inventio

La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Vol. 21, núm. 53, 2025 | ISSN DIGITAL: 2448-9026
DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53

ARTÍCULOS

Agentes físicos utilizados en fisioterapia en el tratamiento de la cicatriz hipertrófica
Physical agents used in physiotherapy in the treatment of hypertrophic scar
Omar López Jiménez, Avril Aguilar Gutiérrez, Valeria Rosales Morteo, Valeria Severino Parra

Concreto sustentable con adiciones de biomasa: un posible beneficio para el medio ambiente
Sustainable concrete with biomass additions: a possible benefit for the environment
Lorena del Carmen Santos Cortés, Óscar Velázquez Camilo, Sergio Aurelio Zamora Castro, María Elena Tejeda del Cueto

Uso medicinal de *cola de tlacuache* en San Juan Tlacotenco, Tepoztlán, Morelos
Medicinal use of cola del tlacuache in San Juan Tlacotenco, Tepoztlán, Morelos
María Inés Ayala Enríquez, Alejandro García Flores, Feliciano García Lara, Erika Román Montes de Oca

Taxonomía integrativa: la importancia de usar muchos caracteres para identificar especies
Integrative taxonomy: the importance of using numerous characters to identify species
Leopoldo Andrade Gómez, Alejandra López Jiménez, Gerardo Pérez Ponce de León

Infoquímicos o semioquímicos: un ejemplo de clasificación unificada usando triatominos
Infochemical or semiochemical: an example of a unified classification using triatomines
Julio C. Rojas, Leopoldo Cruz López, Alejandro Córdoba Aguilar, David Alavez Rosas

Experiencias en huertos escolares en instituciones de educación superior en Morelos
Experiences in school gardens at higher education institutions in Morelos
Claudia Giles-Sámano, Tannia Gioconda Mejía Mendoza, Víctor López Martínez, Martha Laura Garduño Millán

Videoarte interactivo con estructura de videojuego
Interactive video art with the structure of a video game
Pawel Anaszkiewicz

Cuidados para la vida y el bien común: una propuesta de educación pública desde las ciencias de la complejidad
Care for life and the common good: a proposal for public education since the complexity sciences
Estela Roselló Soberón, Patricia Peña González, Aleida Rueda Rodríguez, Romel Calero Ramos, Marco Antonio Rosas Pullido, Julia Tagüeña Parga

***Burnout* y toma de decisiones en organizaciones de salud en situaciones de contingencia**
Burnout and decision making in health care organizations in contingency situations
Pablo Guerrero Sánchez, Belem Gabriela Hernández Jaimes, Roberto Flores Velázquez, Irene Sánchez Guevara, José Guerrero Grajeda

Una alternativa para mitigar emisiones de CO_2 en centrales termoeléctricas de México
An alternative to mitigate CO_2 emissions in Mexico's thermoelectric power plants
Miriam Navarrete Procopio, Luis Fernando Cortés Martínez, Víctor Manuel Zezatti Flores, Erick Omar Castañeda Magadán, Ángel Tlatelpa Becerro

SIGNIFICAR CON TEXTOS

Fondo Editorial UAEM

Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Publicaciones y Divulgación
CONAHCYT Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21 • Número 53 • 2025
ISSN digital: 2448-9026
DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53

Directorio

Rectora
Viridiana Aydée León Hernández

Secretaria Académica
Elisa Lugo Villaseñor

Directora de Publicaciones y Divulgación
Jade Nadine Gutiérrez Hardt

Equipo editorial

Coordinación editorial
Gerardo Ochoa

Edición, corrección y dictamen
Gerardo Ochoa
Allison Cruz Aparicio

Sistemas
Roberto Sedano González

Consejo editorial institucional

Migdalia Díaz Vargas
Centro de Investigaciones Biológicas (CIB)

Amalia Isabel Izquierdo Campos
Facultad de Estudios Superiores de Cuautla (FESC)

Fernanda Gabriela Martínez Flores
Facultad de Comunicación Humana (FCH)

Rafael Monroy Ortiz
Facultad de Arquitectura

José Luis Montiel Hernández
Facultad de Farmacia

Alejandro Ramírez Solís
Centro de Investigación en Ciencias (CINC)

Erika Román Montes de Oca
Facultad de Ciencias Agropecuarias

Adriana Saldaña Ramírez
Centro de Investigación en Ciencias Sociales
y Estudios Regionales (CICSER)

Consejo Editorial Externo

Horacio Santiago Mejía
Universidad Intercultural del Estado de México (UIEM)

Luis Everardo Castro Solís
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila (UAC)

Humberto Saint Martin Posada
Instituto de Ciencias Físicas,
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Brenda Roxana Vázquez Fuentes
Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González",
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

Emilia Castillo Ochoa
Departamento de Psicología y Ciencias de la Comunicación,
Universidad de Sonora (UNISON)

Luis Miguel Burciaga Cifuentes
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

María de Lourdes Flores Morales
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades "Alfonso Vélez Pliego",
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)

Inventio, año 21, número 53, 2025, 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-A (Facultad de Artes), Campus Norte. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México. Teléfono +52 777 3297000, ext. 3417. Correo: 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. 3417. Correo: inventio@uaem.mx Fecha de la última modificación: 8 de julio de 2025.

Publica resultados originales de investigaciones académicas desarrolladas desde las distintas áreas de conocimiento, campos de estudio y disciplinas universitarias, con un propósito eminente de difusión del conocimiento. Sus contenidos se dan a conocer en la modalidad de publicación adelantada (*ahead of print*) y se evalúan bajo un sistema de arbitraje por pares ciegos.

Está incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación SECIHTI, directorio de LATINDEX (UNAM), repositorio de Dialnet (UNIRIOJA), Latinoamericana (Chile) y LatinREV (FLACSO, Argentina).

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.

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/1

ARTÍCULOS

Agentes físicos utilizados en fisioterapia en el tratamiento de la cicatriz hipertrófica

Physical agents used in physiotherapy in the treatment of hypertrophic scar

Omar López Jiménez
ORCID: 0009-0008-2431-0827, tf.lopez.30@gmail.com
Universidad del Valle de México (UVM)

Valeria Rosales Morteo
ORCID: 0009-0001-0899-0075, valebby27@gmail.com
Universidad del Valle de México (UVM)

Avril Aguilar Gutiérrez
ORCID: 0009-0007-3826-9987, avrilmx@hotmail.com
Universidad Tecnológica de México (UNITEC Campus Sur)

Valeria Severino Parra
ORCID: 0009-0008-4103-1459, valsp99@gmail.com
Universidad del Valle de México (UVM)

Recepción: 10/10/23. Aceptación: 25/09/24. Publicación: 26/05/25

RESUMEN

La cicatrización hipertrófica puede ser definida como una respuesta exagerada del organismo ante una lesión, la cual se caracteriza por un aumento de colágeno en la zona afectada, lo que da un aspecto característico del crecimiento interno de la lesión. En la actualidad, las cicatrices hipertróficas son un problema que no sólo afecta el aspecto estético, si no que, en algunos casos, puede llegar a dañar la funcionalidad de un segmento corporal. La fisioterapia dermatofuncional, mediante diferentes métodos, es la encargada de mejorar el aspecto estético y los tejidos de la piel; su efectividad dependerá de diversos factores y de un tratamiento personalizado, de acuerdo con las necesidades de cada paciente.

PALABRAS CLAVE

cicatriz hipertrófica, fisioterapia dermatofuncional, tratamiento, efectividad, tejido

ABSTRACT

Hypertrophic scarring can be defined as an exaggerated response of the organism to an injury, which is characterized by an increase of collagen in the affected area, which gives a characteristic appearance of the internal growth of the injury. Currently, hypertrophic scars are a problem that not only affects the aesthetic aspect, but in some cases can even damage the functionality of a body segment. Dermatofunctional physiotherapy, through different methods, is responsible for improving the aesthetic appearance and tissues of the skin; its effectiveness will depend on several factors and a personalized treatment according to the needs of each patient.

KEYWORDS

hypertrophic scar, physiotherapy dermatofunctional, treatment, effectiveness, tissue

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Introducción

La piel funciona como una barrera física protectora contra daños externos, como las lesiones, y evita la entrada en el cuerpo de microorganismos patógenos perjudiciales para la salud. Es considerada el órgano más grande del cuerpo humano y un órgano sensorial primario, el cual se encarga de recibir los estímulos externos. Posee órganos accesorios —pelo, uñas, glándulas sudoríparas y glándulas sebáceas—, que, en conjunto con la piel, son los responsables de mantener la homeostasis. Cualquier alteración en la piel tiene el potencial de causar una serie de afecciones patológicas, como pérdida de líquidos, procesos infecciosos, así como por la presencia de sustancias tóxicas y agentes que pueden poner en riesgo la salud y, en algunos casos, la vida del individuo.

El objetivo principal de este artículo es identificar y recopilar información actual para el tratamiento de las cicatrices hipertróficas, enfocado en favorecer la evolución apropiada desde el ámbito estético y funcional, así como los agentes físicos utilizados en la fisioterapia dermatofuncional.

Material y métodos

Se realizó una revisión bibliográfica en los siguientes repositorios, publicaciones y bases de datos digitales: Scielo, Elsevier, Asociación Nacional de Enfermería Dermatológica e Investigación del Deterioro de la Integridad Cutánea, Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica y *Revista Española de Podología*.

El objetivo fue comprobar la eficacia de los agentes físicos utilizados en el tratamiento de cicatrices hipertróficas. Para la búsqueda bibliográfica se utilizaron palabras clave como *cicatriz hipertrófica*, *fisioterapia dermatofuncional*, *tratamiento* y *efectividad*. Se excluyeron trabajos que no estuvieran escritos en español, que no presentarán resultados concluyentes, aquellos que contemplaran cicatrices queloides, la inclusión de tratamientos farmacológicos, así como de cicatrices hipertróficas en pacientes quemados. Finalmente, se analizó cada uno de los documentos recuperados, tomando en cuenta criterios como el tiempo de aplicación del tratamiento, tipo de administración, posibles efectos secundarios y objetivos que se buscaba alcanzar con cada uno de ellos.

Fases de la cicatrización

La cicatrización es considerada un proceso continuo, dinámico y complejo en el que se realizan diferentes fases e intervienen distintas células para llevar a cabo la reparación de las capas de la piel.

Este proceso favorece la reparación y remodelación del tejido dañado, al restablecer las características mecánicas, físicas y eléctricas que se tendrían bajo condiciones normales del tejido, de acuerdo con las siguientes fases:

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/1

Figura 1
Cicatriz hipertrófica

Fuente: Vistós Vercher y Aliaga Morell (2010, p. 16).

- *Fase de coagulación*. Su objetivo principal es evitar la pérdida de fluido sanguíneo, al detener la hemorragia y formar un coágulo. Inicia inmediatamente después de la lesión y tiene una duración de hasta quince minutos.
- *Fase de inflamación*. Inicia desde el minuto dieciséis y tiene una duración de hasta seis días. En esta fase se intenta aislar y destruir los agentes que representen algún peligro para el tejido, ya que, sin la remoción de las células afectadas, no se iniciará la formación del nuevo tejido.
- *Fase de proliferación*. Ésta se deriva del proceso de inflamación. Inicia al tercer día y dura de quince a veinte días, aproximadamente. Su objetivo principal es formar una barrera protectora y aumentar los procesos regenerativos: angiogénesis y migración de fibroblastos, los cuales facilitan la formación de la matriz extracelular.
- *Fase de maduración*. Se caracteriza por la formación, organización y resistencia que adquiere el tejido al formar la cicatriz. Inicia simultáneamente con la síntesis de la matriz extracelular en la fase de proliferación y puede llegar a tener una duración de entre uno y dos años (Guarín-Corredor, 2013, p. 444).

Cicatrización hipertrófica

Las cicatrices hipertróficas tienden a ser una representación excesiva de respuesta tisular a una lesión dérmica, caracterizada por la proliferación local de fibroblastos y la sobreproducción de colágeno. Para Zaballos et al. (2001), "las cicatrices hipertróficas (CH) representan

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/1

Tabla 1

Factores sistémicos que afectan la cicatrización

Edad	A mayor edad, el proceso de cicatrización es más lento.
Predisposición genética	Raza negra, hispanos y asiáticos, variantes genéticas autosómicas dominantes.
Hábitos: tabaquismo, alcoholismo	Retarda la cicatrización. Se asocia con necrosis, infección y disminución de fuerza de tensión.
Obesidad	Asociada con complicaciones en el proceso de cicatrización, seroma, úlceras venosas y por presión, hematomas e infecciones.
Medicamentos	Esteroides tópicos, AINES, inmunosupresores, retinoides, colchicina, dapsona.
Cambios hormonales	Pubertad y embarazo, estrógenos que regulan genes asociados con la regeneración, producción de matriz extracelular, inhibición de proteasas y función de la epidermis.

AINES: antiinflamatorios no esteroides.

Fuente: Zaballos (2001).

alteraciones en la reparación de las heridas en individuos predispuestos. Estas alteraciones se caracterizan básicamente por una síntesis desmesurada de tejido conectivo en respuesta al trauma, la cirugía, las quemaduras y las inflamaciones, aunque ocasionalmente pueden producirse de manera espontánea" (p. 385). La diferenciación de una cicatriz hipertrófica se realiza por medio del aspecto clínico, ya que tiende a presentar un crecimiento interno de la lesión original sin sobrepasar los límites del área.

Epidemiología

Este tipo de cicatrices pueden afectar cualquier tipo de piel, y comúnmente tienen mayor predominio en la población que ha presentado cirugías, con alrededor de un 33-68%, y en quemaduras, de un 33-91% (figura 1, p. 3).

Características clínicas

Tienden a desarrollarse semanas después de la lesión inicial, con una localización interna dentro de los límites de la lesión original. Presentan bordes regulares y eritematosos, y suelen ser asintomáticas, aunque en algunos casos se asocian a prurito local. Son superficiales, blanquecinas y ligeramente elásticas. Se presentan con mayor frecuencia en zonas de tensión y flexión, como articulaciones y abdomen, y aparecen de forma precoz después de una cirugía (tabla 1).

Vendaje neuromuscular en cicatrices

El vendaje neuromuscular en cicatrices disminuirá la tensión y ablandará el tejido cicatricial, con lo que ayudará a reducir adherencias y a volver la cicatriz más suave, plana y flexible. Al realizar el vendaje sobre la herida se puede reducir la tensión hasta un 50% (Romero et al., 2011).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/1

Figura 2

Tratamiento no invasivo de cicatrices con apósitos de silicona en placa

Fuente: Palomar-Llatas et al. (2018, p. 36).

Kase (1997-1998) afirma que el vendaje tiene un efecto elevador sobre la piel, lo que aumenta el espacio entre los tejidos cutáneos y facilita el movimiento celular tisular. Esto favorece la regeneración celular, consigue una mejora en cicatrices posquirúrgicas, mejora la circulación linfática y sanguínea, disminuye los tiempos de cicatrización y controla el dolor (Álvarez Aragón y Uzal Prado, 2017, pp. 9-10).

Masaje cyriax para cicatriz

El masaje transverso profundo o movilización por fricción transversa profunda fue desarrollado por James Cyriax, quien utilizó el tratamiento por movilización en la lesión. Su principal objetivo se basó en mantener o recuperar la movilidad de forma indolora, ya que, debido al proceso de cicatrización, se crea fibrosis. Con el masaje cyriax se trata de separar las adherencias que pudieran limitar el movimiento y causar dolor.

Después del tratamiento, las adherencias no vuelven a formarse y se consigue una recuperación sin presentar secuelas. Entre los resultados obtenidos en la mayoría de los pacientes, la mejora de la cicatriz puede llegar a ser un poco más tardada que con otros métodos (De León Pérez, 2018).

Gel de silicona en cicatrices

Es un tratamiento considerado similar al vendaje compresivo y puede ser utilizado en conjunto con éste. Su objetivo principal es acelerar el proceso de cicatrización, pues logra aplanar y mejorar la elasticidad de la cicatriz en un 60% de los casos estudiados, aproximadamente. Debe emplearse en el día y en la noche, por un mínimo de dieciocho horas al día durante tres meses (Darias Domínguez, 2021).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/1

Figura 3

Cicatrización después de crioterapia intralesional

Fuente: O'Boyle et al. (2017, sp).

Las láminas de silicona pueden adherirse a la piel por medio de cinta adhesiva o recubrirse con vendajes; de igual forma, pueden ser utilizadas como sistema de liberación de medicamentos. Deben utilizarse exclusivamente sobre la piel intacta y hay que tener en cuenta medidas higiénicas al aplicar el material, así como los efectos secundarios que pudieran presentarse (Altemir y Boixeda, 2022).

La aplicación de silicona en presentación de gel o láminas ha demostrado ser efectiva en la disminución del grosor, eritema y síntomas asociados. El uso de silicona en láminas es superior al uso del gel para reducir el relieve de la cicatriz (figura 2, p. 5).

