pues proporcionaron ~44 veces (cuando se comparan mRNA doblemente modificados) o ~13 veces (cuando se comparan mRNA modificados individuales) una mayor expresión del gen informador tras la transfección en líneas celulares o ratones, respectivamente (Andries et al., 2015). Esta importante contribución sentó las bases de la forma en la que actualmente se preparan las formulaciones de terapias basadas en la administración de mRNA, ya sea con fines terapéuticos o como vacunas (figura 3, p. 6).

**Figura 2**  
**Estructura química de la uridina y la pseudouridina**



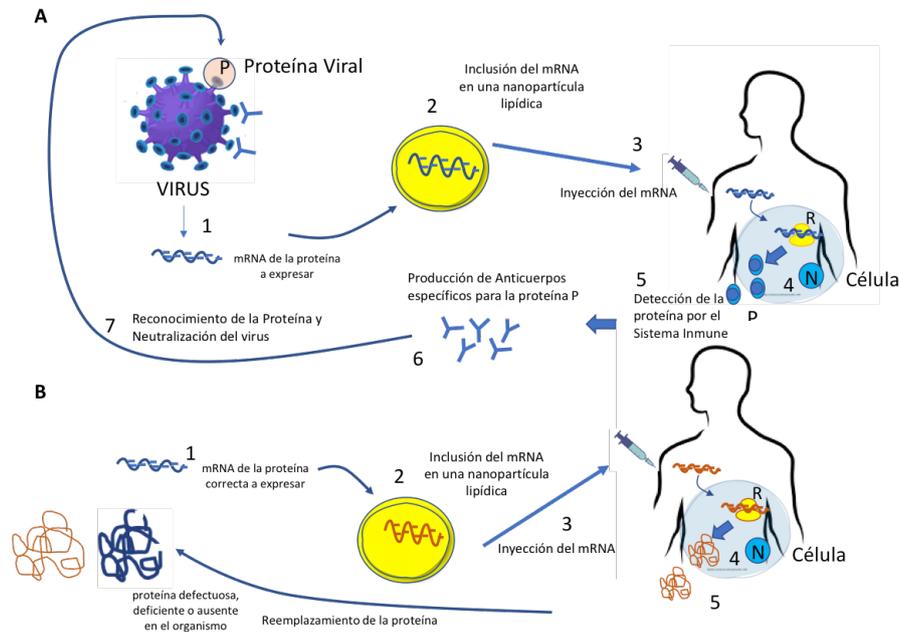
La principal diferencia de estas dos bases nitrogenadas para la formación del nucleótido es que la uridina se une a la pentosa por medio del nitrógeno 1, mientras que la pseudouridina lo hace por el carbono 5.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la optimización de la entrada del mRNA a la célula blanco, se han propuesto distintos materiales seleccionados con base en las propiedades fisicoquímicas del mRNA (tamaño y carga electrostática). Dentro de éstos destacan los lípidos y materiales tipo lípidos conocidos como lipoides, con los cuales se han preparado formulaciones como liposomas,

nanopartículas lipídicas (NPL o LPN, por las siglas en inglés de *lipid nanoparticles*) o emulsiones lipídicas (Weng et al., 2020).

**Figura 3**  
**Inyección del mRNA como estrategia de vacunación y como terapia de reemplazo**



A. Inyección del mRNA como estrategia de vacunación. Una vez que se identifica la proteína con capacidades inmunogénicas y protectoras, se produce el mRNA que la sintetiza, sustituyendo el uracilo por pseudouracilo para proteger el mRNA del reconocimiento por parte del sistema inmune (1). El mRNA se formula con una nanopartícula lipídica para favorecer su entrada a la célula blanco (2). Una vez que el mRNA formulado se inyecta intramuscularmente (3), éste se introduce en la célula blanco, donde se acoplará a los ribosomas que se encuentran en el citosol para producir la proteína inmunogénica (4), la cual se liberará al espacio extracelular, donde será reconocida por células de la respuesta inmune innata (células dendríticas) (5). Después de varios eventos de maduración de la respuesta inmune se producen anticuerpos específicos (6) y células de la respuesta adaptativa (linfocitos T y B), los cuales, en conjunto, protegerán al organismo contra el virus infeccioso. Los anticuerpos son capaces de reconocer la proteína y así evitar que, a través de ella, el virus pueda infectar a las células blanco (7).

B. Inyección del mRNA como terapia de reemplazo de proteínas ausentes, funcionalmente deficientes o defectuosas. El mecanismo de producción de la proteína deficiente o ausente es muy similar al descrito para vacunas, sólo que en este caso, como la proteína a reemplazar la expresa el organismo, éste no la reconoce como ajena y, por lo tanto, no se despierta una respuesta inmune contra ella. N: núcleo, P: proteína, R: ribosomas.

Fuente: Elaboración propia.

## **Vacunas de mRNA para el control de agentes patógenos**

Inicialmente se hicieron algunos ensayos para transferir el mRNA como fuente de vacuna al individuo introduciendo células dendríticas autólogas transfectadas *ex vivo* con el mRNA en cuestión (Benteyn et al., 2015; Boczkowski et al., 1996; Heiser et al., 2002; Koido et al., 2000). Este proceso resulta muy eficiente en términos de vacunación, ya sea de forma preventiva o terapéutica, ya que las células dendríticas se dirigirán a los órganos linfoides, en donde pueden presentar el antígeno o la proteína que se expresa a partir del mRNA que se introdujo en ellas.

Por otro lado, esta forma de introducir el mRNA dentro de las células lo protege de una posible degradación, puesto que impide el comienzo de una respuesta inmune contra el propio mRNA, y también resuelve el problema de entrega del mRNA dentro de las células, para que a partir de ellas se exprese la proteína en cuestión. A la capacidad de una molécula de inducir una respuesta inmune se le conoce como inmunogenicidad. Como se mencionó anteriormente, los primeros ensayos de la introducción del mRNA al organismo sin emplear células dendríticas como vehículo de entrada y sistema de expresión de la proteína mostraron que el organismo es capaz de despertar una respuesta inmunoinflamatoria mediada por el mRNA, vía receptores de reconocimiento.

La introducción del mRNA en células *ex vivo* también es una estrategia para impedir su degradación, dada la gran abundancia de RNAsas (enzimas que degradan al ARN), ya sea en el medio ambiente o a nivel extracelular. Sin embargo, este procedimiento resulta costoso y laborioso, pues requiere obtener células dendríticas del propio individuo (Heiser et al., 2002). Las contribuciones de Karikó (2005) y Weissman (2015), al modificar el ARN y prevenir que sea reconocido por los receptores de la respuesta innata, cambiaron sin duda el curso de lo que hoy se conoce como vacunas de mRNA.

Como se observa en la tabla 2 (p. 8), se han elaborado vacunas basadas en mRNA que se encuentran en distintas fases de estudios preclínicos y clínicos contra diversos patógenos causantes de enfermedades infecciosas, principalmente virales, como el VIH sida (Bogers et al., 2015; Pollard et al., 2013), chikunguña (August et al., 2021), rabia (Aldrich et al., 2021; Alberer et al., 2017), zika (Medina et al., 2021), ébola (Meyer et al., 2018), influenza (Bahl et al., 2017), así como otras vacunas experimentales contra parásitos como el de la malaria (Mallory et al., 2021) y la toxoplasmosis (Luo et al., 2017).

Los avances obtenidos en el desarrollo de vacunas basadas en mRNA permitieron rápidamente el desarrollo de vacunas contra el virus SARS-COV-2, lo cual ha contribuido críticamente al control de la pandemia. Dos vacunas basadas en mRNA se liberaron al mercado para su aplicación, la de Pfizer-BioNTech y la de Moderna (Lamb 2021; Mahase, 2020); ambas emplean el sistema de modificación de los nucleósidos de uridina por pseudouridina, lo que brinda

mayor estabilidad al mRNA, y ambas formulan la vacuna empleando NPL, que ha mostrado eficacia para su administración intramuscular (Hassett et al., 2019).