Presoterapia con prendas de compresión

La terapia con prendas de compresión ha sido una opción conservadora para el tratamiento y prevención de secuelas en cicatrices desde los años setenta del siglo pasado. En la actualidad este método se utiliza principalmente por motivos estéticos, para prevenir la formación de cicatrices hipertróficas después de una intervención quirúrgica o de alguna quemadura. Se desconoce su mecanismo exacto de acción, pero algunos estudios han demostrado que involucra procesos que reducen la síntesis de colágeno, lo cual limita el suministro de sangre, oxígeno y nutrientes al tejido cicatricial y aumenta la apoptosis.

Al utilizar prendas de compresión sobre la cicatriz hay que tener en cuenta algunos factores, como la magnitud y duración de la presión. Se recomienda aplicar una presión continua de entre 15 y 40 mmHg, durante dieciocho a veinticuatro horas al día, por un periodo de cuatro a seis meses.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/1

Figura 4
Cicatriz hipertrófica por cesárea tratada con láser CO_2 fraccionado

Fuente: Vogt (2016, p. 14).

Crioterapia

Su efecto se debe al daño tisular isquémico provocado por las bajas temperaturas, lo que conduce a una necrosis y reducción de la tumoración. Es un tratamiento que puede ser utilizado solo o en conjunto con otros, el cual consiste en la aplicación de nitrógeno líquido a una temperatura de -196 °C, durante un periodo de diez a treinta segundos, de una a dos veces por sesión, con una frecuencia de uno a tres meses.

Las cicatrices pequeñas responden bien a la terapia, ya que aplanan y disminuyen la consistencia del tumor. La efectividad del tratamiento depende de diversos factores y se considera más efectiva cuando se realiza en conjunto con corticosteroides, ya que existe una mayor vascularización, así como una disminución del diámetro de la lesión y del tiempo de evolución.

El tratamiento de terapia con nitrógeno tiene algunos efectos secundarios en el corto plazo que deben ser considerados antes de tomarlo, como la presencia de dolor, hinchazón e infección; en el largo plazo, se han presentado complicaciones como hipoestesia, formación de quistes de Millium, campos pigmentarios y, en algunos casos, necrosis (figura 3, p. 6).

Láser CO_2 fraccionado

El láser fraccionado ablativo (LFA) es considerado uno de los principales tratamientos para cicatrices. El láser CO_2 fraccionado de 10,600 nm actúa generando una columna de daño térmico sobre la dermis, mientras que en la epidermis favorece la remodelación del colágeno, lo que lleva a la disminución del grosor, el aumento de la flexibilidad y la mejora en el color de la cicatriz. La profundidad a la que el láser trabaja varía entre 0.2 y 4 nm, donde el tejido que no fue dañado funciona como reserva para lograr una pronta recuperación después del tratamiento.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/1

Tabla 2

Agentes físicos utilizados en el tratamiento de cicatrices hipertróficas

	Vendaje neuromuscular	**Masaje cyriax**	**Gel de silicona**	**Prendas de compresión**	**Crioterapia**	**Laser CO_2 fraccionado**
Administración	Consiste en colocar cintas elásticas de algodón en forma de x o *cross tape*.	Su objetivo principal es ablandar la matriz fundamental o introducir pequeñas inflamaciones que activen la restauración del tejido conectivo (Terapiafisica, sf).	Consiste en una lámina suave y autoadhesiva que se aplica sobre la piel. Ayuda en la prevención del desarrollo de cicatrices anormales.	Pueden mejorar el proceso de maduración mediante la restricción de sangre en la zona de la cicatriz. La compresión constante inhibe el crecimiento de tejido hipertrófico, al aplicar una presión de entre 24 y 30 mmHg (Ramos-Gallardo et al., 2016).	Consiste en la aplicación de nitrógeno líquido sobre la superficie de la cicatriz, lo que reduce el volumen.	Emite haces de luz que penetran en la piel hasta la dermis, lo que forma heridas microscópicas rodeadas de tejido sano, promoviendo así la cicatrización y producción de colágeno.
Tiempo de aplicación	Se utiliza durante 24 horas, por 3-5 días.	Se puede realizar una o dos veces al día, de 5 a 10 minutos.	Se utilizan de 10 a 12 horas al día, durante al menos seis meses.	Se usan de forma constante durante 23 horas al día, por un mínimo de tres meses.	Se realiza en ciclos de 10 a 30 segundos, repartidos cada 20-30 días.	El número de sesiones depende de la severidad de la cicatriz; regularmente son necesarias de una a tres sesiones.
Objetivos	Aumento del flujo sanguíneo. Reposicionamiento de la fascia.	Mejora el flujo sanguíneo. Aumenta la elasticidad. Evita la formación de adherencias.	Reducción del eritema. Mejora de la elasticidad. Disminución de la sensación de picor. Mayor hidratación.	Disminución de la inflamación. Facilitación de la degradación de colágeno.	Vasoconstricción. Aumento de la permeabilidad capilar.	Promover la cicatrización. Aumento en la producción de colágeno.
Efectos secundarios	Irritación cutánea.	Dolor. Prurito.	Maceración cutánea. Edemas irritativos. Infecciones.	Maceración cutánea.	Dolor. Edema. Formación de ampollas o costras.	Hipertemia. Edema. Formación de costras.

Fuente: elaboración propia.

Entre las características principales del láser CO_2 fraccionado se encuentra la poca afinidad con el agua, lo que ayuda a producir una mayor coagulación térmica en los tejidos periféricos y a evitar el sangrado durante el tratamiento de la lesión. Este mecanismo facilita la respuesta de reparación de colágeno.

Chan et al. (2004) estudiaron setenta cicatrices hipertróficas de aproximadamente seis meses de evolución tratadas con láser pulsado, y encontraron una mejoría significativa en la sintomatología pero una mejora no tan clara en cuanto al grosor y la elasticidad de la cicatriz. De acuerdo con sus conclusiones, existen resultados variados en cuanto a la metodología que se utilizó para la evaluación del tratamiento, las diferentes localizaciones en las que se encontraba la cicatriz en el cuerpo, así como que el fototipo de piel, que influye en el resultado final del tratamiento (citado en Del Pozo Losada y Vieira Dos Santos, 2016).

Rivera-Secchi et al. (2013) hablan sobre la eficacia de la combinación del láser Nd: YAG 1064 nm y el láser fraccionado CO_2 en el manejo de las cicatrices hipertróficas. En su estudio se involucraron cuarenta cicatrices en una población de treinta pacientes con fototipos III a VI.

De acuerdo con esta investigación, la combinación de estos láseres mostró una mejora notable en la regularización de la vascularización y la flexibilidad del tejido, al mostrar un evidente cambio en las bandas de contractura fibrótica. De igual manera, se demostró una mejora funcional en las cicatrices ubicadas en zonas de alta movilidad y, luego de la aplicación del protocolo terapéutico, se recuperó hasta el 80% de la movilidad en el área afectada, lo cual se puede tomar en cuenta como un beneficio agregado a la finalidad con la que fue aplicado inicialmente este tratamiento (figura 4, p. 7).

En la tabla 2 (p. 8) se enlistan los agentes físicos utilizados en el tratamiento de la cicatriz hipertrófica, así como su vía de administración, el tiempo de aplicación, los objetivos que se busca alcanzar y sus efectos secundarios.

Conclusión

Si bien existen diversos tratamientos dentro del área de la fisioterapia dermatofuncional, es necesario tomar en cuenta distintos factores, ya sean personales o económicos, así como de las posibles secuelas o contraindicaciones que éstos presentan, para llevar a cabo un tratamiento exitoso.

Con base en una revisión de artículos científicos llegamos a la conclusión de que, en la actualidad, uno de los mejores tratamientos para la cicatriz hipertrófica es el láser CO_2 fraccionado, que por sí solo ha demostrado resultados satisfactorios. Sin embargo, hay que tener en cuenta el costo y el tiempo de este tratamiento, que puede llegar a extenderse durante varios meses y que, en algunos casos, no puede ser costeado por algunos sectores de la población, además de los posibles efectos secundarios y complicaciones que pueden causarse sobre la piel si se aplica de forma incorrecta.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/1

Por otro lado, se ha demostrado que la combinación de dos o más agentes físicos puede ser menos invasiva y acortar el tiempo estimado de tratamiento. En estos casos, los que resultan ser más favorables y con menos repercusiones, tanto a nivel físico como económico, son los parches de silicona y las prendas de compresión. Si bien cada uno por si solo muestra una gran mejoría en el aspecto final de la cicatriz, si se aplican en conjunto los resultados pueden ser aún mejores y obtenerse en un periodo más corto, lo que para muchos pacientes es una opción más viable debido a su costo más accesible y a los pocos efectos secundarios que estos tratamientos podrían presentar.

Referencias

Altemir, A. y Boixeda, P. (2022). Tratamiento láser de cicatrices por quemaduras. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, *113*(10), 938-944. https://doi.org/10.1016/j.ad.2022.06.018

Álvarez Aragón, F. J. y Uzal Prado, M. L. (2017). Vendaje neuromuscular y cicatrización de heridas, un camino por explorar. *Enfermería Dermatológica*, *11*(30), 7-11. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6091056

Darias Domínguez, C., Roque Enríquez, A., Andrés, C., Torres Carrascal, C. A. y Oliva Pérez, Y. (2021). Efectos terapéuticos de la crioterapia con nitrógeno líquido en lesiones por fotodaño en la consulta dermatológica. *Revista Médica Electrónica*, *43*(4), 1-10. https://revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/4133

De León Pérez, K. M. (2018). *Aplicación de vendaje neuromuscular en comparación con masaje cyriax para el tratamiento de las cicatrices hipertróficas post-cesárea. Estudio realizado en el Hospital Regional de Occidente Quetzaltenango*. [Tesis de licenciatura, URL]. http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrcd/2018/09/01/DeLeon-Karla.pdf

Del Pozo Losada, J. y Vieira Dos Santos, V. (2016). Láser y cicatrices. *Heridas y Cicatrización*, *6*(3), 6-28. https://heridasycicatrizacion.es/images/site/archivo/2016/Revista_SEHER_8_SEPTIEMBRE_2016_12_Septiembre.pdf

Guarín-Corredor, C., Quiroga-Santamaría, P. y Landínez-Parra, N. S. (2013). Proceso de cicatrización de heridas de piel, campos endógenos y su relación con las heridas crónicas. *Revista de la Facultad de Medicina*, *61*(4), 441-448. https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/42815/44313

O'Boyle, C. P., Shayan-Arani, H. y Wagdy Hamada, M. (2017). Intralesional cryotherapy for hypertrophic scars and keloids: a review. *Scars, Burns & Healing*, *3*, 1-9. https://doi.org/10.1177/2059513117702162

Palomar-Llatas, F., Bonías-López, J., Zamora-Ortiz, J., Fornes-Pujalte, B., Sierra-Talamantes, C., Pastor-Orduña, M. I., Díez-Fornes, P. y Palomar-Albert, D. (2018). Tratamiento no invasivo de cicatrices con apósitos de silicona en placa. Estudio observacional. *Enfermería Dermatológica*, *12*(35), 35-39. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6791427.pdf

Ramos-Gallardo, G., Miranda A., A., Chávez S., T., García B., L., Medina P., D., Figueroa J., S., Chávez-Dagostino, L. y Valdez-López, R. (2016). Verapamilo en conjunto con las prendas de compresión en el tratamiento de la cicatriz patológica causada por quemadura. *Revista Chilena de Cirugía*, *68*(1), 32-37. https://doi.org/10.4067/s0718-40262016000100006

Rivera-Secchi, K., Acosta, G., Vélez, M. y Trelles, M. A. (2013). Remodelación con láser de cicatrices hipertróficas y queloideas: estudio prospectivo en 30 pacientes. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana*, *39*(3), 307-317. https://doi.org/10.4321/s0376-78922013000300015

Romero, C. M., Moscardó, L. D., José, L. C. y Roca, M. J. (2011). Nuevas técnicas terapéuticas del vendaje neuromuscular. *Revista Española de Podología*, *XXII*(2), 66-72. https://www.revesppod.com/Documentos/ArticulosNew/X0210123811501048.pdf

Terapiafisica (sf). Masaje transverso profundo de cyriax. *Terapiafisica.com*, sp. https://www.terapia-fisica.com/masaje-transverso-profundo-de-cyriax/

Vistós Vercher, J. L. y Aliaga Morell, M. T. (2010). Cicatrices hipertróficas y queloides. *Enfermería Dermatológica*, *4*(11), 15-20. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4293892

Vogt, G. (2016). Curso superior de tecnología em estética e cosmética. UNISC, 1-45. https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/1182/1/Gabriela%20Vogt.pdf

Zaballos, P., Morales, A. L., Navarro, A. C., Salsench, E., Garrido, A. M. y Montañes, J. A. (2001). Los queloides y las cicatrices hipertróficas. *Medicina Integral*, *38*(9), 385-389. https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-losqueloides-cicatrices-hipertroficas-13022951

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/2

ARTÍCULOS

Concreto sustentable con adiciones de biomasa: un posible beneficio para el medio ambiente

Sustainable concrete with biomass additions: a possible benefit for the environment

Lorena del Carmen Santos Cortés
ORCID: 0009-0001-2051-8136, losantos@uv.mx
Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat (FICH),
Universidad Veracruzana (UV)

Sergio Aurelio Zamora Castro
ORCID: 0000-0002-5237-6320, szamora@uv.mx
Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat (FICH),
Universidad Veracruzana (UV)

Óscar Velázquez Camilo
ORCID: 0000-0001-6871-1878, ovelazquez@uv.mx
Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat (FICH),
Universidad Veracruzana (UV)

María Elena Tejeda del Cueto
ORCID: 0000-0002-4916-8889, etejeda@uv.mx
Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat (FICH),
Universidad Veracruzana (UV)

Recepción: 26/02/24. Aceptación: 24/02/25. Publicación: 06/06/25

RESUMEN

El concreto es el material de construcción más demandado a nivel mundial debido a su costo, facilidad para obtener sus componentes y la gran diversidad de formas en que se moldea. Su principal componente es el cemento; sin embargo, la producción de éste genera grandes emisiones de CO_2 que tienen impacto en el calentamiento global del planeta. Actualmente, los organismos reguladores de emisiones contaminantes son cada vez más estrictos con los países para que el sector industrial disminuya sus emisiones de CO_2. Una de las alternativas para reducirlas es realizar adiciones de biomasa a la mezcla de concreto, con la finalidad de obtener concreto igual de resistente pero que utilice menores porcentajes de cemento.

PALABRAS CLAVE

ceniza, biomasa, concreto sustentable, emisiones de CO_2, concreto estructural, concreto autorreparable

ABSTRACT

Concrete is the most demanded building material worldwide due to its cost, ease to obtain its components, and the great diversity of shapes it can be molded. Its main component is cement; however, its production generates large amounts of CO_2 emissions that have an impact on global warming. Currently, regulatory agencies of pollutant emissions are getting stricter with countries in order to reduce CO_2 emissions in the industry. One of the alternatives to reduce these emissions is adding biomass to the concrete mix in order to obtain concrete that is just as resistant but uses a lower percentage of cement.

KEYWORDS

ash, biomass, sustainable concrete, CO_2 emissions, structural concrete, self-repairing concrete

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

El concreto y su composición

El concreto es un material que se forma al mezclar cuatro componentes principales: cemento, agua, arena y grava, aunque también puede incluir componentes secundarios, como aire y aditivos (tabla 1, p. 3). Estos componentes forman una pasta que, en estado fresco, es moldeable, y que, con el paso del tiempo, se endurecerá y formará una piedra artificial con gran capacidad para soportar cargas de compresión. A este proceso de endurecimiento se le denomina *fraguado*.

Brunauer y Copeland (citado en Mehta y Monteiro, 1998, p. 1) señalan que el concreto "es el material más extensamente utilizado en el mundo [...], el hombre no consume otro material, con excepción del agua, en tan tremendas cantidades". La utilización del concreto como material de construcción presenta algunas ventajas y desventajas, las cuales se enlistan en la tabla 2 (p. 3).

Propiedades del concreto

El concreto presenta dos estados: fresco y endurecido. En estado fresco, las propiedades más características son la consistencia y la trabajabilidad; en estado endurecido, la propiedad medida con mayor frecuencia es la resistencia a la compresión (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2013); pero también es importante considerar la durabilidad.

Las propiedades mencionadas pueden variar de manera considerable, dependiendo de la dosificación de los ingredientes. Matallana Rodríguez (2019) define las propiedades de la siguiente manera:

- *Trabajabilidad*: es la facilidad para manejar, transportar, colocar y consolidar el concreto por medios adecuados sin demasiado esfuerzo.
- *Consistencia*: es la facilidad para que el concreto se mantenga unido en estado fresco y no se disgregue.
- *Resistencia*: es la capacidad para soportar esfuerzos.
- *Durabilidad*: es la capacidad para resistir la acción del ambiente.

Emisiones de CO_2 de la industria cementera y calentamiento global

La fabricación de cemento podría representar hasta el 8% del total de las emisiones globales de CO_2 (Andrew, 2019). De acuerdo con la International Energy Agency (2018), alrededor del 60% de estas emisiones se debe a la calcinación de la piedra caliza y el 40% restante al uso de combustibles fósiles para generar temperaturas entre 1,350 °C y 1,450 °C durante el proceso de producción (figura 1, p. 4).

Lo anterior se debe a que, para producir una tonelada de cemento de forma tradicional, se emite al medio ambiente hasta una tonelada de CO_2 (Andrew, 2019). La generación de CO_2 varía dependiendo del tipo de combustible utilizado —fósil o biocombustible—, pero un

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/2

Tabla 1

Componentes del concreto y su función

Componente	Función
Cemento	Sirve para unir los agregados.
Agua	Al mezclarse con el cemento forma la pasta cementante que une a los agregados. De ella depende la trabajabilidad de la mezcla y su resistencia final.
Arena	Cuando se adiciona a la pasta cementante, su función es darle a ésta mayor consistencia y densidad, convirtiéndola así en un mortero.
Grava	Su función es aportar mayor resistencia final. Cuando se adiciona a un mortero, se convierte en concreto.
Aire	Se encuentra disperso en forma de minúsculas burbujas, las cuales generan la porosidad del concreto.
Aditivos	Mejoran las características del concreto, como los acelerantes o retardantes del fraguado y los plastificantes, para hacer una mezcla más manejable.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2

Ventajas y desventajas del concreto como material de construcción

Ventajas	Desventajas
Sus componentes se encuentran en cualquier parte del mundo.	Altera la infiltración del agua de lluvia para la recarga de los acuiferos.
La plasticidad en estado fresco le permite adoptar diversas formas.	Tiene baja resistencia a la tensión, por lo que se debe colocar acero como refuerzo.
Su resistencia a la compresión aumenta con la edad.	El acero induce una vulnerabilidad al sistema por su facilidad de sufrir corrosión, lo que reduce su durabilidad.
Fragua y adquiere resistencia a todas las temperaturas, incluso bajo el agua.	La producción de cemento (su principal componente) es altamente contaminante.
Es relativamente durable en diversas condiciones ambientales.	En edificios de grandes claros, suele incrementar el peso de la estructura, lo que aumenta su costo.
Es resistente al fuego y es más económico que otros materiales.	Tiene una alta conductividad térmica, lo que impacta en la eficiencia energética de los edificios.
Puede diseñarse con características especiales en función de su uso.	Requiere mano de obra especializada para realizar los armados del acero de refuerzo.
Puede soportar grandes cargas de compresión.	

Fuente: elaboración propia con base en Matallana Rodríguez (2019).

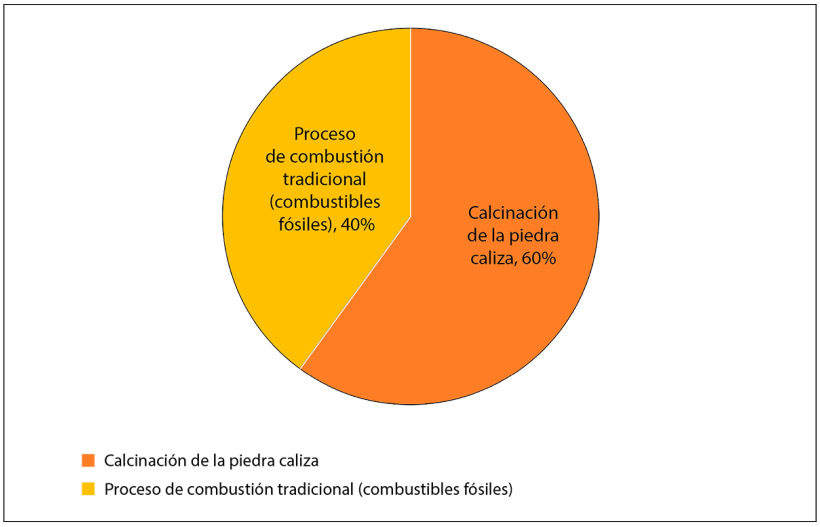
valor promedio es de alrededor de 850 kg de CO_2 por tonelada de clinker, principal componente del cemento Portland (Lu et al., 2018).

En 2020 se consumieron 4,200 millones de toneladas de cemento (Global Cement and Concrete Association [GCCA], 2021). Esto significa que, en promedio, se emiten anualmente a la atmósfera entre 3,570 y 4,200 Mt de CO_2, lo que implica un grave problema de contaminación ambiental, porque el exceso de estas emisiones se concentra en la capa inferior de la atmósfera y atrapa el calor del sol, lo cual incrementa la temperatura en la tierra y desencadena el cambio climático, por lo que es urgente detenerlas.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/2

Figura 1

Contribución de emisiones de CO_2 en el proceso de fabricación de cemento



Fuente: elaboración propia.

Hacia un concreto sustentable en 2050

Ante este panorama global de contaminación ambiental, la industria cementera se ha comprometido a reducir las emisiones de CO_2 en un 25% para 2030 y llegar a las cero emisiones para 2050, con el objetivo de contribuir a la neutralidad del carbono para limitar el calentamiento global en 1.5 °C (GCCA, 2021). Resumidas, las acciones que se proponen para ello son cinco:

1. *Sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos*, como el uso de biomasa o hidrógeno, con lo cual se logra una mayor eficiencia energética.
2. *Nuevas formulaciones de cemento con bajas emisiones de co2*, que se obtiene con base en materias primas alternativas y cuyo proceso de fabricación requiere de temperaturas entre 800 y 1,100 °C, lo que reduce las emisiones de CO_2 (Goñi et al., 2011).
3. *Reutilización y reciclaje del concreto*: se refiere a la utilización de un concreto que ha sido demolido previamente y que, tras ser sometido a un proceso de trituración, se puede usar como agregado grueso para fabricar nuevo concreto.
4. *Innovación en todas las etapas del ciclo de producción del concreto*, principalmente en lo concerniente a la captura de CO_2. Se prevé que su contribución sea significativa después de 2030, cuando se tenga la infraestructura necesaria.
5. *Adiciones* que permitan reducir las cantidades de cemento utilizadas para fabricar un metro cúbico de concreto, como la biomasa o el biocarbón, el cual tiene la característica de capturar grandes cantidades de CO_2.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/2

Por lo tanto, se denomina *concreto sustentable* al que utiliza técnicas innovadoras para reducir las emisiones de CO_2, de tal forma que el impacto en el ambiente sea menor que el que se produce con el concreto elaborado de forma tradicional. Algunos ejemplos son:

- *Concreto permeable*: tiene un alto grado de porosidad (2-8 mm), no contiene finos y facilita el paso del agua, lo que permite la recuperación de los mantos acuíferos.
- *Adiciones de biocarbón al concreto*: estudios como el de Tan et al. (2022) determinaron que adicionar entre 1% y 2% de biocarbón en sustitución de cemento Portland mejora la resistencia mecánica de las mezclas de concreto; pero no fue sino hasta que Zhipeng y Xianming (2023), tras un tratamiento previo al biocarbón con agua de lavado de concreto, lograron una sustitución de un 30% y una captura de un 23% de CO_2, con lo cual obtuvieron un concreto negativo en carbono, que absorbe más CO_2 del que se emite en su producción.
- *Nanoconcretos*: con las adiciones de nanopartículas se han obtenido concretos hasta seis veces más resistentes. Sin embargo, el alto costo es una limitante.

Producción de concreto sustentable con biomasa

Una de las cinco acciones de la industria cementera para reducir las emisiones de CO_2 contempla utilizar *adiciones*, con el objetivo de reducir la cantidad de cemento utilizado por metro cúbico de concreto, para lo cual es una opción el empleo de biomasa (materia orgánica de origen vegetal o animal). Cuando esta biomasa no se usa en su totalidad se denomina *biomasa residual*, como es el caso de los desechos de la industria agroalimentaria —biomasa vegetal—, de los cuales "anualmente se producen 140 mil millones de toneladas" (Thomas et al., 2021) y cuya eliminación plantea problemas económicos y ambientales. Si además la biomasa pasa por un proceso de combustión para generar energía eléctrica, el resultado son cenizas, las cuales pueden adicionarse al concreto si cumplen ciertas condiciones.

En el caso de la biomasa animal, el concreto bacteriano es un campo de investigación novedoso en el cual ya se han obtenido casos de éxito. A continuación se describen las características que debe tener la biomasa para poder adicionarse con éxito al concreto.

Concreto con biomasa animal

Este tipo de concreto se destaca por la adición de organismos biológicos vivos, principalmente bacterias, las cuales deben cumplir dos requisitos: que puedan sobrevivir en un medio altamente alcalino, como lo es el concreto (pH>14), y que sean capaces de producir carbonato de calcio ($CaCO_3$).

- *Concreto estructural con adiciones de* Bacillus megaterium. La adición de bacterias tiene como objetivo la precipitación de calcita para disminuir el tamaño de los poros capilares del concreto, lo que restringe el ingreso de agentes agresivos —cloruros,

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/2

Tabla 3

Ventajas y desventajas de la adición de biomasa bacteriana al concreto

Ventajas	Desventajas	Referencia
Concreto estructural (*Bacillus megaterium*)		
Reducción de los costos de mantenimiento al disminuir la porosidad.	Se deben realizar ensayos previos para determinar la concentración óptima de bacterias.	Andalib et al. (2016).
Mayor periodo de vida útil de las estructuras, con la consecuente reducción de CO_2 al disminuir la demanda de cemento.		
Incrementos de hasta un 24% en la resistencia a la compresión.		
Concreto autorreparable (*Bacillus pseudofirmus*)		
Comportamiento cinco veces más dúctil que el de un concreto convencional, debido a la autorregeneración.	Incremento del costo con respecto al concreto tradicional hasta un 40%.	Ponce de León et al. (2015).
Incremento de un 15% de resistencia a la compresión.		
Reducción de la permeabilidad, lo que incrementa la durabilidad de las estructuras y disminuye los riegos de corrosión.		
Menores gastos de mantenimiento y reparición, con la consecuente reducción de CO_2.		

Fuente: elaboración propia.

dióxido de carbono, entre otros— e incrementa su durabilidad. Esto se reflejará en una reducción de patologías, como la corrosión del acero de refuerzo o la carbonatación del concreto. Los resultados de Andalib et al. (2016) indican que la adición bacteriana al agua de la mezcla genera un incremento en la resistencia a la compresión.

- *Bioconcreto* (*self-healing concrete*). También conocido como *concreto autorreparable*, contiene biomasa animal (bacterias *Bacillus pseudofirmus*) y lactato de calcio, el cual es el alimento de estas bacterias. Estos microorganismos pueden sobrevivir en un ambiente alcalino, como el del concreto, por más de doscientos años. El proceso de reparación se genera cuando en el concreto agrietado ingresa aire y humedad y cuando las bacterias generan una reacción química que produce calcita para sellar esas grietas. Esta innovación fue desarrollada en 2015 por el microbiólogo holandés Henk Jonkers.

Las ventajas y desventajas de las dos investigaciones antes mencionadas se visualizan en la tabla 3.

Concreto con biomasa vegetal

Para el caso de adiciones con biomasa vegetal se tienen algunas aplicaciones con cenizas vegetales provenientes de cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar, cascarilla de avena, entre otras, que han logrado incrementar las propiedades del concreto. Sin embargo, de la amplia lista de residuos de la industria agrícola ensayados se han tenido pocos casos de éxito.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/2

Tabla 4

Composición química aproximada para diversos tipos de biomasa vegetal

Nombre químico	Óxido componente	Cemento Portland (Khedheyer Al-Alwan et al., 2022)	Ceniza de cascarilla de arroz (Khedheyer Al-Alwan et al., 2022)	Ceniza de bagazo de caña de azúcar (Sakib et al., 2023)	Ceniza de cascarilla de avena (Ruviaro et al., 2023)
Óxido de silicio	SiO_2	19.9	83.1	66.67	86.3
Óxido de aluminio	Al_2O_3	5.01	2.15	7.41	0
Óxido de hierro	Fe_2O_3	3.93	3.93	2.78	0
Otros componentes		71.16	10.82	23.14	13.7
		100	100	100	100
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$		28.84	89.18	76.86	86.3

Fuente: elaboración propia con base en autores citados.

En los casos de éxito, con base en los estudios que han reportado mejores comportamientos, éste depende de que la composición química contenga grandes cantidades de sílice, alúmina y óxido de hierro, y de que las temperaturas de combustión se ubiquen en el intervalo de 450 °C-700 °C (Al-Khalaf y Yousif, 1984; Ribeiro y Morelli, 2014). Si estos parámetros se cumplen, las cenizas adquieren propiedades cementantes; sin embargo, esto no siempre es posible, por lo cual son pocos los estudios que han ofrecido buenos resultados.

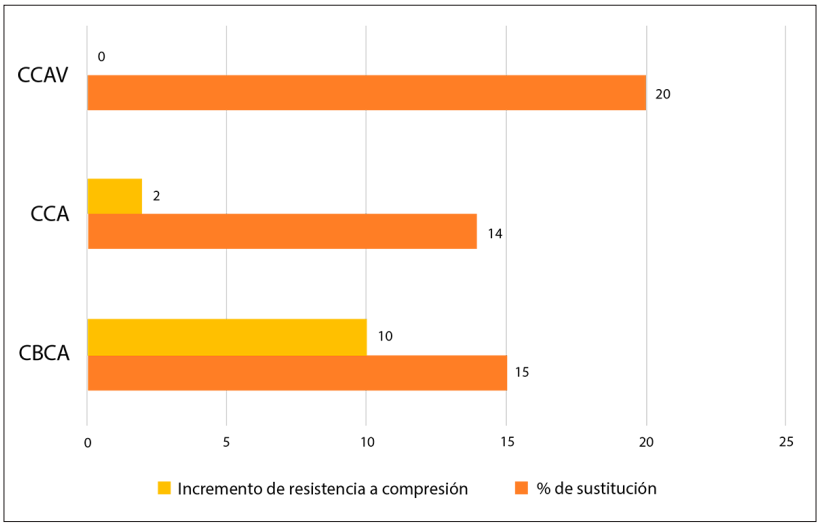
La tabla 4 muestra la composición química aproximada de diversos tipos de cenizas vegetales, de las cuales la mejor opción es aquella que contenga la mayor cantidad de óxido de silicio. Es por eso que dos de las cenizas más ensayadas son las de cascarilla de arroz y las de bagazo de caña de azúcar.

- *Ceniza de cascarilla de arroz (CCA)*. Al-Khalaf y Yousif (1984) consideran a P. Kumar Mehta como uno de los pioneros en las investigaciones sobre CCA como adición del concreto. Esto se debe a que, desde los años sesenta del siglo pasado, estudió la eficiencia y el efecto del método de combustión sobre la calidad y las propiedades de la CCA.

  A partir de ahí se han realizado diversas investigaciones a nivel mundial. Por ejemplo, Khedheyer Al-Alwan et al. (2022) obtuvieron un incremento de un 10% en la resistencia a la compresión con adiciones de un 7% en peso de ceniza en sustitución de cemento, mientras que la sustitución de un 14% de CCA obtuvo sólo un incremento de resistencia de un 2%. Adicionalmente, en ambos casos se concluyó que el incremento de CCA redujo la porosidad del concreto.
- *Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)*. El bagazo de caña de azúcar es probablemente el residuo más común utilizado como combustible para alimentar las calderas de los ingenios azucareros. El residuo final obtenido de la combustión es una ceniza que tiene altos contenidos de óxido de silicio (tabla 4). Por tal motivo, es uno de lo más estudiados.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/2

Figura 2
Comparación de resultados para diferentes tipos de biomasa



Fuente: elaboración propia.

En Bangladesh, Sakib et al. (2023) realizaron ensayos en los que se reemplazaron diferentes porcentajes de cemento Portland por CBCA previamente molida y sin tratamiento. Los resultados indicaron que, en el día 56, el concreto que contenía un 15% de CBCA como reemplazo tenía las propiedades mecánicas y de durabilidad más altas en comparación con las mezclas que no la contenían. El incremento obtenido en la resistencia a la compresión con este porcentaje fue de un 10%, además de que la adición de un 15% de CBCA reduce el costo de estas mezclas, y, por lo tanto, son más económicas.

- *Ceniza de cáscara de avena (CCAV)*. Debido a su alto poder calorífico, la CCAV se considera una excelente opción para la industria cementera. Presenta dos opciones de aplicación: como combustible para producir cemento y adicionar las cenizas resultantes al concreto.

En 2023, Ruviaro et al. realizaron un estudio acerca de la influencia que tenía la temperatura de combustión en un intervalo de 500-800 °C sobre las características de la CCAV. Añadieron a las mezclas de concreto diferentes porcentajes de cenizas de CCAV en sustitución del peso del cemento (10% y 20%). Los resultados mostraron que reemplazar hasta un 20% del cemento Portland por CCAV quemada a una temperatura de 600 °C mantiene la resistencia a la compresión de la mezcla de control a los 28 días, mientras que para otras temperaturas de combustión evaluadas la resistencia se reduce, probablemente por el contenido de materia orgánica.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/2

Impacto ambiental y sostenibilidad

El principal objetivo del concreto sustentable es reducir el impacto ambiental de la producción y uso del concreto. La figura 2 muestra un análisis comparativo de los estudios revisados anteriormente. Se observa que la ceniza que tiene mejor combinación entre incremento de resistencia y mayor porcentaje de sustitución del cemento es la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), seguida por la ceniza de cascarilla de arroz (CCA), la cual es casi igual que la CBCA en porcentaje de sustitución, pero su incremento de resistencia es menor. Finalmente, la ceniza de cascarilla de avena (CCAV), a pesar de lograr un porcentaje de sustitución de un 20% —por haberse obtenido en condiciones ideales de temperatura—, no tiene mejora en la resistencia mecánica.