**Tabla 2**  
**Vacunas en distintos estados de estudios clínicos dirigidas a enfermedades virales humanas**

Agente infeccioso	Nombre de la vacuna (patrocinador)	Fase de estudio	Referencia o número de registro del ensayo clínico
Chikunguña	mRNA-1944 (Moderna)	Fase I	NCT03829384
Rabia	CV7201 (CureVac)	Fase I	NCT02241135
Influenza	val-339851 (Moderna) mRNA-1010 (Moderna)	Fase I Fase II	NCT03345043 NCT04956575
Zika	mRNA-1893 (Moderna)	Fase I	NCT04917861
Ébola	Ad26.zebov (Janssen) MVA-BN-Filo (Janssen)	Fase III	NCT02509494
Virus sincial respiratorio	mRNA-1345 (Moderna)	Fase I	NCT04528719
Virus de inmunodeficiencia humana (VIH)	mRNA-1644 (Moderna) mRNA-1644v2-Core (Moderna)	Fase I	NCT05001373
Citomegalovirus	mRNA-1647 (Moderna)	Fase II	NCT04232280
SARS-CoV-2	mRNA-1273 (Moderna) BNT162b2 (Pfizer-BioNTech)	Aprobada Aprobada	Lamb, 2021 Mahase, 2020

Fuente: Elaboración propia.

Este sistema de presentación de nanopartículas lipídicas se estabiliza utilizando polietilenglicol, el cual genera una capa hidrofílica que aumenta la vida media del mRNA vacunal. Si bien estas presentaciones han generado el aumento de la estabilidad, se han descrito algunas reacciones alérgicas que parecen estar asociadas al PEG, pero se han revertido sin daños colaterales de gravedad.

Una vez que el mRNA ha ingresado al organismo, éste se introduce a las células y emplea la maquinaria de la propia célula para sintetizar la proteína en un inmunógeno, el cual será reconocido por el sistema inmune y despertará una respuesta inmune humoral (representada por anticuerpos) y celular (representada por células T y B) que nos protegerá de la infección o de un proceso patológico grave (figura 3A, p. 6).

## Conclusiones y perspectivas

Esta breve descripción de algunas posibilidades terapéuticas del ARN claramente lo señalan como una plataforma muy prometedora para el desarrollo de nuevas terapias personalizadas y vacunas de alta eficiencia en el control de diferentes enfermedades. Actualmente, existe un área de intensa investigación que persigue el aumento de la estabilidad de esta molécula para lograr mayor eficiencia y versatilidad de esta nueva herramienta, que representa un nuevo arsenal para el mejoramiento de la salud humana y animal.

## Referencias

- Alberer, M., Gnad-Vogt, U., Hong, H. S., Mehr, K. T., Backert, L., Finak, G., Gottardo, R., Bica, M. A., Garofano, A., Koch, S. D., Fotin-Mleczek, M., Hoerr, I., Clemens, R. y Von Sonnenburg, F. (2017). Safety and immunogenicity of a mRNA rabies vaccine in healthy adults: an open-label, non-randomised, prospective, first-in-human phase 1 clinical trial. *The Lancet*, 390(10101), 1511-1520. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31665-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31665-3)
- Aldrich, C., Leroux-Roels, I., Huang, K. B., Bica, M. A., Loeliger, E., Schoenborn-Kellenberger, O., Walz, L., Leroux-Roels, G., Von Sonnenburg, F. y Oostvogels, L. (2021). Proof-of-concept of a low-dose unmodified mRNA-based rabies vaccine formulated with lipid nanoparticles in human volunteers: A phase 1 trial. *Vaccine*, 39(8), 1310-1318. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.12.070>
- An, D., Schneller, J. L., Frassetto, A., Liang, S., Zhu, X., Park, J. S., Theisen, M., Hong, S. J., Zhou, J., Rajendran, R., Levy, B., Howell, R., Besin, G., Presnyak, V., Sabnis, S., Murphy-Benenato, K. E., Kumarasinghe, E. S., Salerno, T., Mihai, C., Lukacs, C. M., Chandler, R. J., Guey, L. T., Venditti, C. P. y Martini, P. G. V. (2017). Systemic messenger RNA therapy as a treatment for methylmalonic acidemia. *Cell Reports*, 21(12), 3548-3558. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2017.11.081>
- Andries, O., Mc Cafferty, S., De Smedt, S. C., Weiss, R., Sanders, N. N., Kitada, T. (2015). N<sup>1</sup>-methylpseudouridine-incorporated mRNA outperforms pseudouridine-incorporated mRNA by providing enhanced protein expression and reduced immunogenicity in mammalian cell lines and mice. *Journal of Controlled Release*, 217, 337-44. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2015.08.051>
- Asrani, K. H., Cheng, L., Cheng, C. J. y Subramanian, R. R. (2018). Arginase I mRNA therapy. A novel approach to rescue arginase 1 enzyme deficiency. *RNA Biology*, 15(7), 914-922. <https://doi.org/10.1080/15476286.2018.1475178>
- August, A., Attarwala, H. Z., Himansu, S., Kalidindi, S., Lu, S., Pajon, R., Han, S., Lecerf, J. M., Tomassini, J. E., Hard, M., Ptaszek, L. M., Crowe, J. E. y Zaks, T. (2021). A phase 1 trial of lipid-encapsulated mRNA encoding a monoclonal antibody with neutralizing activity

- against Chikungunya virus. *Nature Medicine*, 27(12), 2224-2233. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01573-6>
- Bahl, K., Senn, J. J., Yuzhakov, O., Bulychev, A., Brito, L. A., Hassett, K. J., Laska, M. E., Smith, M., Almarsson, Ö., Thompson, J., Ribeiro, A. M., Watson, M., Zaks, T. y Ciaramella, G. (2017). Preclinical and clinical demonstration of immunogenicity by mRNA vaccines against H10N8 and H7N9 influenza viruses. *Molecular Therapy*, 25(6), 1316-1327. <https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2017.03.035>
- Benteyn, D., Heirman, C., Bonehill, A., Thielemans, K. y Breckpot, K. (2015). mRNA-based dendritic cell vaccines (2015). *Expert Review of Vaccines*, 14(2), 161-176. <https://doi.org/10.1586/14760584.2014.957684>
- Boczkowski, D., Nair, S. K., Snyder, D. y Gilboa, E. (1996). Dendritic cells pulsed with RNA are potent antigen-presenting cells in vitro and in vivo. *Journal of Experimental Medicine*, 184(2), 465-472. <https://doi.org/10.1084/jem.184.2.465>
- Bogers, W. M., Oostermeijer, H., Mooij, P., Koopman, G., Verschoor, E. J., Davis, D., Ulmer, J. B., Brito, L. A., Cu, Y., Banerjee, K., Otten, G. R., Burke, B., Dey, A., Heeney, J. L., Shen, X., Tomaras, G. D., Labranche, C., Montefiori, D. C., Liao, H. X., Haynes, B., Geall, A. J. y Barnett, S. W. (2015). Potent immune responses in rhesus macaques induced by nonviral delivery of a self-amplifying RNA vaccine expressing HIV type 1 envelope with a cationic nanoemulsion. *The Journal of Infectious Diseases*, 211(6), 947-955. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiu522>
- Creusot, R. J., Chang, P., Healey, D. G., Tcherepanova, I. Y., Nicolette, C. A. y Fathman, C. G. (2010). A short pulse of IL-4 delivered by DCs electroporated with modified mRNA can both prevent and treat autoimmune diabetes in NOD mice. *Molecular Therapy*, 18(12), 2112-20. <https://doi.org/10.1038/mt.2010.146>
- DeRosa, F., Guild, B., Karve, S., Smith, L., Love, K., Dorkin, J. R., Kauffman, K. J., Zhang, J., Yahalom, B., Anderson, D. G. y Heartlein, M. W. (2016). Therapeutic efficacy in a hemophilia B model using a biosynthetic mRNA liver depot system. *Gene Therapy*, 23, 699-707. <https://doi.org/10.1038/gt.2016.46>
- Hassett, K. J., Benenato, K. E., Jacquinet, E., Lee, A., Woods, A., Yuzhakov, O., Himansu, S., Deterling, J., Geilich, B. M., Ketova, T., Milhai, C., Lynn, A., McFyden, I., Moore, M. J., Seen, J. J., Stanton, M. G., Almarsson, Ö., Ciaramella, G. y Brito, L. A. (2019). Optimization of lipid nanoparticles for intramuscular administration of mRNA vaccines. *Molecular Therapy Nucleic Acids* 15, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.omtn.2019.01.013>
- Heiser, A., Coleman, D., Dannull, J., Yancey, D., Maurice, M. A., Lallas, C. D., Dahm, P., Niedzwiecki, D., Gilboa, E. y Vieweg, J. (2002). Autologous dendritic cells transfected with prostate-specific antigen RNA stimulate CTL responses against metastatic prostate tumors. *The Journal of Clinical Investigation*, 109(3), 409-17. <https://doi.org/10.1172/jci4364>