Utilizar residuos de biomasa en la fabricación del concreto es benéfico para el ambiente; sin embargo, una desventaja de estas adiciones es la reducción en la trabajabilidad de las mezclas, lo que hace necesario agregar un aditivo superfluidificante (Thomas et al., 2021).

Conclusiones

Diversos estudios muestran que, aunque las adiciones de biomasa animal han dado buenos resultados, como en el concreto autorreparable, éste tiene un costo adicional de un 40% sobre el concreto convencional, lo cual limita su uso.

A pesar de que las adiciones de biomasa al concreto representan una opción prometedora para fabricar concreto sustentable, este tipo de estudios se han realizado en su mayoría en otros países. En México, existe poca investigación publicada en este campo, por lo que se considera una excelente oportunidad incursionar en este tema. Es necesario analizar los estudios realizados en otros países para identificar las posibles fallas y corregirlas, así como desarrollar una metodología de diseño que se pueda generalizar. Estudios sólidos en este ámbito de investigación demostrarían la factibilidad de la aplicación masiva e industrialización del concreto sustentable a un costo adecuado.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/2

Referencias

Al-Khalaf, M. N. y Yousif, H. A. (1984). Use of rice husk ash in concrete. *International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, *6*(4), 241-248. https://doi.org/10.1016/0262-5075(84)90019-8

Andalib, R., Abd Majid, M. Z., Hussin, M. W., Ponraj, M., Keyvanfar, A., Mirza, J. y Lee, H.-S. (2016). Optimum concentration of *Bacillus megaterium* for strengthening structural concrete. *Construction and Building Materials*, *118*, 180-193, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.142

Andrew, R. M. (2019). Global CO_2 emissions from cement production, 1928-2018. *Earth System Sciencie Data*, *11*(4), 1675-1710. https://doi.org/10.5194/essd-11-1675-2019

Global Cement and Concrete Association (2021). *Futuro del hormigón. Plan de trabajo hacia una industria del cemento y hormigón neutra en carbono para el 2050 de la Asociación Mundial de Productores de Cemento y Hormigón*. GCCA. https://gccassociation.org/concretefuture/wp-content/uploads/2022/10/Roadmap_Spanish_2022.pdf

Goñi, S., Guerrero, A., Macías, A. y Lorenzo, M. P. (2011). Materias primas alternativas para la fabricación de cementos más ecoeficientes de baja energía. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, *1*(1), 17-29. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427639584003

Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (2013). *Guías técnicas. Hormigón en ambiente marino*. IECA. https://www.ieca.es/producto/hormigon-en-ambiente-marino/

International Energy Agency (2018). Technology roadmap – Low-Carbon transition in the cement industry. IEA, sp. https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-low-carbon-transition-in-the-cement-industry

Khedheyer Al-Alwan, A., Al-Bazoon, M., Mussa, F. I., Alalwan, H. A., Hatem Shadhar, M., Mohammed, M. M. y Fakhri, M. F. (2022). The impact of using rice husk ash as a replacement material in concrete: an experimental study. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, *36*(4), 249-255. https://doi.org/10.1016/j.jksues.2022.03.002

Lu, B., Shi, C. y Hou, G. (2018). Strength and microstructure of CO_2 cured low-calcium Clinker. *Construction and Building Materials*, *188*, 417-423. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.134

Matallana Rodríguez, R., (2019). *El concreto. Fundamentos y nuevas tecnologías*. Constructora Concreto y Corona. https://conconcreto.com/wp-content/uploads/2023/02/EL-CONCRETO-Fundamentos-y-nuevas-tecnologias..pdf

Mehta, P. K. y Monteiro, P. J. M. (1998). *Concreto. Estructuras, propiedades y materiales*. IMCYC. https://es.scribd.com/document/591736662/Concreto-Mehta-Monteiro

Ponce de León, C. F., Huamani, S. K. y Sánchez, E., (2015), Los beneficios del uso de bacterias en el concreto autorregenerante. *Civilizate, 7*, pp. 36-38, https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/16153/16575

Ribeiro, D. V. y Morelli, M. R. (2014). Effect of calcination temperature on the pozzolanic activity of brazilian sugar cane bagasse ash (SCBA). *Materials Research*, *17*(4), 974-981. https://doi.org/10.1590/S1516-14392014005000093

Ruviaro, A. S., Dos Santos Lima, G. T., Silvestro, L., Taborda Barraza, M., Cavalcante Rocha, J., De Brito, J., Gleize, P. J. P. y Pelisser, F. (2023). Characterization and investigation of the use of oat husk ash as supplementary cementitious material as partial replacement of Portland cement: analysis of fresh and hardened properties and environmental assessment. *Construction and Building Materials*, *363*, 1-20. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129762

Sakib, N., Hasan, R., Mutalib, A. A., Jamil, M, Raman, S. N. y Kaish, A. B. M. A. (2023). Utilization of sugar mill waste ash as pozzolanic material in structural mortar. *Minerals*, *13*(3), 1-18. https://doi.org/10.3390/min13030324

Tan, K., Qin, Y. y Wang, J. (2022). Evaluation of the properties and carbon sequestration potential of biochar-modified pervious concrete. *Construction and Building Materials*, *314*, Parte A, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125648

Thomas, B. S., Yang, J., Mo, K. H., Abdalla, J. A., Hawileh, R. A. y Ariyachandra, E. (2021). Biomass ashes from agricultural wastes as supplementary cementitious materials or aggregate replacement in cement/geopolymer concrete: a comprehensive review. *Journal of Building Engineering*, *40*, 1-29. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102332

Zhipeng, L. y Xianming, S. (2023). Towards sustainable industrial application of carbon-negative concrete: synergistic carbon-capture by concrete washout water and biochar. *Materials Letters*, *342*. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2023.134368

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

ARTÍCULOS

Uso medicinal de *cola de tlacuache* en San Juan Tlacotenco, Tepoztlán, Morelos

Medicinal use of cola del tlacuache in San Juan Tlacotenco, Tepoztlán, Morelos

María Inés Ayala Enríquez
ORCID: 0000-0002-7637-7264, ines.ayala@uaem.mx
Centro de Investigaciones Biológicas (CIB),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Feliciano García Lara
ORCID: 0000-0002-3875-855X, feliciano.garcia@uaem.mx
Maestría en Estudios Regionales, Centro de Investigación en Ciencias Sociales y Estudios Regionales (CICSER), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Alejandro García Flores
ORCID: 0000-0002-1122-5059, alejandro.garcia@uaem.mx
Centro de Investigaciones Biológicas (CIB),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Erika Román Montes de Oca
ORCID: 0000-0002-9490-6422, erika.romanm@uaem.edu.mx
Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Recepción: 27/03/24. Aceptación: 16/08/24. Publicación: 22/05/25

RESUMEN

Los habitantes de los pueblos originarios de Tepoztlán reconocen y utilizan la planta conocida como *cola de tlacuache* por sus usos medicinales para combatir *enfermedades culturales* o de filiación cultural en niños. La planta es una hierba anual, restringida a las zonas más frías y altas de la Sierra Volcánica Transversal, de la cual es endémica. Su nombre científico es *Gentiana spathacea* Kunth, de la familia Gentianaceae. El objetivo de esta investigación es explicar y caracterizar el uso medicinal y la forma de uso de *Gentiana spathacea* en San Juan Tlacotenco, municipio de Tepoztlán, Morelos, para contrarrestar la enfermedad cultural denominada *yerfresia*. En la NOM-059-SEMARNAT-2010 está considerada como sujeta a protección.

PALABRAS CLAVE

flor de hielo, uso medicinal, enfermedades culturales, yerfresia, llano

ABSTRACT

The inhabitants of the indigenous people of Tepoztlán recognize and use the plant known as *cola del tlacuache* for its medicinal uses to combat cultural or culturally related diseases in children. The plant is an annual herb, restricted to the coldest and highest zones of the Transversal Volcanic Mountain Range of which it is endemic. Its scientific name is *Gentiana spathacea* Kunth, of the family Gentianaceae. The objective of this research is to explain and characterize the medicinal use and form of use of *Gentiana spathacea* in San Juan Tlacotenco, Tepoztlán, Morelos, to counteract the cultural disease called *yerfresia*. It is considered protected under NOM-059-SEMARNAT-2010.

KEYWORDS

ice flower, medicinal use, cultural diseases, yerfresia, plain

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Introducción

La planta conocida como *cola de tlacuache* (*Gentiana spathacea* Kunth) es una planta medicinal que ha sido utilizada desde tiempos ancestrales por los pueblos originarios del municipio de Tepoztlán, Morelos, para curar *enfermedades culturales* propias de la región. En la antropología médica se denomina *síndrome de filiación cultural* a los estados patológicos que se reconocen como no susceptibles de ser traducidos a la nosografía occidental (Greifeld, 2004; Peretti, 2010).

Esta planta fue descrita en la *Historia natural de la Nueva España* (Hernández, 1959). Su nombre en náhuatl, *tlallantlacua cuitlapilli*, se deriva de las palabras compuestas *tlallantlacua*, "en o debajo de la tierra" (*tlallan*) y "lo que come" (*tlacua*); y *cuitlapilli*, "cola" o "rabo de animal", esto es, "cola de *tlacuache* enterrada".

Ramírez Ibarra (2021) analiza las diferentes raíces vegetales que mencionan los manuscritos de Francisco Hernández, entre ellas, *tlallantlacua cuitlapilli*, planta encontrada en las regiones cálidas de Tepoztlán. En su descripción, Hernández refiere que "carece de sabor notable, es mucilagoso, picante y de naturaleza fría y húmeda, cura la tos y demás enfermedades de pecho, y parece al gustarlo, que se masca goma de tragacanto. Dicen algunos que fortalece a las que han dado a luz y a los que sufren cansancio, y que calma los dolores" (1946, p. 730).

Esta planta pertenece al género *Gentiana* de la familia Gentianaceae y se distribuye en las regiones montañosas, con climas templados o fríos, de veintidós estados de México. Se caracteriza por ser herbácea, perenne y raramente anual. El género cuenta con aproximadamente cien especies que se distribuyen en regiones templadas y frías del hemisferio norte (Pringle, 1979; Reiche, 1926). En México se reconocen trece especies y una subespecie.

La especie distribuida en los Altos de Morelos, específicamente en Tepoztlán, es *Gentiana spathacea* (figura 1, p. 4). Se trata de una planta herbácea perenne, de tallos erectos o ascendentes de 30 a 120 cm de alto, glabros o puberulentos; cuenta con hojas sésiles, de lanceoladas a anchamente ovadas, de 3 a 8 cm de largo y de 1 a 3 cm de ancho, con ápice agudo, base redondeada, margen entero y trinervadas, de color verde claro. Su raíz pivotante tiene de 1 a 2 cm de grosor, usualmente ramificada.

Las flores son solitarias o están dispuestas en grupos, de sésiles a cortamente pedunculadas, terminales o en las axilas de las hojas superiores, acompañadas por un par de brácteas foliosas; corola azul-morada, de cilíndrica a ligeramente campanulada; el tubo tiene de 2.5 a 4 cm de largo; lóbulos de elípticos a ligeramente ovados, extendidos, de 5 a 10 mm de largo y apiculados; apéndices interlobulares bicuspidados, de 3 a 6 mm de largo; estambres inclusos y anteras de 2 a 3 mm de largo; el pistilo con estilo corto y el estigma bifurcado y corto; cápsula elíptica de 2 a 4 cm de largo; semillas de 1 a 2 mm de largo, aladas (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2005; Sánchez Sánchez, 1980; Villarreal, 1998; Villarreal-Quintanilla et al., 2009).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

Gentiana spathacea Kunth es una especie propia del centro de México, que extiende su distribución hacia el norte a través de la sierra madre, en los estados de Aguascalientes, Ciudad de México, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Villaseñor, 2016). La planta crece frecuentemente en laderas y claros en medio de bosques de pino-encino y pino-oyamel en las porciones montañosas, a altitudes que van de 1,800 a 3,300 msnm.

Es una hierba que crece hasta 60 cm de alto, cuyas flores se encuentran agrupadas en la parte superior de las ramas y presentan una coloración que va de azul a morado, ya que según la intensidad del frío es la coloración. Florece casi todo el año, pero lo hace principalmente entre diciembre y marzo. Se le conoce como *flor del hielo*, *flor de los hielos*, *hielera* o *yolera*, porque se encuentra en los lugares más fríos y porque en el invierno, a pesar de las heladas, mantiene sus flores.

En Morelos es conocida como *cola de tlacuache* y tiene importancia en la salud de los pueblos originarios de Tepoztlán. El objetivo de la investigación que aquí se presenta fue explicar y caracterizar el uso medicinal y la forma de uso de *Gentiana spathacea* por los habitantes de San Juan Tlacotenco, municipio de Tepoztlán, Morelos.

Materiales y métodos

Área de estudio

San Juan Tlacotenco pertenece al municipio de Tepoztlán y se localiza en el Eje Volcánico Transversal. Está inmerso en el Corredor Biológico Chichinautzin y el Parque Nacional el Tepozteco (figura 2, p. 5), en las coordenadas 19°01'05.4" N y 99°05'37.7" W, a una altitud de 2,370 msnm. Cuenta con 2,249 habitantes, 1,134 mujeres y 1,115 hombres (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2021a).

El pueblo San Juan Tlacotenco presenta un clima (A)C (W"$_2$) (W) a (i)g, que se refiere a un clima semicálido, el más cálido de los climas templados, el cual presentan lluvias en verano y es considerado el más húmedo de los climas subhúmedos, con canícula. El porcentaje de lluvia invernal es menor a cinco, y presenta verano cálido, poca oscilación térmica y marcha de la temperatura tipo Ganges (Taboada et al., 2009).

El territorio que corresponde a la comunidad de estudio presenta una transición gradual de la vegetación, en la que se registra el bosque tropical estacionalmente seco y el bosque de pino, con predominio de pinos, el cual, conforme aumenta la elevación, presenta asociación de pino-encino, oyamel y encinares. Asimismo, dentro de los bosques de encinos hay *parches* de matorral xerófilo que se encuentran en los campos de lava más jóvenes. En las partes más altas hay pastizales subalpinos o zacatonales —conocidos por los lugareños

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

Figura 1

***Cola de tlacuache* (*Gentiana spathacea*)**

Foto: Feliciano García Lara.

como *llanos*—, que se encuentran en el bosque de coníferas cercano o alrededor de los cráteres de los volcanes más altos (Miranda y Hernández-X., 1963).

Método

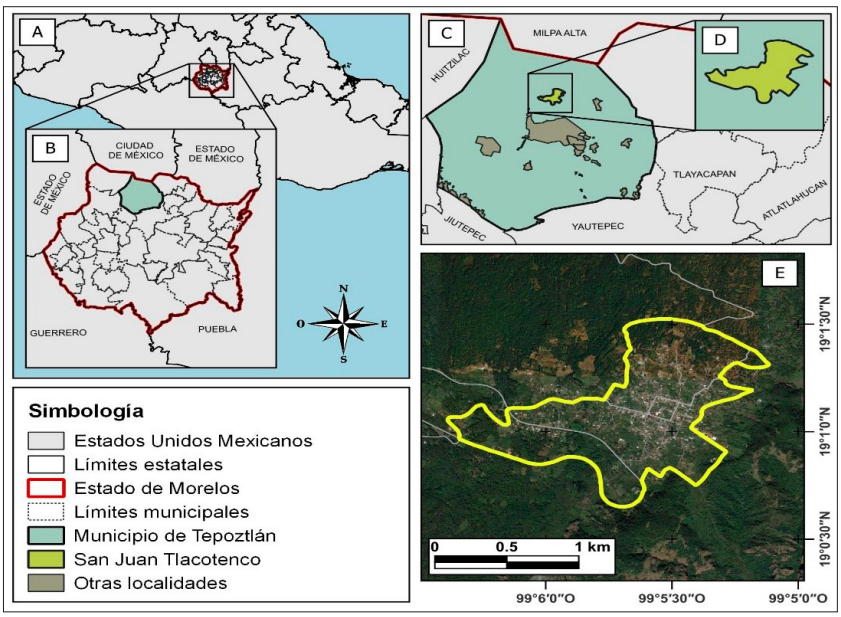
Para facilitar el acceso a la comunidad, el proyecto fue presentado a Israel A., habitante de la comunidad reconocido entre los vecinos, quien participó activamente como portero, informante clave y guía, ya que es la fuente primaria de información (Martín-Crespo y Salamanca, 2007; Taylor y Bogdan, 1987).

Como primer paso, el informante clave recomendó a cinco habitantes de la comunidad, con edades de sesenta a noventa años, para las entrevistas abiertas a profundidad (Guber, 2019) y para escuchar, con base en su experiencia, la historia del pueblo y sus conocimientos sobre el uso de las plantas, lo que permitió interpretar los saberes tradicionales desde la perspectiva de la comunidad, como recomienda Canales Cerón (2006). Los ítems se refirieron a la planta *cola de tlacuache*, descripción botánica, parte útil, lugares de distribución, formas de colecta, enfermedades que cura, formas de uso, destino de la colecta y transmisión del conocimiento.

Las entrevistas abiertas a profundidad fueron grabadas utilizando una grabadora de voz y algunas veces video, con la previa autorización del informante. Además, se tomaron fotografías, video y registro en diario de campo de la observación participante y de los recorridos guiados por los cerros pertenecientes a San Juan Tlacotenco, para la elaboración de colectas botánicas y el reconocimiento de los sitios denominados *llanos*, donde los lugareños

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

Figura 2
Localización geográfica del área de estudio



A) Región Centro de México; B) Morelos, colindancias con otros estados y división política municipal; C) Tepoztlán, localidades y colindancias con otros municipios y alcaldías; D) Ampliación de la poligonal de San Juan Tlacotenco; E) Imagen satelital de las poligonales de las áreas de estudio.

Fuente: elaboración propia con base en datos del INEGI (2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2021b y 2021c).

llevan a cabo el aprovechamiento de la flora silvestre y de los sistemas productivos del cultivo de la milpa, que incluye maíz, ayocote, chícharo, haba y algunas plantas medicinales o aromáticas. Todo esto, para compilar el conocimiento etnobotánico de los habitantes de las diversas zonas del pueblo. Quienes acompañaron los recorridos de colecta fueron don Antonio P. e Israel A., ya que, por su edad y por las labores cotidianas que realizan, el resto de los informantes no pudieron participar en estas actividades.

Resultados

La planta es colectada por personas especialistas de la comunidad, quienes saben reconocerla con base en su conocimiento y experiencia sobre los lugares donde se distribuye y crece. El lugar es conocido como El Llano, porque el terreno está parejo y el sol penetra en su esplendor, a una altitud de 2,300 msnm; el tipo de vegetación es pastizal subalpino.

La parte útil de la planta *cola de tlacuache* es la raíz. Para su obtención, los colectores tienen que arrancar la planta y quitar la raíz, la cual tiene un parecido en forma, color y tamaño a la cola de un tlacuache, de ahí su nombre (figura 3, p. 6).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

Figura 3
Raíz de *cola de tlacuache* recolectada en San Juan Tlacotenco, Tepoztlán, Morelos

Foto: Luis Enrique Cruz Trujillo.

Villarreal-Quintanilla et al. (2009) mencionan que la raíz es pivotante, de 1 a 2 cm de grosor, usualmente ramificada. Aunque en la NOM 059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010) está considerada como sujeta a protección y con una distribución no endémica, Villaseñor (2016), Villarreal (1998) y Villarreal-Quintanilla et al. (2009) la consideran una planta endémica, si bien reiteran que es una especie común y sin problemas de supervivencia. En este caso, se sugiere un estudio más profundo de la población en el estado de Morelos.

La *cola de tlacuache* es utilizada por los habitantes de San Juan Tlacotenco y zonas aledañas para curar la enfermedad cultural yerfresia, causada por la infección de la bacteria *Yerfresia pestis* y catalogada como una enfermedad del sistema respiratorio. Los informantes refieren que esta enfermedad es propia de los bebés, con edades desde un día de nacido hasta diez meses de edad. Entre los síntomas, describen que "les empieza a saltar el pecho —palpitaciones en el tórax—, les da tos y sus labios se oscurecen —cianosis—; si los padres no se dan cuenta o no reconocen la enfermedad, el bebé puede morir, ya que le falta el aire y su corazoncito deja de latir" (comunicación personal).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

De acuerdo con los informantes, la causa de la enfermedad es porque la madre no lleva una dieta baja en azúcares durante la lactancia. Esta enfermedad también se observa en niños de uno a cuatro años, debido a que se les permite el consumo excesivo de dulces y esto les causa tos y problemas respiratorios. El informante E. Alvarado mencionó que en la enfermedad infantil conocida como *ielbresia* —yerfresia— se observa falta de energía en el cuerpo —fatiga—, "sin ganas de hacer nada" —apatía—, mucho sueño y el malestar hace llorar a los niños. Se considera que hay problemas del sistema circulatorio porque los labios se ponen negros —cianosis—. Para bajar el nivel de azúcar se les da té amargo de *cola de tlacuache*.

Por su parte, el informante A. García menciona que, para curar a los bebés, se acomoda una o dos raíces troceadas en una hoja de maíz, envolviéndolas como tamal. Este envoltorio se pone al fuego en el comal, hasta cocerse con el vapor. A este macerado se le extrae el *jugo* y se le da de tomar en gotas al bebé; el residuo se unta en el pecho. Para la tos en niños de mayor edad, se juntan flores de azahar, *yecapatzin* o frijolillo, y la raíz de la *cola de tlacuache* se acomoda en forma de tamal en la hoja; también se cuece al comal y el *jugo* se le da de beber al niño enfermo.

En la literatura se reporta que *Gentiana spathacea* es utilizada en dos regiones del estado de Hidalgo. Por una parte, en Los Cides, Tepeapulco, aunque es poco conocida, pues de cien informantes sólo uno mencionó su uso medicinal para combatir enfermedades en vías respiratorias, se usan las ramas con hojas y flores en una infusión (Reyes-Silva et al., 2008). Por otro lado, el estudio de la *flor de hielo* para uso medicinal en este estado refiere que los habitantes de Mineral del Monte, en la sierra de Pachuca, utilizan la planta para enfermedades respiratorias. Las partes de la planta que se aprovechan dependen de la enfermedad (Aguilar-Hernández et al., 2020).

Por ejemplo, para la bronquitis en adultos, se utilizan las raíces en un macerado con alcohol que se frota en el pecho; para la tos se elabora una cocción con las ramas apicales, incluyendo las hojas, en un compuesto con otras plantas, como chirimoya china, hierba de la víbora, flor de bugambilia, lechuguilla y flor de trompetilla. Los habitantes de la región reconocen una enfermedad en niños llamada alferecía, con síntomas de amarillamiento de la piel, sueño constante, parásitos y anemia. Para curarlos, elaboran una cocción de la raíz de *Gentiana spathacea*, la cual se toma durante cinco días.

El *Diccionario Histórico de la Lengua Española* (1933-1936) (Real Academia Española, 2021) define la alferecía —yerfresia, ierfresia, ielbresia y alferecía— como una enfermedad de la infancia caracterizada por convulsiones y pérdida del conocimiento. El *Diccionario Enciclopédico de la Medicina Tradicional Mexicana* (Universidad Nacional Autónoma de México, 2009) la describe como una enfermedad de la población infantil que se presenta con relativa frecuencia, en particular entre los recién nacidos. Según esta fuente, algunos terapeutas de Puebla refieren que los niños se enferman debido a conductas inconvenientes y accidentes que ha tenido la

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

madre durante el embarazo, como asolearse en exceso, muina (enfado, enojo) o un susto, lo cual se ve reflejado en el hijo.

Los síntomas que presenta el lactante son molestias persistentes, calentura y llanto constante, se queja y no tiene apetito. Después, si no es atendido, los labios, uñas, manos y pies se ponen morados, aumenta su temperatura y puede expulsar espuma por la boca. La aparición de ataques convulsivos, que ya no llore y quede desfallecido indican un agravamiento. El tratamiento que se da en las comunidades de Puebla consiste en suministrar una cucharada de miel rosada dos veces al día, la cual es un jarabe que se expende en las boticas. A la par, se le suministra al niño un té de manzanilla y se le baña con agua de rosas o *muite* (muicle, *Justicia spicigera*). Con este tratamiento se le quita la coloración morada y las molestias y empieza a aceptar la leche de la madre.

Estos síntomas de la alferecía o yerfresia se han descrito en San Juan Tlacotenco, pero sin mencionar las convulsiones. Los informantes refieren que las consecuencias de la alimentación de la madre durante la gestación tienen que ver con la enfermedad del recién nacido, principalmente por el consumo excesivo de dulces. En esta comunidad no se suministran al enfermo jarabes ni miel; tampoco se le pone alcohol porque "está tierno", sólo unas gotas del *jugo* de la raíz de la planta *cola de tlacuache*. Conforme el niño adquiere más edad se le agregan otras plantas al tratamiento.

El informante E. Alvarado menciona que, para el tratamiento de la yerfresia, se utilizan plantas amargas. Šavikin et al. (2015) reportan que la raíz de *Gentiana lutea*, otra especie que se distribuye en México y otros países, posee actividad antinflamatoria y antimicrobiana. Además, contiene amarogentina, uno de los compuestos naturales más amargos (Singh, 2008; Xu et al., 2017). La mayoría de las raíces y rizomas de las especies de *Gentiana* son importantes para el tratamiento de ictericia, neumonía, estreñimiento, dolor, tos y fiebre.

Para *Gentiana spathodea*, el primer trabajo farmacológico se realizo en 1945 por Teresa Salazar, quien encontró que la planta es mucilaginosa y astringente por el tanino presente, lo que ayuda a combatir la diarrea. Los taninos tienen propiedades antibacterianas, astringentes y antivirales (Alamgir, 2017). Posteriormente, en un estudio sobre la actividad espasmolítica de algunas plantas utilizadas por los otomíes de Querétaro para el tratamiento de desórdenes gastrointestinales, Rojas et al. (1999) reportan la eficacia de esta especie para aliviar los síntomas de las dolencias gastrointestinales por su capacidad para relajar el tejido intestinal.

Arriaga Arana et al. (2015) realizaron un estudio fitoquímico de cuatro plantas medicinales, entre ellas, *Gentiana spathacea*, donde dan a conocer la presencia de metabolitos secundarios. Para esta investigación utilizaron flores y hojas, las cuales presentaron fenoles, esteroides, alcaloides, flavonoides, azúcares reductores, saponinas, taninos, cumarinas y glicósidos cardiacos.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

Por su parte, Morales Téllez (2020) encontró taninos, flavonoides, terpenos y fenoles en muestras cultivadas *in vitro* y muestras silvestres de *Gentiana spathodea*. Las hojas y raíces propagadas en laboratorio tuvieron la mayor concentración de triterpenos; el porcentaje más alto de taninos se concentró en las hojas *in vitro* y no difirió en tallos, flores y hojas de campo; los fenoles se encontraron entre las raíces *in vitro*, hojas y tallos de campo; la concentración más alta de flavonoides se presentó en las hojas de plantas silvestres.

Los resultados de estos trabajos son similares a los encontrados en investigaciones sobre el género, en donde se reporta que las xantosonas, triterpenoides y secoiridoides son las sustancias más importantes y responsables de la bioactividad. De acuerdo con la enfermedad, se utilizan tallos, raíces o flores, y se cosechan según su fenología y época del año para la obtención de una mayor concentración del principio activo (Mirzaee et al., 2017; Šavikin et al., 2009; Xu et al., 2017). En San Juan Tlacotenco, esta especie se colecta desde el inicio de la floración hasta enero, cuando las hojas ya han cambiado de color pero la planta aún no ha entrado en dormancia.

Reflexiones finales

La especie *Gentiana spathacea*, perteneciente a la familia Gentianaceae, es conocida como *cola de tlacuache* en los pueblos del municipio de Tepoztlán, Morelos, donde se mantiene su uso para el tratamiento de las enfermedades culturales de la infancia. Esta especie también es conocida como *flor de hielo*, *hielera* o *yolera* a lo largo de la Sierra Madre, donde se distribuye, por lo cual se le considera endémica de México.

En San Juan Tlacotenco, la raíz de *cola de tlacuache*, al ser una planta de calidad caliente, se utiliza para elaborar un remedio contra problemas del sistema respiratorio, principalmente en niños recién nacidos o de un año en adelante, el cual se prepara como un compuesto junto con otras plantas. Estudios farmacológicos reportan la presencia en ella de terpenos, flavonoides, fenoles, xantonas y taninos, que tienen propiedades antibacterianas, astringentes y antivirales y los cuales son principios activos que ayudan a contrarrestar las enfermedades en los niños.

El uso de esta especie es de origen prehispánico, aunque la palabra *yerfresia* tiene raíz europea; la descripción de los síntomas que trata es propia de los pueblos mexicanos. Los habitantes de San Juan Tlacotenco comparten su conocimiento y experiencia en el uso de la raíz de esta planta con vecinos de otros pueblos, por ejemplo, los de Santa Catarina, los de los barrios de Tepoztlán, entre otros.

Los colectores buscan la planta por encargo o porque algún familiar está enfermo; sin embargo, se ha observado una disminución en su población, por lo que se sugiere la continuidad de este proyecto y abordar otros temas, como la propagación y estudios químicos y farmacológicos que contribuyan al conocimiento de esta planta en el municipio de Tepoztlán.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

El conocimiento y uso de la planta *cola de tlacuache* por los habitantes de San Juan Tlacotenco para la cura de la enfermedad cultural yerfresia demuestra la permanencia del conocimiento tradicional sobre los remedios y plantas que, por generaciones, ha sido transmitido a familiares y conocidos, cuyo uso permite la conservación biocultural en los pueblos originarios y ayuda a contrarrestar la ausencia de servicios de salud.

Referencias

Aguilar-Hernández, A., Lugo-Ríos, I. y Vargas-Rivera, L. Á. (2020). La flor del hielo: *Gentiana spathacea* Kunth: uso medicinal en Hidalgo, México. *Herreriana*, *1*(2), 34-35. https://doi.org/10.29057/h.v1i2.5411

Alamgir, A. N. M. (2017). *Therapeutic Use of Medicinal Plants and Their Extracts: Volume 1, Pharmacognosy* (Progress in Drug Research). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63862-1

Arriaga Arana, E. L., Montero Matías, E. D., Bautista Ramírez, M. E. y Gómez y Gómez, Y. de las M. (2015). Evaluación de la actividad antioxidante *in vitro* de los extractos de cuatro plantas medicinales. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 1128-1133. https://revistatediq.azc.uam.mx/Docs/revista_tendencias_2015.pdf

Calderón de Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México* (2ª ed., 1ª reimp.). Instituto de Ecología AC/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf

Canales Cerón, M. (coord. y ed.) (2006). *Metodologías de investigación social. Introducción a los oficios* (1ª ed.). LOM Ediciones. https://imaginariosyrepresentaciones.com/wp-content/uploads/2015/08/canales-ceron-manuel-metodologias-de-la-investigacion-social.pdf

Greifeld, K. (2004). Conceptos en la antropología médica: síndromes culturalmente específicos y el sistema del equilibrio de elementos. *Boletín de Antropología. Universidad de Antioquia*, *18*(35), 361-375. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55703520

Guber, R. (2019). *La etnografía. Método, campo y reflexividad*. Siglo XXI. https://books.google.com.mx/books?id=Fm7ADwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Hernández, F. (1946). *Historia de las plantas de Nueva España*. Tomo III, libros 5°, 6°, 7°. IB-UNAM. https://memoricamexico.gob.mx/swb/memorica/Cedula?oId=WjwQTH8BmKqn7IT6x2LF

Hernández, F. (1959). *Historia natural de nueva España* (vol. 2, pp. 1571-1577). UNAM.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010a). *Vectorial de localidades amanzanadas y números exteriores. Rurales. Cierre de planeación del Censo de Población y Vivienda 2010. Tepoztlán*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825281274

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010b). *Vectorial de localidades amanzanadas y números exteriores. Urbanas. Cierre de planeación del Censo de Población y Vivienda 2010. Tepoztlán*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825309466

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010c). *Cartografía geoestadística rural. Cierre del Censo de Población y Vivienda 2010. Tepoztlán*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825567217

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010d). *Cartografía geoestadística rural. Cierre del Censo de Población y Vivienda 2010. Tepoztlán*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825591779

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021a). *Censo de población y vivienda 2020*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/632/data_dictionary?idPro=

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021b). Áreas geoestadísticas municipales, escala: 1:250000. Edición: 1. INEGI. https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Descargas

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021c). Áreas geoestadísticas estatales, escala: 1:250000. Edición: 1. INEGI. https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Descargas

Martín-Crespo Blanco, M. C. y Salamanca Castro, A. B. (2007). El muestreo en la investigación cualitativa. *Nure Investigación*, (27), 1-4. https://www.nureinvestigacion.es/OJS/index.php/nure/article/view/340/330

Miranda, F. y Hernández-X., E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (28), 29-179. https://doi.org/10.17129/botsci.1084

Mirzaee, F., Hosseini, A., Bakhshi Jouybari, H., Davoodi, A. y Azadbakht, M. (2017). Medicinal, biological and phytochemical properties of Gentiana species. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, *7*(4), 400-408. https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.013

Morales Téllez, L. (2020). *Propagación* in vitro *de* Gentiana spathacea *Kunth y análisis de su composición química*. [Tesis de maestría, UACh]. https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/c79a0757-8746-4356-b7cf-11747bd84f77/content

Peretti, L. (2010). Las "enfermedades culturales", la etnospsiquiatría y los terapeutas tradicionales de Guatemala. *Scripta Ethnologica*, *XXXII*, 17-28. https://caea.ar/scriptaethnologica/index.php/scripta/article/view/69

Pringle, J. S. (1979). Taxonomy and distribution of *Gentiana* (Gentianaceae) in Mexico and Central America. II. Sect. Chondrophyllae. *SIDA. Contributions to Botany*, *8*(1), 14-33. https://ia802808.us.archive.org/28/items/biostor-158540/biostor-158540.pdf

Ramírez Ibarra, J. G. (2021). *Estudio y traducción de la obra* Disputatio Medica de Gialapa *(Jena, 1678) de Johann Ulrich Schmid*. [Tesis de doctorado, COLMICH]. https://colmich.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1016/1077

Real Academia Española (2021). *Tesoro de los diccionarios históricos de la lengua española*. RAE. https://www.rae.es/tdhle/

Reiche, K. F. (1926). *Flora excursoria en el valle central de México. Claves analíticas y descripciones de las familias y géneros fanerogámicos*. Talleres Gráficos de la Nación. https://archive.org/details/floraexcursoriaooreic/page/1/mode/1up

Reyes-Silva, J. A., Villavicencio-Nieto, M. Á. y Pérez-Escandón, B. E. (2008). Plantas medicinales usadas para infecciones respiratorias en Los Cides, Tepeapulco, Hidalgo. En G. Pulido-Flores, S. Monks, R. Miranda y D. Galicia (eds.), *Estudios científicos en el lago de Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas* (pp. 99-108). UAEH/UNAV. https://shorturl.at/5UzHs

Rojas, A., Bah, M., Rojas, J. I., Serrano, V. y Pacheco, S. (1999). Spasmolytic activity of some plants used by the Otomi Indians of Querétaro (México) for the treatment of gastrointestinal disorders. *Phytomedicine*, *6*(5), 367-371. https://doi.org/10.1016/s0944-7113(99)80061-0

Sánchez Sánchez, Ó. (1980). *La flora del Valle de México*. Herrero.