- Hornung, V., Barchet, W., Schlee, M. y Hartmann, G. (2008). RNA recognition via TLR7 and TLR8. *Handbook of Experimental Pharmacology*, 183, 71-86. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-72167-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-540-72167-3_4)
- Jiang, L., Berraondo, P., Jericó, D., Guey, L. T., Sampedro, A., Frassetto, A., Benenato, K. E., Burke, K., Santamaría, E., Alegre, M., Pejenaute, A., Kalariya, M., Butcher, W., Park, J. S., Zhu, X., Sabnis, S., Kumarasinghe, E. S., Salerno, T., Kenney, M.,... y Fontanellas, A. (2018). Systemic messenger RNA as an etiological treatment for acute intermittent porphyria. *Nature Medicine*, 24(12), 1899-1909. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0199-z>
- Jirikowski, G. F., Sanna, P. P., Maciejewski-Lenoir, D. y Bloom, F. E. (1992). Reversal of diabetes insipidus in Brattleboro rats: intrahypothalamic injection of vasopressin mRNA. *Science*, 255(5047), 996-998. <https://doi.org/10.1126/science.1546298>
- Kallen, K.-J. y Theß, A. (2014). A development that may evolve into a revolution in medicine: mRNA as the basis for novel, nucleotide-based vaccines and drugs. *Therapeutic Advances in Vaccines and Immunotherapy* 2(1), 10-31. <https://doi.org/10.1177/2051013613508729>
- Karikó, K., Ni, H., Capodici, J., Lamphier, M. y Weissman, D. (2004). mRNA is an endogenous ligand for Toll-like receptor 3. *Journal of Biological Chemistry*, 279(13), 12542-12550. <https://doi.org/10.1074/jbc.m310175200>
- Karikó, K., Buckstein, M., Ni, H. y Weissman, D. (2005). Suppression of RNA recognition by Toll-like receptors: The impact of nucleoside modification and the evolutionary origin of RNA. *Immunity*, 23(2), 165-175. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2005.06.008>
- Karikó, K., Muramatsu, H., Keller, J. M. y Weissman, D. (2012). Increased erythropoiesis in mice injected with submicrogram quantities of pseudouridine-containing mRNA encoding erythropoietin. *Molecular Therapy*, 20(5), 948-953. <https://doi.org/10.1038/mt.2012.7>
- Koido, S., Kashiwaba, M., Chen, D., Gendler, S., Kufe, D. y Gong, J. (2000). Induction of antitumor immunity by vaccination of dendritic cells transfected with MUC1 RNA. *The Journal of Immunology*, 165, 5713-5719. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.165.10.5713>
- Lamb, Y. N. (2021). BNT162b2 mRNA COVID-19 vaccine: first approval. *Drugs*, 81, 495-501. <https://doi.org/10.1007/s40265-021-01480-7>
- Levy, O., Zhao, W., Mortensen, L. J., Leblanc, S., Tsang, K., Fu, M., Phillips, J. A., Sagar, V., Anandakumaran, P., Ngai, J., Cui, C. H., Eimon, P., Angel, M., Lin, C. P., Yanik, M. F. y Karp, J. M. (2013). mRNA-engineered mesenchymal stem cells for targeted delivery of interleukin-10 to sites of inflammation. *Blood*, 122(14), e23-e32. <https://doi.org/10.1182/blood-2013-04-495119>
- Luo, F., Zheng, L., Hu, Y., Liu, S., Wang, Y., Xiong, Z., Hu, X. y Tan, F. (2017). Induction of protective immunity against *Toxoplasma gondii* in mice by nucleoside triphosphate hydrolase-II (NTPase-II) self-amplifying RNA vaccine encapsulated in lipid nanoparticle (LNP). *Frontiers in Microbiology*, 8, 605. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00605>

- Mahase, E. (2020). COVID-19: Moderna applies for US and EU approval as vaccine trial reports 94.1% efficacy. *BMJ*, 371, m4709. <https://doi.org/10.1136/bmj.m4709>
- Mallory, K. L., Taylor, J. A., Zou, X., Waghele, I. N., Schneider, C. G., Sibilo, M. Q., Punde, N. M., Perazzo, L. C., Savransky, T., Sedegah, M., Dutta, S., Janse, C. J., Pardi, N., Lin, P. J. C., Tam, Y. K., Weissman, D. y Angov, E. (2021). Messenger RNA expressing PfcSP induces functional, protective immune responses against malaria in mice. *NPJ Vaccines*, 6(84), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41541-021-00345-0>
- Mays, L. E., Ammon-Treiber, S., Mothes, B., Alkhaled, M., Rottenberger, J., Müller-Hermelink, E. S., Grimm, M., Mezger, M., Beer-Hammer, S., Von Stebut, E., Rieber, N., Nürnberg, B., Schwab, M., Handgretinger, R., Idzko, M., Hartl, D. y Kormann, M. S. (2013). Modified Foxp3 mRNA protects against asthma through an IL-10-dependent mechanism. *The Journal of Clinical Investigation*, 123(3), 1216-1228. <https://doi.org/10.1172/jci65351>
- Medina-Magües, L. G., Gergen, J., Jasny, E., Petsch, B., Lopera-Madrid, J., Medina-Magües, E. S., Salas-Quinchucua, C. y Osorio, J. E. (2021). mRNA vaccine protects against Zika virus. *Vaccines*, 9(12), 1464. <https://doi.org/10.3390/vaccines9121464>
- Meyer, M., Huang, E., Yuzhakov, O., Ramanathan, P., Ciaramella, G. y Bukreyev, A. (2018). Modified mRNA-based vaccines elicit robust immune responses and protect Guinea pigs from Ebola virus disease. *The Journal of Infectious Diseases*, 217(3), 451-455. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix592>
- Okumura, K., Nakase, M., Inui, M., Nakamura, S., Watanabe, Y. y Tagawa, T. (2008). Bax mRNA therapy using cationic liposomes for human malignant melanoma. *The Journal of Gene Medicine*, 10(8), 910-917. <https://doi.org/10.1002/jgm.1214>
- Pollard, C., Rejman, J., De Haes, W., Verrier, B., Van Gulck, E., Naessens, T., De Smedt, S., Bogaert, P., Grooten, J., Vanham, G. y De Koker, S. (2013). Type I IFN counteracts the induction of antigen-specific immune responses by lipid-based delivery of mRNA vaccines. *Molecular Therapy*, 21(1), 251-259. <https://doi.org/10.1038/mt.2012.202>
- Robinson, E., MacDonald, K. D., Slaughter, K., McKinney, M., Patel, S., Sun, C. y Sahay, G. (2018). Lipid nanoparticle-delivered chemically modified mRNA restores chloride secretion in cystic fibrosis. *Molecular Therapy*, 26(8), 2034-2046. <https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2018.05.014>
- Sahin, U., Karikó, K. y Türeci, Ö. (2014). mRNA-based therapeutics: developing a new class of drugs. *Nature Reviews Drug Discovery*, 13(10), 759-780. <https://doi.org/10.1038/nrd4278>
- Wang, Y., Zhang, Z., Luo, J., Han, X., Wei, Y. y Wei, X. (2021). mRNA vaccine: a potential therapeutic strategy. *Molecular Cancer*, 20, 33. <https://doi.org/10.1186/s12943-021-01311-z>
- Weissman, D. (2015). mRNA transcript therapy. *Expert Review of Vaccines*, 14(2), 265-281. <https://doi.org/10.1586/14760584.2015.973859>