Šavikin, K., Aljančić, I. S., Vajs, V. E, Milosavljević, S. M., Jadranin, M., Đorđević, I. y Menković, N. R. (2015). Bioactive Secondary Metabolites in Several Genera of Gentianaceae Species from the Central Regions of the Balkan Peninsula. En Rybczyński, J., Davey, M., Mikuła, A. (eds.), *The Gentianaceae - Volume 2: Biotechnology and Applications* (pp. 319-347). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54102-5_14

Šavikin, K., Menković, N., Zdunić, G., Stević, T., Radanović, D. y Janković, T. (2009). Antimicrobial activity of *Gentiana lutea* L. extracts L. *Zeitschrift für Naturforschung. C*, *64*(5-6), 339-342. https://doi.org/10.1515/znc-2009-5-606

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (30 de diciembre de 2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *DOF*, *CDLXXXVII*(23), Segunda Sección, ed. mat., 1-78. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/nom_059_semarnat_2010.pdf

Singh, A. (2008). Phytochemicals of Gentianaceae: A Review of Pharmacological Properties. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology (IJPSN)*, *1*(1), 33-36. https://doi.org/10.37285/10.37285/ijpsn.2008.1.1.4

Taboada, M. de los Á., Granjeno, A. y Guadarrama, R. O. (2009). *Normales climatológicas (temperatura y precipitación) del estado de Morelos*. UAEM.

Taylor, S. J. y Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Paidós. https://pics.unison.mx/maestria/wp-content/uploads/2020/05/Introduccion-a-Los-Metodos-Cualitativos-de-Investigacion-Taylor-S-J-Bogdan-R.pdf

Universidad Nacional Autónoma de México (2009). Alferecía. *Diccionario Enciclopédico de la Medicina Tradicional Mexicana*. UNAM. http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/demtm/termino.php?l=1&t=alferecia

Villarreal Q., J. A. (1998). *Flora del Bajío y regiones adyacentes. Familia Gentianaceae*, fasc. 65. https://doi.org/10.21829/fb.272.1998.65

Villarreal-Quintanilla, J. A., Estrada-Castillón, A. E. y Jasso de Rodríguez, D. (2009). The genus *Gentiana* (Gentianaceae) in Mexico. *Polibotánica*, (27), 1-16. https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n27/n27a1.pdf

Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *87*(3), 559-902. https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017

Xu, Y., Li, Y., Maffucci, K. G., Huang, L. y Zeng, R. (2017). Métodos analíticos de fitoquímicos del género *Gentiana*. *Molecules*, *22*(12), 1-40. https://doi.org/10.3390/molecules22122080

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/3

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/4

ARTÍCULOS

Taxonomía integrativa: la importancia de usar muchos caracteres para identificar especies

Integrative taxonomy: the importance of using numerous characters to identify species

Leopoldo Andrade Gómez
ORCID: 0000-0003-4535-3902, leoango23@gmail.com
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida (ENES Mérida), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Gerardo Pérez Ponce de León
ORCID: 0000-0001-6472-5113, ppdleon@enesmerida.unam.mx
Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida (ENES Mérida), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Alejandra López Jiménez
ORCID: 0000-0002-4032-6094, aleloji@ciencias.unam.mx
Facultad de Ciencias (FC), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Recepción: 03/10/24. Aceptación: 10/02/25. Publicación: 24/06/25

RESUMEN

La práctica taxonómica es inherente a la necesidad del ser humano de nombrar a los objetos y seres vivos de su entorno. Carlos Linneo fundó la disciplina de la taxonomía en un ámbito completamente biológico; además, propuso nombrar las especies bajo un concepto binomial: género y especie. La taxonomía tradicional tuvo que reinventarse bajo nuevos enfoques y tecnologías, incluyendo la incorporación de secuencias de ADN. En este sentido, la taxonomía integrativa se enfocó en estudiar la biodiversidad mediante diferentes fuentes de información. En el presente trabajo se repasan los enfoques actuales y los diferentes usos de la taxonomía integrativa, así como las limitantes que ésta presenta.

PALABRAS CLAVE

sistemática, taxonomía, ADN, especies, diversidad biológica, morfología

ABSTRACT

The practice of taxonomy is inherent to the need of human beings to name the objects and living beings in their environment. Carlos Linneo founded the discipline of taxonomy in a completely biological sphere, addition, proposed naming species under a binomial concept, genus and species. The traditional taxonomy had to be reinvented under new approaches and technologies, including the incorporation of DNA sequences. In this sense, the integrative taxonomy focused on studying biodiversity through different sources of information. This paper reviewed the current approaches and the different uses of integrative taxonomy, as well as its limitations.

KEYWORDS

systematics, taxonomy, DNA, species, biological diversity, morphology

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Introducción

La taxonomía es la rama de la biología que se dedica a la identificación, clasificación y descripción de las especies (Mayr y Ashlock, 1991). La práctica taxonómica es inherente a la necesidad del ser humano de conocer y nombrar a los objetos y seres vivos de su entorno. De esta forma se tiene un panorama más amplio con el cual comunicarnos y entendernos, debido a que hacemos uso de las especies que nos rodean para alimento, vestido, casa, entre otros.

Este deseo de conocer nuestro entorno y describirlo se remonta a la época de los griegos, pasando por la Edad Media y, finalmente, en la edad moderna, a través de la fundación de la disciplina desarrollada por el naturalista sueco Carlos Linneo (1707-1778), quien es considerado el padre de la taxonomía. Linneo describió aproximadamente seis mil especies de plantas y cuatro mil especies de animales, incluyendo el nombre *Homo sapiens* para la especie humana.

Además de la descripción de muchas especies del planeta, una de las mayores contribuciones de Linneo fue el desarrollo del sistema de nomenclatura binomial. Éste se refiere a que los nombres de las especies estén conformados por dos palabras (binomio), las cuales pertenecen a dos categorías taxonómicas: género y especie (Knapp et al., 2004). Asimismo, se le atribuye el utilizar un lenguaje universal, a través del uso del latín y la implementación de un sistema de organización en el que las categorías taxonómicas se incluyen unas dentro de otras (figura 1, p. 3).

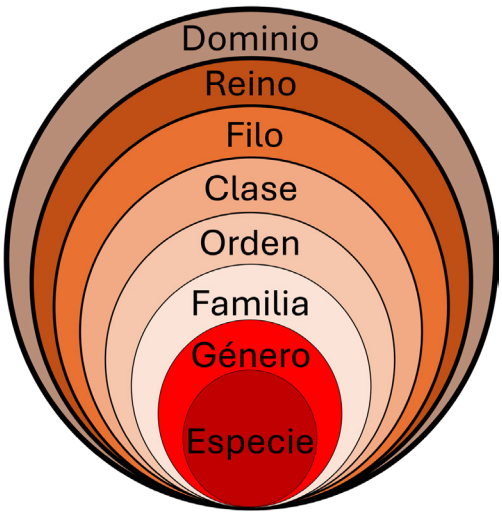
El principal objetivo de estas clasificaciones era reconocer grupos de organismos que tuvieran características en común. En este sentido, se asumía que las especies que pertenecen a un género en particular provienen de un ancestro común; por lo tanto, compartirán ciertas particularidades. Por ejemplo, se reconocen entre diez y doce especies pertenecientes al género *Homo*, aunque casi todas están extintas. Algunas de ellas son, por ejemplo, *Homo sapiens*, *H. erectus*, *H. habilis* y *H. neanderthalensis*, entre otras. El género *Homo* indica que todas estas especies provienen de un ancestro común.

Si hacemos una analogía, el género correspondería al apellido y la especie al nombre. En este ejemplo, el apellido une a los integrantes de una familia y el nombre distingue a cada uno de ellos (Argue et al., 2017; Wood, 1992). Se puede generalizar que una especie es considerada como un conjunto de organismos que provienen de un ancestro en común y que evolucionan de manera separada de otros grupos de organismos. No obstante, el concepto de especie es un tema que ha generado debate durante muchos años y probablemente nunca se llegue a un acuerdo dentro de la comunidad científica; basta con mencionar que existen más de cien definiciones de especie (Zachos, 2016).

En cuanto a la pregunta acerca de por qué denominar a las especies con nombres curiosos y en latín, la respuesta es que se nombran así para que cualquier persona pueda identificar y saber de qué organismo se trata. Los nombres de las especies son asignados por el taxónomo que las describe por primera vez; en ocasiones se utiliza alguna característica en

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/4

Figura 1
Principales categorías taxonómicas



Fuente: elaboración propia.

particular que posee la especie. Por ejemplo, puede ser algún rasgo sobre su morfología, o algún aspecto ecológico, o quizá se haga referencia al lugar en el que se encontró la especie, entre otras. Es decir, el nombre de la especie nos permite tener una idea de cómo podría ser ésta o dónde podría estar ubicada.

Un ejemplo claro podemos encontrarlo en el elefante africano de la sabana, cuyo nombre científico es *Loxodonta africana*. En primer lugar, el epíteto específico*, africana,* nos indica que es un organismo que se encuentra distribuido en África. Retomando el ejemplo del *Homo sapiens*, el género *Homo* se refiere a un homínido, y *sapiens*, a la cualidad de *inteligente*, es decir, es un *homínido inteligente*. Pero ¿qué tal la especie *Darthvaderum greensladeae*? Este ácaro es famoso debido a que la parte anterior de su cuerpo se asemeja a la máscara de Darth Vader, personaje de las películas de la serie *La guerra de las galaxias*; a su vez, *greensladeae* hace referencia a que se trata de una especie que se describió en honor a Penelope Greenslade, investigadora experta en artrópodos.

Otro ejemplo es el del hongo *Spongiforma squarepantsii* que, como su nombre lo indica, se describió así en honor al personaje de la serie de televisión animada *Bob Esponja*. De acuerdo con los autores, se le nombró de esta manera debido a la forma del cuerpo del hongo, así como por la presencia de filamentos que se asemejan a pequeñas esponjas. Por lo tanto, de manera general, los nombres científicos de las especies nos indican características particulares de los organismos observados (Cuvier, 1827; Desjardin et al., 2011; Hunt, 1996).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/4

Taxonomía integrativa

Hace algunos años se reconoció que la biología debía tener un enfoque multidisciplinario (Wake, 2003). Por lo general, ésta se consideraba tan sólo como una disciplina descriptiva y no eran claros los alcances de la información que se producía de la práctica taxonómica. En los últimos veinte años, la taxonomía ha tenido que reinventarse, por lo que, en 2005, un investigador estadounidense especialista en el estudio taxonómico de moluscos, Benoît Dayrat, publicó un trabajo donde definió la taxonomía integrativa de manera puntual como una aproximación al estudio de la diversidad en la que se consideran diferentes fuentes de información, lo que le confiere precisamente un carácter multidisciplinario.

Dayrat (2005) definió la *taxonomía integrativa*, entonces, como "una disciplina que ayuda a delimitar las unidades de la diversidad de la vida desde perspectivas múltiples y complementarias". Por lo tanto, esta disciplina tiene como objetivo delimitar, y a partir de ello nombrar, a las especies utilizando diferentes fuentes de evidencia, así como proveer la información necesaria para poder clasificarlas. Esta forma de aproximar la descripción de la biodiversidad surgió como un complemento a la práctica de la taxonomía tradicional, aquella que se basa sólo en los caracteres morfológicos de los organismos.

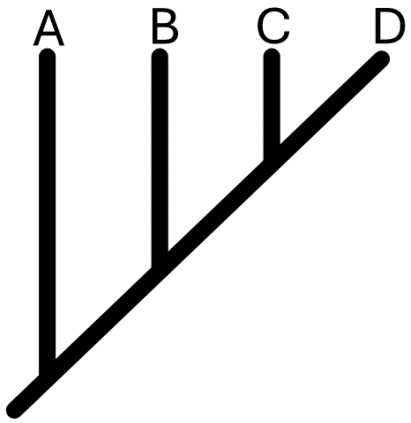
La morfología demostró ser una fuente de evidencia que, si bien ha sido la base del reconocimiento de las especies, tiene la desventaja de que, en ocasiones, la misma variación entre los individuos se convierte en un reto para explicar cuándo estamos tratando con dos entidades diferentes. Por ejemplo, en las cícadas, que son plantas gimnospermas, es decir, que tienen semillas desnudas, como los pinos, se ha observado que la especie *Zamia paucijuga* presenta gran variación en el tamaño de sus foliolos (hojas modificadas). Si sólo nos basamos en ese carácter, podríamos concluir erróneamente que cada forma distinta del foliolo de esta especie correspondería a una especie diferente (Nicolalde-Morejón et al., 2019). Por lo anterior, es de suma importancia utilizar más de una evidencia al momento de delimitar y describir a las especies, es decir, tener múltiples fuentes de información.

En este sentido, la taxonomía integrativa utiliza diferentes fuentes de evidencia para generar hipótesis robustas y, de esa forma, delimitar adecuadamente a las especies. En años recientes, diversos estudios enfocados en la taxonomía integrativa han recurrido al uso de secuencias de ADN, también conocidas como marcadores moleculares. Estos marcadores han permitido contrastar, robustecer y complementar la taxonomía tradicional. Los marcadores moleculares son secuencias del ADN nuclear o mitocondrial que se utilizan normalmente bajo un enfoque filogenético, esto es, las secuencias se comparan con otras parecidas y se generan árboles filogenéticos que nos permiten inferir la historia evolutiva de las especies, a partir de lo cual un taxónomo puede construir un sistema de clasificación (figura 2, p. 5) (Avise, 1994).

Adicionalmente, con las secuencias de ADN se calcula la divergencia genética con respecto a las otras especies analizadas, es decir, se realiza una estimación de las diferencias

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/4

Figura 2
Esquema filogenético con cuatro especies hipotéticas



Fuente: elaboración propia.

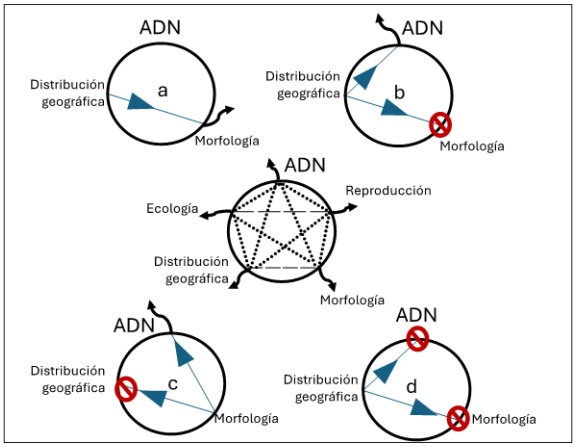
genéticas entre los individuos, que es una forma de establecer límites entre ellos para poder decidir si son especies diferentes; por ello, esta fuente de caracteres resulta ser complementaria de la morfología. En algunas ocasiones los datos moleculares informan sobre la existencia de una especie que no ha sido descrita con anterioridad y que no puede ser diferenciada de las demás morfológicamente, pero que está separada genéticamente: éstas también son conocidas como *especies crípticas*. Sin embargo, esto debe tomarse con precaución, porque los datos moleculares pueden fallar en la separación entre especies cuando el taxónomo ha encontrado suficiente evidencia morfológica para considerar que son dos especies distintas. Por lo tanto, la taxonomía tradicional basada en los caracteres morfológicos de los organismos se complementa con el enfoque de la biología molecular.

Además de los caracteres morfológicos y moleculares como fuentes de evidencia para sustentar las hipótesis de especies, la taxonomía integrativa abarca otras disciplinas para su validación. Los aspectos ecológicos también son de suma importancia para reconocer diferencias entre especies. Por ejemplo, se ha observado que los parásitos tienen una estrecha relación con sus hospederos, que es referida como *especificidad hospedatoria*; esta asociación ecológica *per se* es otra evidencia para diferenciar a una especie de otra (Pérez-Ponce de León et al., 2016).

Asimismo, la distribución geográfica de las especies es otro tipo de evidencia que nos permite discernir entre especies. La biogeografía es la disciplina encargada de estudiar la distribución de las especies, pues éstas se encuentran en una determinada región geográfica, ya sea por eventos históricos o ecológicos. Otras fuentes de evidencia implementadas en la taxonomía integrativa en diferentes grupos de organismos abarcan desde la bioacústica en aves y

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/4

Figura 3
El círculo taxonómico



Las líneas discontinuas en la parte interior del círculo indican las vías que pueden seguirse para corroborar a las especies. La única manera de delimitar un nuevo taxón es salirse del círculo. a) Morfología con distribución geográfica. b) Especies crípticas: la distribución geográfica se comprueba con la morfología. La morfología no corrobora la hipótesis geográfica, por lo que el taxónomo no puede salirse del círculo. Manteniendo la hipótesis geográfica, el taxónomo examina secuencias de ADN y se produce la corroboración. c) Especies simpátricas: no hay patrón geográfico en la distribución de los diferentes tipos morfológicos, por lo que el taxónomo utiliza secuencias de ADN para probar la hipótesis morfológica; así es como corrobora la hipótesis morfológica, con lo que el taxónomo sale del círculo. d) No hay detección de un nuevo taxón: la hipótesis geográfica se comprueba con morfología. La información morfológica falla, la hipótesis geográfica y la hipótesis morfológica se prueban con información de secuencias de ADN. La información de ADN no permite rechazar la hipótesis de la ausencia de nuevos taxones; por lo tanto, el taxónomo no puede salir del círculo y la conclusión es que sólo existe un taxón.

Fuente: modificado de DeSalle et al. (2005).

anfibios y los modelos de distribución en reptiles, hasta los compuestos químicos generados por diferentes insectos, ciclos de vida en moluscos, entre otros (Alström et al., 2015; Rakotoarison et al., 2017). Sin embargo, la gran mayoría de los estudios se han enfocado en secuencias de ADN, la mayoría bajo un contexto filogenético, como se vio anteriormente.

No obstante, aunque la taxonomía integrativa utiliza la mayor cantidad de información disponible sobre una especie para delimitarla, es importante hacer notar sus alcances. Por ejemplo, en ocasiones las distintas fuentes de evidencia se contradicen entre sí. Esto quiere decir que algún carácter no concuerda con los demás analizados. Por lo anterior, se han realizado dos diferentes métodos de integración dentro de la taxonomía: el primero es por acumulación y el segundo por congruencia. El enfoque de integración por acumulación separa

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/4

Figura 4
Delimitación del concepto de especie a través de diferentes caracteres

Fuente: elaboración propia.

especies con algún grado de divergencia en uno o más caracteres taxonómicos, por ejemplo, ADN o morfología. Es decir, asume que la diferencia en cualquier característica entre los individuos constituye un carácter taxonómico que puede aportar evidencia suficiente para separar especies (De Queiroz, 2007). De este modo, los taxónomos pueden seleccionar el conjunto de caracteres taxonómicos más apropiados para cada grupo de organismos. Por otro lado, el enfoque de integración por congruencia separa especies combinando dos o más caracteres taxonómicos, por ejemplo, caracteres moleculares, como el ADN, más la morfología, con el objetivo de obtener concordancia entre los diferentes conjuntos de información.

DeSalle et al. (2005) elaboraron un esquema donde se ilustra que la congruencia entre dos caracteres taxonómicos o más es un factor importante para determinar la validez de una especie (figura 3, p. 6). La principal ventaja del enfoque de integración por congruencia es la incorporación de diferentes caracteres taxonómicos, lo que proporciona una mayor confianza en la validez de las especies. No obstante, ambos métodos tienen limitantes al momento de estimar el número de especies. El primer método puede sobreestimar el número de especies al identificar especies distintas cuando probablemente exista variación en algún carácter. Por ejemplo, las poblaciones coespecíficas pueden ser muy distintas desde el punto de vista morfológico, pero sería erróneo considerarlas especies distintas. Por el contrario, el segundo método es un enfoque muy estricto que podría subestimar el número de especies al no poder detectar especies crípticas —morfológicamente similares pero genéticamente diferentes— o recientemente separadas, debido a que el proceso de especiación no siempre va acompañado de un cambio de carácter en todos los niveles (Padial et al., 2010).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/4

Conclusiones

La taxonomía integrativa proporciona un enfoque pluralista que agrega la mayor cantidad de fuentes de evidencia para delimitar a las especies, lo que tiene consecuencias para la descripción de la biodiversidad y para la construcción de esquema de clasificación como parte del árbol de la vida en el planeta. Para ello, utiliza todos los caracteres posibles, como los morfológicos, moleculares, ecológicos, biogeográficos, compuestos químicos, bioacústica, modelos de distribución, filogeografía, ontogenia, entre otros (figura 4, p. 7). Es decir, toda la información que la especie pueda proporcionar es utilizada de manera complementaria, pero al mismo tiempo estos caracteres se contrastan entre ellos para, de este modo, circunscribir cada especie. La taxonomía integrativa aborda las limitantes de utilizar un solo carácter a través de un enfoque más completo y preciso, es decir, de manera holística. Por lo tanto, promueve una comprensión más profunda de la diversidad biológica y permite entender las relaciones evolutivas entre las especies. Por lo anterior, alentamos al lector a continuar estudiando la biodiversidad desde un enfoque integral.

Referencias

Alström, P., Xia, C., Rasmussen, P. C., Olsson, U., Dai, B., Zhao, J., Leader, P. J., Carey, G. J., Dong, L., Cai, T., Holt, P. I., Le Manh, H., Song, G., Liu, Y., Zhang, Y. y Lei, F. (2015). Integrative taxonomy of the russet bush warbler *Locustella mandelli* complex reveals a new species from central China. *Avian Research*, *6*, 9, 1-33. https://doi.org/10.1186/s40657-015-0016-z

Argue, D., Groves, C. P., Lee, M. S. Y. y Jungers, W. L. (2017). The affinities of *Homo floresiensis* based on phylogenetic analyses of cranial, dental, and postcranial characters. *Journal of Human Evolution*, *107*, 107-133. https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2017.02.006

Avise, J. C. (1993). Kinship and intraspecific phylogeny. En *Molecular markers, natural history and evolution* (pp. 190-251). Springer. https://books.google.com.mx/books?id=aWSbZf-dRbEC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Cuvier, F. (1827). L'elephant d'Mrique. En *Histoire naturelle des mammifères* (pp. 51-52), París, 3(5), 51-52.

Dayrat, B. (2005). Towards integrative taxonomy. *Biological Journal of the Linnean Society*, *85*(3), 407-417. https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00503.x

DeSalle, R., Egan, M. G. y Siddal, M. (2005). The unholy trinity: taxonomy, species delimitation and DNA barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *360*, 1905-1916. https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1722

De Queiroz, K. (2007). Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology*, *56*(6), 879-886. https://doi.org/10.1080/10635150701701083

Desjardin, D. E., Peay, K. G. y Bruns, T. D. (2011). *Spongiforma squarepantsii*, a new species of gasteroid bolete from Borneo. *Mycologia*, *103*, 1119-1123. https://doi.org/10.3852/10-433

Hunt, G. S. (1996). Description of predominantly arboreal platermaeoid mites from eastern Australia (Acarina: Cryptostigmata: Plateremaeoidea). *Records of the Australian Museum*, *48*, 303-324.

Knapp, S., Lamas, G., Lughadha, E. N. y Novarino, G. (2004). Stability or stasis in the names of organisms: the evolving codes of nomenclature. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 359, 611-622. http://doi.org/10.1098/rstb.2003.1445

Mayr, E. y Ashlock, P. D. (1991). *Principles of systematic zoology*. McGraw-Hill.

Nicolalde-Morejón, F., Martínez-Domínguez, L., Stevenson D. W. y Vergara-Silva, F. (2019). Disentangling the identity of *Zamia* from Mexican Pacific seaboard, with a description of a new species. *Nordic Journal of Botany*, *37*(9), 1-9. https://doi.org/10.1111/njb.02430

Padial, J. M., Miralles, A., De la Riva, I. y Vences, M. (2010). The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology*, *7*, 2-14. https://doi.org/10.1186/1742-9994-7-16

Pérez-Ponce de León, G., García-Varela, M., Pinacho-Pinacho, C. D., Sereno-Uribe A. L. y Poulin, R. (2016). Species delimitation in trematodes using DNA sequences: Middle-American *Clinostomum* as a case study. *Parasitology*, *143*(13), 1773-1789. https://doi.org/10.1017/S0031182016001517

Rakotoarison, A., Scherz, M. D., Glaw, F., Köhler, J., Andreone, F., Franzen, M., Glos, J., Hawlitschek, O., Jono, T., Mori, A., Ndriantsoa, S. H., Raminosoa, N. R., Riemann, J. C., Rödel, M.-O., Rosa, G. M., Vieites, D. R., Crottini, A. y Vences, M. (2017). Describing the smaller majority: integrative taxonomy reveals twenty-six new species of tiny microhylid frogs (genus *Stumpffia*) from Madagascar. *Vertebrate Zoology*, *67*(3), 271-398. https://doi.org/10.3897/vz.67.e31595

Wake, M. H. (2003). What is "integrative biology"? *Integrative and Comparative Biology*, *43*(2), 239-241. https://doi.org/10.1093/icb/43.2.239

Wood, B. (1992). Origin and evolution of the genus Homo. *Nature*, *355*, 783-790. https://doi.org/10.1038/355783a0

Zachos, F. E. (2016). *Species concepts in biology. Historical development, theoretical foundations and practical relevance*. Springer.

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

ARTÍCULOS

Infoquímicos o semioquímicos: un ejemplo de clasificación unificada usando triatominos

Infochemical or semiochemical: an example of a unified classification using triatomines

Julio C. Rojas
ORCID: 0000-0002-5730-5388, jrojas@ecosur.mx
Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, Grupo de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula

Alejandro Córdoba Aguilar
ORCID: 0000-0002-5978-1660, acordoba@iecologia.unam.mx
Laboratorio de Ecología de la Conducta de Artrópodos, Instituto de Ecología (INECOL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Leopoldo Cruz López
ORCID: 0000-0001-9569-1251, lcruz@ecosur.mx
Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, Grupo de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula

David Alavez Rosas
ORCID: 0000-0002-5730-5388, alavezd@yahoo.com
Laboratorio de Ecología de la Conducta de Artrópodos, Instituto de Ecología (INECOL), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Recepción: 25/05/24. Aceptación: 15/11/24. Publicación: 27/06/25.

RESUMEN

La ecología química se encarga de estudiar los compuestos químicos de los insectos, así como su relación e interacción con la naturaleza. Las sustancias que se encargan de transmitir información han sido clasificadas como infoquímicos o semioquímicos. Sin embargo, se ha planteado la posibilidad de concretar una clasificación unificada. En este artículo, damos el contexto de ambas clasificaciones y discutimos la idea de unificarlas, enfocándonos en los triatominos, insectos considerados como chinches de importancia médica. Tener una clasificación que englobe todos los fenómenos químicos en la comunicación de las especies puede ayudar a tener mejores maneras de controlar estos insectos.

PALABRAS CLAVE

ecología química, feromonas, aleloquímicos, hormonas, chinches besuconas, triatominos

ABSTRACT

Chemical ecology is responsible for studying the chemical compounds of insects, as well as their relationship and interaction with nature. Substances that carry information have been classified as infochemicals or semiochemicals. However, the possibility of a unified classification was raised. In this article, we give the context of both classifications and discuss the idea of unifying them, focusing on triatomines (insects of medical importance). Having a classification that encompasses all chemical phenomena in the communication of the species can help us to have better ways to control these insects.

KEYWORDS

chemical ecology, pheromones, allelochemicals, hormones, kissing bugs, triatomines

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Introducción

Los insectos son esenciales para el equilibrio de la naturaleza. Polinizan las plantas, lo que permite la producción de frutas y semillas, y también descomponen la materia orgánica, como hojas y restos de animales, convirtiéndolos en nutrientes para el suelo. Además, son una fuente de alimento para muchos otros animales. Sin insectos, la naturaleza no funcionaría de la misma manera y muchos ecosistemas estarían en grave peligro.

Un hecho maravilloso de los insectos es que utilizan sustancias químicas para atraer pareja, marcar territorio y advertir a otros sobre posibles peligros. Estos compuestos químicos no sólo les ayudan a vivir y reproducirse, sino que también afectan a otras especies y a todo el ecosistema. Comprender estos procesos químicos nos ayuda a proteger el equilibrio natural y a mantener la salud de los ambientes en los que vivimos (Scudder, 2017).

La ecología química de insectos es crucial para entender cómo estos pequeños seres se comunican y sobreviven en la naturaleza. Esta disciplina estudia el papel funcional de los compuestos químicos involucrados en las interacciones inter e intraespecíficas de los organismos, así como dentro de los individuos (Wortman-Wunder y Vivanco, 2011). En la comunicación química hay un emisor, una señal (una molécula o una mezcla de ellas) y un receptor (Wyatt, 2014).

Es un hecho que todos los organismos en el planeta nos comunicamos usando sustancias químicas. Sin embargo, desde hace décadas hay un dilema conceptual en ecología química. A las sustancias que intervienen en la comunicación intra e interespecífica se les bautizó como *semioquímicos*; sin embargo, tiempo después, con más estudios y contribuciones a las definiciones, se les llamó *infoquímicos*. La primera clasificación define que los semioquímicos son sustancias involucradas en la interacción química entre dos organismos y cataloga los compuestos usando dos criterios: origen y costo-beneficio.

Tomando como criterio principal el origen de los compuestos, los semioquímicos se dividen en feromonas, sustancias secretadas por el emisor que causan una reacción en otro organismo de la misma especie, y aleloquímicos, sustancias secretadas por el emisor que causan una reacción en otro organismo de diferente especie. A su vez, las feromonas se clasifican de acuerdo con el comportamiento asociado: agregación, marcaje sexual, alarma, entre otros, y los aleloquímicos se dividen en tres categorías: alomonas, que benefician al emisor; cairomonas, que benefician al receptor, y sinomonas, que benefician tanto al emisor como al receptor (Law y Regnier, 1971; Nordlund y Lewis, 1976).

La segunda clasificación que denomina *infoquímicos* a estas sustancias químicas las define como sustancias que transmiten información en la interacción entre dos organismos (Dicke y Sabelis, 1988). Esta clasificación elimina el criterio del origen, ya que muchas veces es difícil saber quién produce los compuestos, por ejemplo, cuando las sustancias son generadas por microrganismos asociados al emisor y no propiamente por este último. Un caso como

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

éste sucede con algunos componentes de la feromona de agregación de los descortezadores del pino, que son producidos por microrganismos que viven en el insecto. Además, el criterio de costo-beneficio se extiende a las feromonas, ya que en la anterior clasificación sólo se aplicaba a los aleloquímicos.

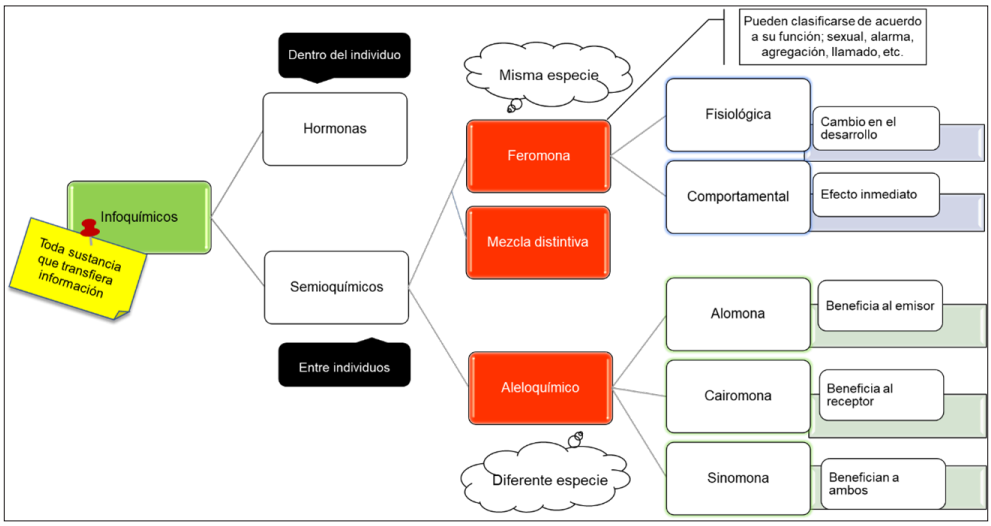
De este modo, las feromonas son clasificadas en (+, -), (-, +) o (+, +), dependiendo de si benefician al emisor, al receptor o a ambos. Un ejemplo de esta clasificación ocurre con la abeja sin aguijón *Melipona solani* Cockerell. Cuando las obreras de esta especie son molestadas producen una feromona de alarma que hace que los conespecíficos se alejen del peligro (Alavez-Rosas et al., 2019); así, esta feromona de alarma sería (+, +). Por otra parte, un ejemplo de lo que sería una feromona (-, +) se observa en la respuesta de los áfidos al ataque de los enemigos naturales. Los áfidos, al ser depredados, secretan gotas de un líquido proveniete de estructuras especializadas, llamadas cornículas, las cuales se ubican en la superficie posterior superior del abdomen. Estas secreciones contienen una feromona de alarma. El individuo, al emitir esta feromona, se pone en peligro a sí mismo al hacerse más evidente al depredador, mientras que los receptores (otros áfidos) paran de alimentarse, se alejan de la señal y, a menudo, se dejan caer de la planta huésped para evitar convertirse en presas (Song et al., 2021).