- Weng, Y., Li, C., Yang, T., Hu, B., Zhang, M., Guo, S., Xiao, H., Liang, X. J. y Huang, Y. (2020). The challenge and prospect of mRNA therapeutics landscape. *Biotechnology Advances*, 40, 107534. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107534>
- Wolff, J. A., Malone, R. W., Williams, P., Chong, W., Acsadi, G., Jani, A. y Felgner, P. L. (1990). Direct gene transfer into mouse muscle in vivo. *Science*, 247(4949 pt. 1), 1465-1468. <https://doi.org/10.1126/science.1690918>
- Zangi, L., Lui, K. O., Von Gise, A., Ma, Q., Ebina, W., Ptaszek, L. M., Später, D., Xu, H., Tabebordbar, M., Gorbatov, R., Sena, B., Nahrendorf, M., Briscoe, D. M., Li, R. A., Wagers, A. J., Rossi, D. J., Pu, W. T. y Chien, K. R. (2013). Modified mRNA directs the fate of heart progenitor cells and induces vascular regeneration after myocardial infarction. *Nature Biotechnology*, 31(10), 898-907. <https://doi.org/10.1038/nbt.2682>
- Zimmermann, O., Homann, J. M., Bangert, A., Müller, A. M., Hristov, G., Goeser, S., Wiehe, J. M., Zittrich, S., Rottbauer, W., Torzewski, J., Pfitzer, G., Katus, H. A. y Kaya, Z. (2012). Successful use of mRNA-nucleofection for overexpression of interleukin-10 in murine monocytes/macrophages for anti-inflammatory therapy in a murine model of autoimmune myocarditis. *Journal of the American Heart Association*, 1(6), e003293. <https://doi.org/10.1161/jaha.112.003293>

## ARTÍCULOS

# La regeneración del bosque después de un incendio

## *Forest regeneration after a fire*

### **Cristina Martínez-Garza**

ORCID: 0000-0002-9310-564X/[cristina.martinez@uaem.mx](mailto:cristina.martinez@uaem.mx)

Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC),  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### **Iris Juan-Baeza**

Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación,  
Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC),  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### **Kenya León-Carvajal**

ORCID: 0000-0003-0401-949X

Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación,  
Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC),  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

### **Miriam Hernández-Hernández**

ORCID: 0000-0001-5861-6906

Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación,  
Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC),  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

## RESUMEN

Después de un evento de incendio se pueden realizar acciones de restauración ecológica dependiendo de la severidad del incendio y del potencial de regeneración natural del bosque. La severidad de incendio se puede evaluar con herramientas de sistemas de información geográfica y confirmarla mediante observación directa del estado de la vegetación y del suelo. El potencial de regeneración es alto (alta densidad y riqueza de plántulas) en bosques dependientes del fuego que experimentaron baja o media severidad de incendio; ahí se sugiere favorecer la regeneración natural mediante la exclusión de la perturbación. El potencial de regeneración es bajo en bosques que experimentaron alta severidad de incendio por lo que se sugiere la siembra directa de semillas o el establecimiento de plantaciones de restauración.

## PALABRAS CLAVE

bosque de coníferas, encinos, Huitzilac, pinos,  
Santa María Ahuacatitlán, Tepoztlán

## ABSTRACT

Restoration intervention might be necessary in burned forests depending in the fire severity and the potential for natural forest regeneration. The fire severity can be evaluated with remote information tools, and it should be confirmed in the field with direct observation of the state of the vegetation and the soil. Regeneration potential is high (i. e., high density and richness of seedlings) in fire-dependent forest which experienced low fire severity; there, it is suggested to favor natural regeneration by excluding disturbance. Regeneration potential is low in forests which experienced high fire severity and therefore, direct seeding or establishment of restoration plantings is suggested.

## KEY WORDS

coniferous forest, oaks, Huitzilac, pines,  
Santa María Ahuacatitlán, Tepoztlán

## **Introducción**

Los ecosistemas pueden recuperar su estructura y función original después de una perturbación. Una perturbación es un evento que altera un ecosistema al cambiar la disponibilidad de los recursos (Begon et al., 1987). Cuando la perturbación es pequeña, por ejemplo, la muerte de un árbol, el proceso de recuperación se denomina regeneración natural; por otra parte, cuando la perturbación es más grande e incluye el reemplazo de especies a lo largo del tiempo, el proceso es llamado sucesión natural (Begon et al., 1987). Las perturbaciones permiten el mantenimiento de la biodiversidad en los ecosistemas; la hipótesis de la perturbación intermedia de Connell (1978) señala que, a niveles intermedios de perturbación, se alcanza la biodiversidad más alta, mientras que en escenarios de muy alta o muy baja perturbación la biodiversidad disminuye.

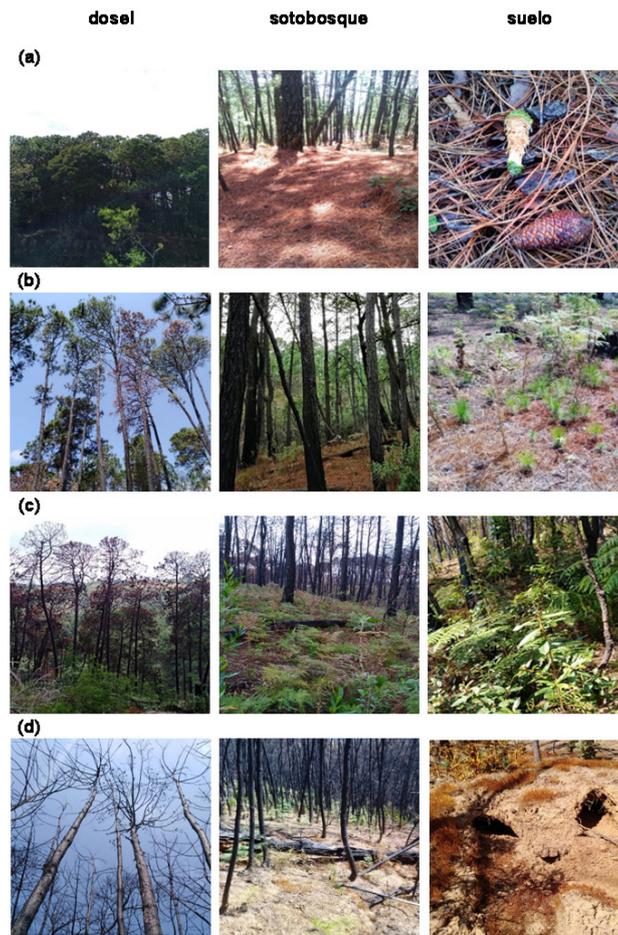
Los incendios son perturbaciones que afectan de manera diferencial a los ecosistemas. Los llamados ecosistemas propensos o dependientes del fuego acumulan combustible, como la hojarasca; tienen una estación seca suficientemente larga para que estos combustibles se sequen y, al quemarse, favorezcan la propagación del fuego (Hardesty et al., 2006; Myers, 2006). Entre los ecosistemas dependientes se cuentan los bosques de coníferas, como los de pino (Jardel-Peláez, 2010). Además, los árboles de los ecosistemas dependientes tienen adaptaciones, como las cortezas gruesas, que les permiten recuperarse después de un incendio; estos árboles pueden tener incluso características que favorecen el fuego, como la producción en sus hojas de aceites altamente inflamables (Pausas, 2012).

Por otra parte, están los ecosistemas llamados reluctantes o independientes del fuego que no favorecen la propagación del fuego (Jardel-Peláez et al., 2014); estos ecosistemas son muy húmedos, como el bosque mesófilo de montaña, o producen poco combustible inflamable, como la selva estacional o el bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 2006). El efecto de los incendios podría ser más adverso en la selva estacional porque los árboles no pueden rebrotar después de un incendio, como lo hacen los encinos en los bosques dependientes del fuego.

## **Régimen de incendios**

El régimen de incendios se refiere al conjunto de características de los incendios que experimenta un ecosistema. Entre ellas se cuenta la frecuencia y la severidad de los incendios; la severidad incluye el efecto del fuego en la vegetación y en el suelo (Jardel-Peláez et al., 2014) (figura 1): los incendios de cualquier severidad siempre eliminan la capa de hojarasca, lo que puede favorecer la germinación de las semillas que están debajo de esta capa; sin embargo, la hojarasca también es la protección que tiene el suelo para evitar la erosión (Maass et al., 1988).

**Figura 1**  
**Dosel, sotobosque y suelo**



Dosel, sotobosque y suelo del bosque no quemado (a), y bosque que experimentó un incendio de severidad baja (b), media (c) y alta (d) en 2017 en el paraje El Fresno, Cuernavaca, Morelos, México.

Fotografías: Iris Juan Baeza y Kenia León Carvajal.

Los incendios de baja severidad no dañan el suelo ni el arbolado; los de mediana severidad pueden llegar a causar la muerte de una parte del arbolado, y finalmente, un incendio de alta severidad puede quemar la hojarasca, las semillas en el suelo y toda la vegetación del sotobosque, dejando el suelo desnudo y expuesto a la erosión (Jardel-Peláez et al., 2014). El cambio de uso de suelo, la fragmentación de los ecosistemas y el cambio climático global pueden provocar un aumento en la frecuencia o severidad de los incendios (Cerano-Paredes et al., 2015).

Por ejemplo, en los ecosistemas dependientes del fuego, la supresión de los incendios provoca la acumulación de combustibles, lo que resulta en el aumento en la severidad de los incendios (Brown y Arno, 1991; Cochrane, 2001; Hardesty et al., 2006). De acuerdo con la hipótesis de la perturbación intermedia de Connell (1978), si los incendios son de alta severidad o muy frecuentes incluso los bosques adaptados a esta perturbación podrían no recuperarse naturalmente, lo que resultaría en bosques de baja diversidad.

En una evaluación de la incidencia de incendios en el estado de Morelos en el periodo 2012-2016 se registraron 563 incendios, que afectaron 7078 ha (3,5% de la superficie forestal del estado). El primer ecosistema afectado por número de incendios y superficie fue el bosque de coníferas, incluyendo el bosque de pino y el de pino-encino y, en segundo lugar, la selva estacional (Juan-Baeza, 2020). Esta misma evaluación mostró una relación entre los meses de menor precipitación, mayor temperatura e incidencia de incendios: en febrero, marzo y abril se registró una precipitación de < 10 mm, mientras que la temperatura alcanzó los 25° C; en estos meses, la incidencia de incendios fue, en promedio, de 41 eventos por mes (Juan-Baeza, 2020).

El análisis de los datos de 2021 del Programa Estatal de Manejo del Fuego (Gobierno del Estado de Morelos, 2022, pp. 12-13) mostró resultados similares: el ecosistema más afectado fue el bosque de coníferas, que presentó 97 eventos de incendio y un área afectada de 3 904 ha, y en segundo lugar, la selva estacional, con 38 eventos y 858 ha afectadas. Ambas fuentes revelaron que las causas de los incendios son, en su mayoría, las actividades antropogénicas, como las quemadas agropecuarias y, en muy pocos casos, los eventos naturales, como los rayos. Ambas fuentes también coincidieron en que el municipio de Tepoztlán tiene una alta incidencia de incendios y que la mayoría de estos fueron causados intencionalmente.

Un análisis del 2009 al 2019 reveló que en los municipios de Huitzilac y Tepoztlán se han localizado las áreas con la mayor incidencia de incendios, las llamadas áreas críticas (Hernández-Hernández et al., 2021); actualmente, en estos municipios se está evaluando la relación entre la incidencia de incendios y factores sociales, como la conversión de tierras de tenencia social a privada, el cambio de uso de suelo y el porcentaje de área boscosa.

### **Regeneración no asistida y asistida**

El proceso de regeneración comienza con la germinación de una semilla y el posterior establecimiento de una plántula, pero ¿de dónde vienen las semillas? Las semillas pueden estar latentes en el suelo, lo que llamamos banco de semillas, o pueden llegar a un sitio por eventos de dispersión; las semillas pueden moverse con el viento, si tienen alguna estructura como alas o plumas, o pueden ser movidas por los animales si están contenidas en frutos carnosos (Howe y Smallwood, 1982) (figura 2).

**Figura 2**  
**Semillas, plántulas y reclutamiento natural**



Semillas (a), plántula del banco de semillas (b), y reclutamiento natural de pino (c); semillas de la hierba jaboncillo (*Phytolacca icosandra*; d), en El Fresno, Cuernavaca, Morelos, México.

Fotografías: Iris Juan Baeza y Kenia León Carvajal.

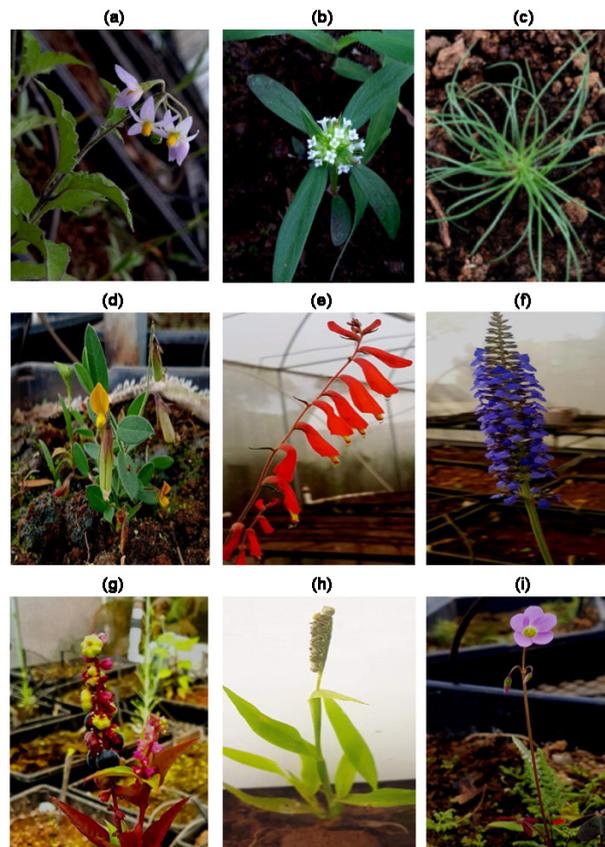
Debido a la temperatura de los incendios de alta severidad, las semillas del banco podrían calcinarse o perder su viabilidad, y si todos los árboles adultos mueren no habría fuentes de semillas. Si no hay semillas en el banco o éstas no llegan por eventos de dispersión debido a la distancia con otros bosques no quemados, el proceso de regeneración natural no ocurre.

Cuando una perturbación es muy grande o severa, es necesaria la intervención humana para que la regeneración comience o se acelere, lo que se denomina restauración ecológica (Gann et al., 2019). Antes de establecer acciones de restauración es necesario evaluar si se requiere de nuestra intervención. Esto se puede decidir mediante la medición del potencial de regeneración natural con variables bióticas, abióticas y sociales (revisado en Martínez-Garza et al., 2021). Algunas variables abióticas que sirven para medir el potencial de regeneración son la temperatura, la precipitación y atributos del suelo, como la compactación y la cantidad de nutrientes.

Dentro de las variables ecológicas que se pueden evaluar está el banco de semillas y el de plántulas. Por otra parte, para la evaluación de las variables sociales podemos usar el índice de desarrollo humano (United Nations Development Programme, 2022), que incluye la esperanza de vida, el nivel educativo y el ingreso, y que se ha usado para predecir el potencial de regeneración a nivel del país (Latawiec et al., 2016). El mayor potencial de regeneración se ha detectado en los países con niveles intermedios del índice de desarrollo humano. A nivel de estados, en Oaxaca, variables como mayor distancia a las áreas urbanas y a las carreteras predicen un mayor potencial de regeneración de la selva estacional en áreas con pendientes pronunciadas (Guerra-Martínez et al., 2019).

Medir el potencial de regeneración natural permite decidir qué intervención de restauración es necesaria en un sitio: cuando el potencial de regeneración es alto, es suficiente con detener la perturbación para que los procesos naturales permitan la recuperación del

**Figura 3**  
**Plantas de muestras de suelo posterior a un incendio**



Plantas obtenidas de muestras de suelo dos años después de un incendio en El Fresno, Cuernavaca, Morelos, México. *Solanum* sp. (a), *Borreria ocymoides* (b), *Juncus* sp. (c), *Crotalaria rotundifolia* (d), *Castilleja gracilis* (e), *Salvia* sp. (f), *Phytolacca icosandra* (g), *Paspalum* sp. (h), *Oxalis* sp. (i).

Fotografías: Iris Juan Baeza y Kenia León Carvajal.

ecosistema (i. e., regeneración no asistida). Cuando el potencial es bajo, se requiere asistir la regeneración con técnicas como la siembra directa (i. e., siembra de semillas directamente en el suelo; Lamb et al., 2005) o la plantación de árboles de especies nativas que han sido propagados en vivero (i. e., regeneración asistida).

En marzo de 2017, en el paraje El Fresno del ejido de Santa María Ahuacatlán, en Cuernavaca, Morelos, ocurrió un incendio que afectó 643 ha, de las cuales 241 ha correspondían a bosque de pino (Juan-Baeza, 2020). Los reportes oficiales mostraban que en este paraje no había ocurrido un incendio en por lo menos cinco años. Un año después del incendio se registró ahí mismo una abundancia mayor de plántulas establecidas en las áreas que experimentaron un

incendio de severidad baja y media en comparación con las áreas que experimentaron un incendio de alta severidad; el 98% de las plántulas registradas fueron de pino (figura 2c).

Además, en las áreas que experimentaron un incendio de severidad alta murieron más árboles grandes, lo que disminuyó la cobertura arbórea y la fuente de semillas (Juan-Baeza, 2020). El efecto de este incendio se evidenció en el espesor de la hojarasca incluso después de dos años; el menor espesor de hojarasca se registró en las áreas que experimentaron un incendio de alta severidad y se registraron muy pocas semillas en el suelo de sólo dos especies de hierbas, un árbol, tres especies que no pudieron identificarse y muy pocas semillas de pino, ya que la mayoría habían germinado (figura 2) (León-Carvajal, 2021).

Cuando algunas muestras de suelo se llevaron a un invernadero donde se regaron para favorecer la germinación de las semillas del banco, se registró una densidad de plántulas similar en los tres niveles de severidad, mientras que el número de especies en la severidad baja (28 especies) fue del doble en comparación con el registrado en la severidad alta (13 especies; figura 3). En ambos casos, la mayoría de las especies fueron hierbas y sólo dos leñosas fueron registradas, *Pinus* sp. y *Mimosa* sp. Sin la capa de hojarasca, el crecimiento de hierbas evita la erosión y puede aumentar la sobrevivencia de las plántulas de especies de sucesión temprana (Martínez-Garza et al., 2022). Esta evaluación mostró que los sitios que experimentaron un incendio de severidad baja o media tienen un alto potencial de regeneración natural, por lo que sería suficiente con eliminar la perturbación (i. e., incendios, ganadería, extracción de recursos) para que este bosque recupere su estructura y función original.

## Conclusiones

Después de un incendio se debe evaluar la severidad antes de comenzar con acciones de restauración ecológica; esto se puede hacer con herramientas de sistemas de información geográfica y después confirmar en el campo, mediante observación directa, el estado de la vegetación y el suelo (Juan-Baeza, 2020). También es necesario medir el potencial de regeneración natural, que puede ser mayor en sitios alejados de las áreas urbanas y las carreteras y también en aquellos con mayor pendiente. Después, hay que confirmar que en los sitios que experimentaron severidad baja o media esté ocurriendo la regeneración natural: hay germinación y crecimiento de plántulas de herbáceas y leñosas.

Una alta riqueza y abundancia de plantas demostraría un alto potencial de regeneración natural y se podría decidir intervenir mediante la regeneración no asistida, que involucra proteger los sitios de la perturbación por incendios o ganadería. Por otra parte, dado que la exclusión de la perturbación también puede favorecer el establecimiento de especies invasoras, como los helechos, que pueden detener la regeneración del bosque (Beltrán et al., 2020), se sugiere monitorear, al menos anualmente, los sitios afectados, y considerar la remoción de los helechos alrededor de las plántulas de leñosas.

**Figura 4**  
**Ejemplo de raíz expuesta después de la caída de un árbol**



Raíz expuesta después de la caída de un árbol en un bosque que experimentó un incendio de severidad alta en 2017 en el paraje El Fresno, Cuernavaca, Morelos, México.

Fotografía: Kenia León Carvajal.

Los incendios recurrentes o de alta severidad pueden eliminar el banco de semillas y la fuente de semillas (i. e., árboles reproductivos), lo que resultaría en sitios con bajo potencial de regeneración natural, por lo que se requieren acciones de regeneración asistida. En estos sitios también se debe comenzar por eliminar la perturbación. Si el suelo carece de una capa de herbáceas, podría evitarse la erosión mediante el uso de barricadas en los lugares con mucha pendiente y favorecer la protección del suelo con acolchados y con la siembra directa de hierbas y leñosas.

Para establecer las barricadas que disminuyen la erosión del suelo, se pueden talar los árboles muertos que están en peligro de caerse, ya que, si se caen solos, crean hoyos y cárcavas (figura 4). Para poder medir el potencial de regeneración es necesario esperar al menos un año, mientras que las acciones para detener la erosión del suelo, deben realizarse inmediatamente, antes de que comiencen las lluvias. Si el suelo está protegido por una capa de herbáceas, es posible realizar acciones de siembra directa de semillas de leñosas o plantar juveniles propagados en vivero, siempre tomando en cuenta las especies que son comunes en la zona.

Para disminuir la incidencia de incendios en las áreas críticas y evitar los incendios de alta severidad se sugiere: (1) que los dueños de la tierra establezcan una zonificación de

sus terrenos, poniendo especial atención en los límites de las áreas urbanas, el bosque y las áreas agropecuarias; (2) evaluar la acumulación de combustibles para planear quemas controladas e identificar la conectividad entre fragmentos de bosque, y (3) intensificar la vigilancia de las quemas agropecuarias cercanas a los bosques, sobre todo en los meses de febrero, marzo y abril.

En las áreas críticas se sugiere la restauración del paisaje, que busca recuperar los procesos ecológicos y mejorar el bienestar humano mediante el equilibrio de los ecosistemas naturales y productivos (Meli et al., 2019). El involucramiento de todos los actores clave, como los dueños de la tierra, gobierno, academia y organizaciones no gubernamentales, asegura la prevención de incendios de alta severidad y el éxito de la regeneración, ya sea asistida o no asistida.

## Referencias

- Begon, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1987). *Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Omega.
- Beltrán, L. C., Aguilar-Dorantes, K. M. y Howe, H. F. (2020). Effects of a recalcitrant understory fern layer in an enclosed tropical restoration experiment. *NeoBiota*, 59, 99-118. <https://doi.org/10.3897/neobiota.59.51906>
- Brown, J. K. y Arno, S. F. (1991). Overcoming the paradox in managing wildland fire. *Western Wildlands*, 17(1), 40-46. [https://www.frames.gov/documents/ttrs/arno\\_brown\\_1991\\_OvercomingTheParadoxInManagingWildlandFire.pdf](https://www.frames.gov/documents/ttrs/arno_brown_1991_OvercomingTheParadoxInManagingWildlandFire.pdf)
- Cerano-Paredes, J., Villanueva-Díaz, J., Cervantes-Martínez, R., Fulé, P., Yocom, L., Esquivel-Arriaga, G. y Jardel-Peláez, E. (2015). Historia de incendios en un bosque de pino de la sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Bosque (Valdivia)*, 36, 41-52. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000100005>
- Connell, J. H. (1978). Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Sciences*, 199(4335), 1302-1310. <https://doi.org/10.1126/science.199.4335.1302>
- Cochrane, M. A. (2001). Synergistic Interactions between Habitat Fragmentation and Fire in Evergreen Tropical Forests. *Conservation Biology*, 15(6), 1515-1521. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.01091.x>
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E. Shaw, N., Decler, K. y Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1-S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Gobierno del Estado de Morelos (2022). Programa Estatal de Manejo del Fuego 2022. <https://proteccioncivil.morelos.gob.mx/planes/incendiosforestales2018>

- Guerra-Martínez, F., García-Romero, A., Cruz-Mendóza, A. y Osorio-Olvera, L. (2019). Regional analysis of indirect factors affecting the recovery, degradation and deforestation in the tropical dry forests of Oaxaca, Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 40(3), 387-409. <https://doi.org/10.1111/sjtg.12281>
- Hardesty, B. D., Hubbell, S. P. y Bermingham, E. (2006). Genetic evidence of frequent long-distance recruitment in a vertebrate-dispersed tree. *Ecology Letters*, 9(5), 516-525. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00897.x>
- Hernández-Hernández, M., Juan-Baeza, I., Márquez-Hutzil, R. y Martínez-Garza, C. (2021, 19-24 de junio). *Change in land cover and use in critical areas of forest fires in the state of Morelos, Mexico* [ponencia]. Paper presented at The 9<sup>th</sup> World Conference on Ecological Restoration, Québec, Canada. <https://new.ser-rrc.org/resource/change-in-land-cover-and-use-in-critical-areas-of-forest-fires-in-the-state-of-morelos-mexico/>
- Howe, H. F. y Smallwood, J. (1982). Ecology of Seed Dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 201-228. <https://www.jstor.org/stable/2097067>
- United Nations Development Programme (2022). Human Development Index. <https://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>
- Jardel-Peláez, E. (2010). *Planificación del manejo del fuego*. Jalisco: Universidad de Guadalajara, Fundación Manantlán para la Biodiversidad de Occidente AC, Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible ac, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza AC. <https://www.ccmss.org.mx/acervo/planificacion-del-manejo-del-fuego/>
- Jardel-Peláez, E., Pérez-Salicrup, D., Alvarado, E. y Morfín Ríos, J. (2014). *Principios y criterios para el manejo del fuego en ecosistemas forestales: guía de campo*. Conafor. <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=727>
- Juan-Baeza, I. B. (2020). *Análisis espacial y ecológico de áreas afectadas por incendios forestales en Morelos*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. RIAA UAEM. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/1135>
- Lamb, D., Erskine, P. D. y Parrotta, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628-1632. <https://doi.org/10.1126/science.1111773>
- Latawiec, A. E., Crouzeilles, R., Brancalion, P. H. S., Rodrigues, R. R., Sansevero, J. B., Santos, J. S. y Strassburg, B. B. (2016). Natural regeneration and biodiversity: a global meta-analysis and implications for spatial planning. *Biotropica*, 48(6), 844-855. <https://doi.org/10.1111/btp.12386>
- León-Carvajal, K. (2021). *Efecto de la severidad de incendio en el banco de semillas de un bosque templado en Morelos*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. RIAA UAEM. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2495>

- Maass, J. M., Jordan, C. F. y Sarukhan, J. (1988). Soil Erosion and Nutrient Losses in Seasonal Tropical Agroecosystems Under Various Management Techniques. *Journal of Applied Ecology*, 25(2), 595-607. <https://doi.org/10.2307/2403847>
- Martínez-Garza, C., Méndez-Toribio, M., Ceccon, E. y Guariguata, M. R. (2021). Ecosystem restoration in Mexico: insights on the project planning phase. *Botanical Sciences*, 99(2), 242-256. <https://doi.org/10.17129/botsci.2695>
- Martínez-Garza, C., Campos-Alves, J., Valenzuela-Galván, D., Alba-García, L. y Nicolás-Medina, A. (2022). Siembra directa de árboles nativos para la restauración de la selva estacionalmente seca. *Acta Botanica Mexicana*, en prensa.
- Meli, P., Rey-Benayas, J. M. y Brancalion, P. H. S. (2019). Balancing land sharing and sparing approaches to promote forest and landscape restoration in agricultural landscapes: Land approaches for forest landscape restoration. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 17(4), 201-205. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.09.002>
- Myers, R. L. (2006). *Convivir con el fuego: Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el Manejo Integral del Fuego*. The Nature Conservancy. [https://www.conservationgateway.org/Documents/el\\_manejo\\_integral\\_del\\_fuego.pdf](https://www.conservationgateway.org/Documents/el_manejo_integral_del_fuego.pdf)
- Pausas, J. G. (2012). *Incendios forestales*. Catarata/CSIC.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. Conabio [https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf)

# inventio

La génesis de la cultura universitaria en Morelos

---

Año 18, núm. 44, 2022  
ISSN: 2448-9026 (digital)

---

SIGNIFICAR CON TEXTOS

## Fondo Editorial UAEM

- El trabajo colaborativo docente en la educación media superior
- Yecapixtla, la arquitectura de la luz
- Deliciosos recuerdos. Memorias y recetas del sur morelense
- El agrarismo radical en México. Una biografía política de Úrsulo Galván, Primo Tapia y José Guadalupe Rodríguez
- Territorios fragmentados. Posibles realidades latinoamericanas
- Universidad y diversidades desde la interdisciplina
- Enfoques sobre literatura infantil y juvenil
- La construcción de la paz
- La diadema de Virgo. Una novela transmedia
- México en el tiempo de la rabia. Arte y literatura de la guerra, el dolor y la violencia (2006-2018)



### **El trabajo colaborativo docente en la educación media superior**

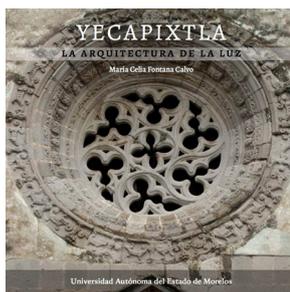
César Darío Fonseca Bautista, Luz Marina Ibarra Uribe,  
Rosana Santiago García

UAEM, Cuernavaca, 2020, 226 páginas

ISBN: 978-607-8784-03-5

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/el-trabajo-colaborativo-docente-en-la-educacion-media-superior/>

Ha pasado un lustro desde que comenzó a impulsarse en México el trabajo colegiado en la cultura docente de la educación media superior. Esta estrategia demanda profesores renovados, con relaciones basadas en la colaboración y el apoyo mutuo, una interacción que permita construir experiencias de aprendizaje a partir de conocimientos contextualizados. Este libro es resultado del esfuerzo de profesores e investigadores conscientes del papel central que desempeña la docencia en el proceso formativo de los jóvenes al interior de las instituciones de educación media superior. Se presentan reflexiones, experiencias, obstáculos y limitaciones para transitar hacia este esquema de trabajo colaborativo.



### **Yecapixtla, la arquitectura de la luz**

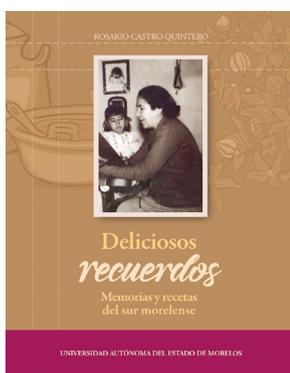
María Celia Fontana Calvo

UAEM, Cuernavaca, 2020, 67 páginas

ISBN: 978-607-8784-17-2

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/yecapixtla-la-arquitectura-de-la-luz-epub/>

Este libro busca facilitar al lector la comprensión de los elementos iconográficos más importantes expuestos en las dos fachadas del convento agustino de San Juan Bautista en Yecapixtla, Morelos. Se analiza la importancia otorgada a Juan Bautista, la promoción de la eucaristía y la adaptación de estructuras e imágenes de la antigüedad clásica. El famoso rosetón de Yecapixtla todavía sufre las consecuencias del temblor que en 2017 causó estragos en buena parte de México y especialmente en Morelos. Este libro muestra la necesidad de recuperarlo y de cuidar esta iglesia como parte del grupo de los primeros monasterios del siglo XVI declarados Patrimonio Mundial en 1994.



### **Deliciosos recuerdos. Memorias y recetas del sur morelense**

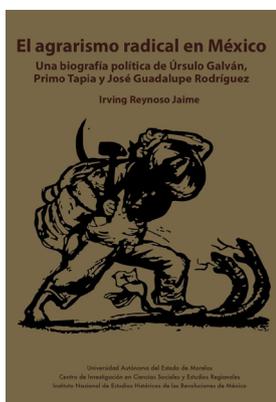
Rosario Castro Quintero

UAEM, Cuernavaca, 2020, 165 páginas

ISBN: 978-607-8784-01-1

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/deliciosos-recuerdos-memorias-y-recetas-del-sur-morelense/>

Rosario Castro nació y vivió en la antigua hacienda de San Miguel Treinta, municipio de Tlaltizapán, Morelos. Como nos narra en sus recuerdos —que ella misma ha calificado de “deliciosos”—, fue en el ámbito de la familia, del pueblo y del campo donde se inició y desarrolló su vínculo estrecho con la cocina, que ha sido el más importante eje articulador de su relación con la otredad. Por ello, en este libro la cocina no sólo se asimila como el lugar donde se preparan los alimentos, sino el espacio en el cual una actividad cotidiana se convierte en arte como un medio formativo, lúdico y transformador.



### **El agrarismo radical en México. Una biografía política de Úrsulo Galván, Primo Tapia y José Guadalupe Rodríguez**

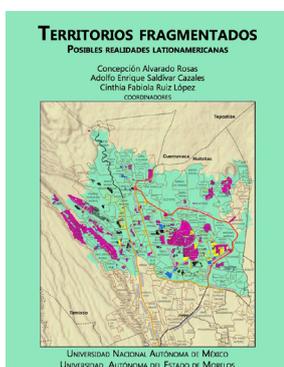
Irving Reynoso Jaime

UAEM/INEHRM, Cuernavaca, 2020, 124 páginas

ISBN: 978-607-8639-94-6

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/el-agrarismo-radical-en-mexico-una-biografia-politica-de-ursulo-galvan-primo-tapia-y-jose-guadalupe-rodriguez/>

En este trabajo se presenta una síntesis biográfico-política de Úrsulo Galván, luchador social de Veracruz; Primo Tapia, líder campesino de Michoacán, y José Guadalupe Rodríguez Favela, agrarista de Durango, quienes abanderaron en la década de 1920 las luchas campesinas con un programa agrario radical que planteaba la autonomía del movimiento campesino frente al Estado e incluso la necesidad de trascender el regionalismo. Este agrarismo hizo una crítica de las limitantes de sus antecesores y planteó objetivos más radicales, acorde con la militancia anarquista y comunista de sus líderes, en una época en que los restos del zapatismo y del villismo estaban siendo cooptados por los gobiernos posrevolucionarios.



### **Territorios fragmentados. Posibles realidades latinoamericanas**

Concepción Alvarado Rosas, Cinthia Ruiz López,  
Adolfo Enrique Saldívar Cazales (coords.)

UAEM/UNAM, Cuernavaca, 2021, 251 páginas

ISBN: 978-607-8784-24-0

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/territorios-fragmentados-posibles-realidades-latinoamericanas/>

El ritmo de crecimiento de las ciudades latinoamericanas ha llevado a revisar los resultados de la expansión no planeada y desregulada. Dos de esos resultados son la fragmentación y la segregación, que se han convertido en características comunes de las urbes de la región. Esto ha despertado el interés de investigaciones enfocadas en describir estos hechos y en medir sus consecuencias. Las expresiones de tales fenómenos abarcan desde la dimensión espacial hasta la social, sin menoscabo de varias otras, como la institucional. Esta obra presenta estudios sobre fragmentación y segregación urbana que parten de una revisión conceptual y buscan identificar variables para medir sus causas y efectos.



### **Universidad y diversidades desde la interdisciplina**

Cony Brunhilde Saenger Pedrero, Jorge Ariel Ramírez Pérez,  
Miriam de la Cruz Reyes (coords.)

UAEM/Juan Pablos Editor, Cuernavaca, 2020, 268 páginas

ISBN: 978-607-8639-85-4

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/universidad-y-diversidades-desde-la-interdisciplina/>

Las transformaciones económicas, políticas, sociales y culturales que hoy se presentan en el orden mundial tienen su origen en la globalización. En esta obra se analizan algunos mecanismos que están operando en las universidades a raíz de esas transformaciones; se desentrañan obstáculos y vías posibles que se involucran en las interacciones de las dimensiones política, económica, institucional, cultural, técnica y psicosocial; todo ello mediante diálogo, intercambio y cooperación con las disciplinas, para retomar de ellas teorías, metodologías y conceptos, con el objetivo de mostrar los marcos generales que permiten rastrear las causas de los problemas.



### **Enfoques sobre literatura infantil y juvenil**

Irene Fenoglio Limón, Lucille Herrasti y Cordero,

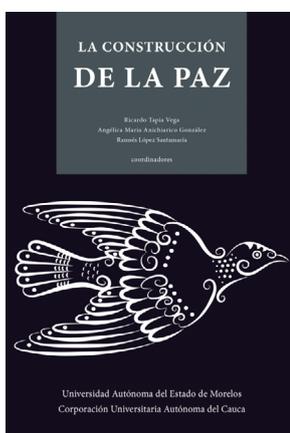
Zazilha Lotz Cruz García (coords.)

UAEM/Bonilla Artigas Editores, Cuernavaca, 2019, 135 páginas

ISBN: 978-607-8639-49-6

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/enfoques-sobre-literatura-infantil-y-juvenil/>

Este libro tiene su origen en el Primer Coloquio Multidisciplinario de Literatura Infantil y Juvenil, que se llevó a cabo en la UAEM en 2019, organizado por el cuerpo académico Estudios del Discurso. En sus páginas se reflexiona sobre la literatura infantil y juvenil desde distintos enfoques (teoría literaria, lingüística, historia, estudios culturales, estudios transmedia, derechos humanos y estudios de las diversidades) y se abarcan diversos géneros literarios, desde cuento, poesía y novela gráfica, hasta ficción transmedia y canciones infantiles, pasando por libros de texto y escolares.



### **La construcción de la paz**

Angélica María Anichiarico González, Ramsés López

Santamaría, Ricardo Tapia Vega (coords.)

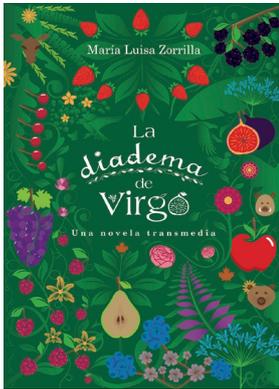
UAEM/Corporación Universitaria Autónoma del Cauca,

Cuernavaca, 2020, 513 páginas

ISBN: 978-607-8784-07-3

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/la-construccion-de-la-paz/>

Esta obra se compone de veinte trabajos en los cuales se reflexiona sobre temas relativos a la cultura de la paz, su concepción, promoción y líneas de acción para su realización. El tema central permite transitar entre distintas concepciones de paz y caminos para construir escenarios libres de violencia y aportar herramientas para mejorar procesos sociales, educativos, económicos, políticos, jurídicos, de salud, entre otros. Los capítulos muestran avances, retos y críticas en el abordaje de los procesos de construcción de paz que en un eje nos permite mirar ópticas nacionales (México y Colombia), y en otro, ópticas multidisciplinarias (derecho, pedagogía, sociología, entre otras).



### **La diadema de Virgo. Una novela transmedia**

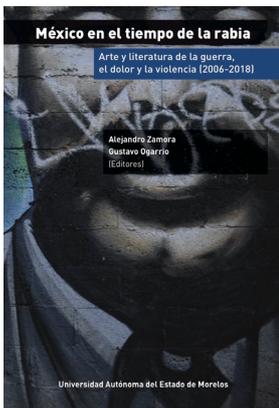
María Luisa Zorrilla Abascal

UAEM, Cuernavaca, 2021, 309 páginas

ISBN: 978-607-8784-23-3

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/la-diadema-de-virgo-una-novela-transmedia/>

Esta obra es la tercera entrega de la saga *Los elegidos*, serie de novelas mediante las cuales María Luisa Zorrilla hace una propuesta de interacción con la historia, que trasciende los límites físicos del libro-objeto, al invitar al lector a suplementar el acto de leer con otras formas de inmersión en la obra a través de los medios digitales. Esta novela le permite seguir acompañando a su protagonista, Sara, en una nueva etapa de su viaje, después de lo develado en las dos primeras entregas, *La flauta de Acuario* y *El abanico de Libra*.



### **México en el tiempo de la rabia. Arte y literatura de la guerra, el dolor y la violencia (2006-2018)**

Gustavo Ogarrio, Alejandro Zamora

UAEM, Cuernavaca, 2020, 167 páginas

ISBN: : 978-607-8639-96-0

Consulta: <http://libros.uaem.mx/producto/mexico-en-el-tiempo-de-la-rabia/>

En este libro se abordan dos aspectos importantes del México contemporáneo: por un lado, el arte, la literatura, el cine documental y el periodismo narrativo producidos durante y a causa de la *guerra contra el crimen organizado*; por otro, algunas de las condiciones histórico-culturales en las que dicha "guerra" se ha producido y algunas que ha generado. El libro busca indagar cuál es el tiempo que actualmente vive México en su heterogeneidad: cómo nombrarlo, representarlo y captar su articulación y desarticulación; qué define este tiempo, qué lo representa, qué no alcanzaremos a captar y qué pertenece ya a generaciones posteriores. Los autores proponen pistas y respuestas como un recurso artístico, social, político y comunitario que rescataría a México de una de las más grandes crisis de su historia.