En años recientes se propuso una clasificación que trata de unificar los términos (infoquímicos y semioquímicos), la cual involucra las hormonas, que son sustancias que acarrean mensajes dentro de los organismos (Müller et al., 2020; Wehrenfenning et al., 2013). En las primeras dos clasificaciones, las hormonas no estaban clasificadas como infoquímicos o semioquímicos, ya que sólo se incluían las interacciones entre organismos. En esta nueva clasificación se nombra como infoquímicos a todas las sustancias que acarrean información, tanto dentro como fuera de los individuos, y se les agrupa en hormonas, moléculas que regulan la fisiología, el desarrollo y el comportamiento del individuo, y semioquímicos, sustancias químicas que median la transferencia de información entre individuos de la misma o de diferente especie. Además, se propone mantener la clasificación de feromonas y aleloquímicos. En el glosario se muestran las definiciones de cada una de estas sustancias.

Adicionalmente, debido al conocimiento generado en años posteriores a la propuesta de las dos clasificaciones originales, se acepta que las feromonas se dividen en dos categorías: feromonas fisiológicas, que inducen cambios en el desarrollo del receptor y pueden llevar a alteraciones conductuales a largo plazo, y feromonas comportamentales, que producen efectos inmediatos en el comportamiento del receptor. También, debido al estudio de más interacciones de animales sociales (ratones, abejas y hormigas), se ha planteado la existencia de una mezcla de compuestos que median la comunicación intrespecífica además de las feromonas, llamada *mezcla distintiva*, que permite distinguir entre individuos, grupos o colonias. En la figura 1 (p. 4) se muestra una clasificación unificada de las sustancias

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

Figura 1
Clasificación unificada de las sustancias que transfieren información en los seres vivos



Fuente: adaptado de Müller et al. (2020), Wehrenfenning et al. (2013) y Wyatt (2014).

que transmiten información; sin embargo, sólo el tiempo dirá si esta nueva clasificación es adoptada por los ecólogos químicos.

Aplicando la propuesta de clasificación unificada: el caso de las *chinches besuconas*

Es importante contar con una terminología que englobe la mayor cantidad de fenómenos observados en las interacciones químicas entre los organismos, ya que esto reduce la ambigüedad e incrementa la claridad para que los estudiosos de la ecología química puedan entenderse. Por ello, a continuación describimos cómo esta clasificación unificada puede aplicarse a la comunicación química de insectos, específicamente de los triatominos (Triatominae).

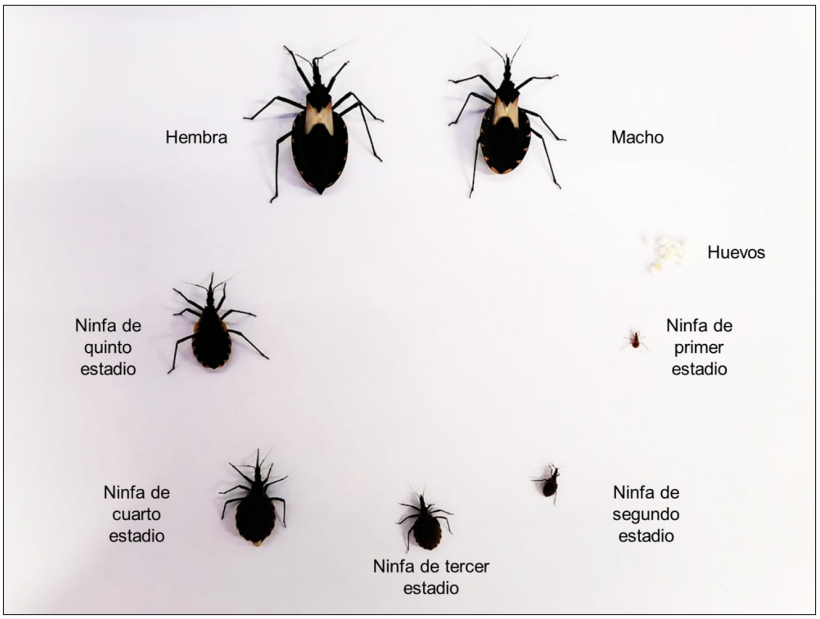
Los triatominos, *chinches besuconas* o *vinchucas*, son insectos que se alimentan de sangre. Habitan en muchos lugares, tanto dentro como fuera de las casas, y en ambientes selváticos, desde áreas tropicales hasta templadas. Su ciclo de vida consta de huevos, cinco etapas ninfales y la fase adulta, que incluye tanto hembras como machos. En la figura 2 (p. 5) se muestra cada uno de los estadios de estos insectos. Durante el día, las chinches se ocultan en refugios como grietas y hendiduras, donde encuentran condiciones ideales de temperatura y humedad para reproducirse y desarrollarse. Por la noche, dejan el refugio en busca de vertebrados para alimentarse (Alavez-Rosas et al., 2023; Cruz-López et al., 2002).

Los triatominos son vectores del parásito *Trypanosoma cruzi* Chagas, causante de la enfermedad de Chagas. Esta enfermedad afecta a millones de personas en el mundo y ha sido

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

Figura 2

Etapas de vida de los triatominos, específicamente *Triatoma pallidipennis*



Fuente: fotografía de Nadesha Urióstegui.

clasificada como una enfermedad desatendida, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Vargas-Abasolo et al., 2024). Por si fuera poco, no existe vacuna y, si no se detecta a tiempo, es incurable. La fase infectiva del parásito se alberga en las heces del insecto y, cuando una chinche succiona sangre de un ser humano, usualmente defeca cerca del sitio donde picó. Dada la reacción de comezón después de la picadura, al rascarse, la persona introduce inconscientemente el parásito en su cuerpo. Como consecuencia, éste ocasiona a largo plazo diferentes afectaciones a nivel cardiaco, digestivo y nervioso, y en algunos casos la muerte (Freitas Lidani et al., 2019).

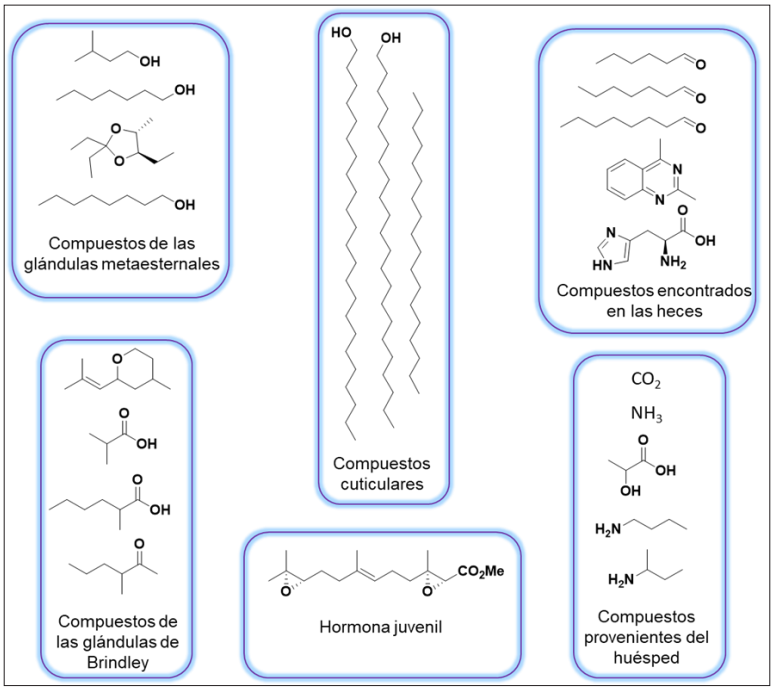
Infoquímicos en los triatominos

Los triatominos necesitan mensajes químicos para sobrevivir, tanto hormonas en su interior que regulen los procesos fisiológicos como semioquímicos para buscar refugio y alimento, aparearse y evadir enemigos. Los triatominos adultos poseen glándulas especializadas que producen semioquímicos, así que, para poder detectar estas sustancias, perfeccionaron el uso del olfato. De esta manera, las chinches pueden detectar cantidades pequeñísimas de sustancias químicas —en el orden de nanogramos— mediante sus antenas, equivalentes a nuestra nariz, las cuales albergan los receptores olfativos (Barrozo et al., 2017). En la figura 3 (p. 6) se muestran algunas moléculas utilizadas como infoquímicos por los triatominos.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

Figura 3

Algunas moléculas empleadas por triatominos como infoquímicos



Fuente: elaboración propia.

Hormonas

La hormona más estudiada en triatominos, y en muchos insectos, es la *hormona juvenil*, la cual regula el almacenamiento de lípidos y tiene consecuencias en el crecimiento y la reproducción de los insectos. En algunos insectos (cucarachas, palomillas, escarabajos, entre otros), esta hormona regula la producción de feromonas sexuales. Se ha especulado que *la señal* que indica a los triatominos cuándo copular está regulada por hormonas, aunque se desconoce cuáles participan. Otra hormona que cumple una función crítica al señalizar la forma en la cual los triatominos se adaptan a las condiciones nutricionales es la hormona adipocinética, que regula el metabolismo de lípidos y la movilización de los carbohidratos, permitiéndole a esta especie adaptarse a largos periodos sin alimentarse (Alavez-Rosas et al., 2024).

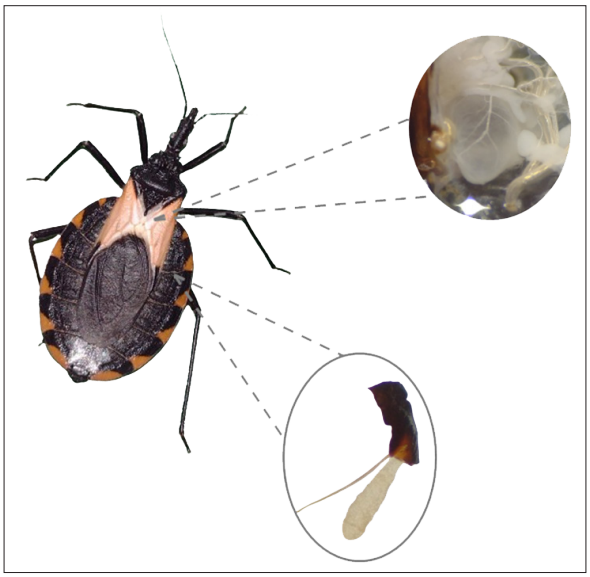
Semioquímicos: comunicación intraespecífica

Mezcla distintiva

Entendemos como *mezcla distintiva* a un subconjunto de moléculas en el perfil químico de un animal, el cual debe ser aprendido por otros conespecíficos y utilizado para reconocer a

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

Figura 4
Localización y forma de las glándulas metasternales y las glándulas de Brindley en los triatominos



Fuente: elaborado por María Guadalupe Meneses-Arias.

un animal como individuo. Usualmente, esta mezcla se deriva de compuestos presentes en la cutícula de los insectos, llamados *compuestos cuticulares* (CC). Los CC protegen a los triatominos contra la desecación, actúan como barreras para prevenir la entrada de microorganismos y posiblemente desempeñan un papel en la comunicación química. Por ejemplo, en algunas especies de triatominos se han observado diferencias en el perfil de CC entre ninfas y adultos. Por otra parte, los CC son útiles en la quimiotaxonomía, ya que permiten separar especies o subespecies dentro de especies cripticas o morfológicamente similares. Usando los CC se sugirió que *Triatoma dimidiata* está constituida por tres subespecies; sin embargo, no existe evidencia de que los CC intervengan en el reconocimiento sexual de esta especie (Alavez-Rosas et al., 2024).

Feromona sexual

Las hembras de la mayoría de los triatominos emiten una feromona que es atractiva para machos, que provienen de las *glándulas metasternales* (GM). En la figura 4 se muestra la localización y la forma de las glándulas en los triatominos. En la mayoría de las especies estudiadas, las GM de los machos también producen los mismos compuestos que las glándulas de las hembras, pero sólo estas últimas los liberan durante el apareamiento. El hecho de que ambos sexos produzcan los mismos compuestos permite sugerir que el papel inicial de éstos

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

era diferente a la función sexual. Los compuestos encontrados son, en su mayoría, cetonas y alcoholes de bajo peso molecular. Entre ellos se han identificado compuestos quirales. Por ejemplo, *Triatoma infestans* Klug y *Triatoma brasiliensis* Neiva producen los diasteroisómeros (4r, 5r) y (4s, 5s) del 2,2,4-trietil-5-metil-1,3-dioxolano. Además, estudios sobre *T. infestans* sugieren que los compuestos presentes en la cutícula pueden inducir a los machos a copular, al funcionar como *feromona afrodisiaca* (Manrique et al., 2023).

Feromona de alarma

Cuando los triatominos adultos se enfrentan a una perturbación o se encuentran amenazados liberan una feromona de alarma almacenada por las glándulas de Brindley (GB). Esta feromona provoca un incremento en la locomoción de otras chinches y genera una respuesta de escape. El compuesto principal de esta feromona es el ácido isobutírico, acompañado de otros ácidos carboxílicos volátiles. El ácido isobutírico también es liberado por los huéspedes de los triatominos y, en bajas concentraciones, este compuesto atrae a estos insectos, lo cual sugiere que podría ser usado durante la búsqueda del huésped. Los compuestos de las GB también pueden participar en la defensa de las chinches al repeler depredadores, por lo cual podría considerarse como una alomona (Cruz-López et al., 2002).

Feromona de agregación

Se especula que la feromona de agregación de los triatominos se produce en las heces. Algo que llama la atención es que muchos triatominos responden a las heces de manera intra e interspecíficamente, lo que complicaría etiquetarlas únicamente como feromonas, ya que también funcionarían como aleloquímicos. Sin embargo, hace falta conocer si este fenómeno ocurre de manera natural: si las chinches liberan de forma intencional los compuestos con fines de comunicación intraespecífica o si las especies detectan olores generales en las heces para encontrar potenciales refugios. En este último caso será necesario conocer si una o ambas especies interactuantes se benefician. Dependiendo de esto, los compuestos podrían ser clasificados como alomonas, cairomonas o sinomonas de agregación. Se han identificado algunos atrayentes, entre los cuales se encuentran algunos hidrocarburos: undecano, dodecano y tridecano, y aldehídos: heptanal, octanal, nonanal y decanal. No obstante, todavía no ha sido posible la elucidación de una feromona de agregación, que parece consistir en una parte atrayente y otra que inhibe la locomoción de las chinches al contactar las heces (Alavez-Rosas et al., 2024).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

Semioquímicos: comunicación interespecífica

Cairomonas

Desde hace algunos años se conoce que los triatominos usan compuestos volátiles durante la búsqueda de alimento (sangre). Sin embargo, ha sido en años recientes cuando se han obtenido muchos datos que han permitido entender mejor la función de los compuestos químicos en este proceso. Los triatominos usan información química (cairomonas) proveniente de los vertebrados de los que se alimentan, principalmente. Por ejemplo, compuestos como el dióxido de carbono y el amoniaco, que provienen del aliento humano, son atractivos para las chinches. Asimismo, el heptanal, octanal, nonanal y ácido isobutírico, presentes en la lana de oveja, plumas de pollo y pelo de conejo, también resultan atractivos para estos insectos. Interesantemente, algunos de los constituyentes del olor humano que atraen a los triatominos son originados por las bacterias que viven en la piel (Manrique et al., 2023).

Conclusiones

Los infoquímicos (hormonas y semioquímicos) regulan todos los aspectos de la comunicación química de los triatominos. Esta forma de comunicación es indispensable para estos insectos y para todos los organismos en el planeta. Contar con una clasificación de estos intrigantes mecanismos de información es primordial para el entendimiento de las complejas interacciones que los triatominos, y los animales en general, tienen con su entorno.

Proponemos seguir con la clasificación unificada, la cual agrupa a semioquímicos y hormonas dentro de los infoquímicos. Así podremos aprovechar este lenguaje que tienen las chinches y diseñar métodos para controlarlas, de manera racional y con el menor impacto ambiental, con el objetivo primordial de reducir el riesgo de contraer la enfermedad de Chagas.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

Referencias

Alavez-Rosas, D., Córdoba-Aguilar, A. y Cruz-López, L. (2023). Semioquímicos, ¿compuestos clave para monitorear y controlar a las chinches chagásicas?. *Elementos*, *130*, 57-62. https://elementos.buap.mx/post.php?id=787

Alavez-Rosas, D., Sánchez-Guillén, D., Malo, E. A. y Cruz-López, L. (2019). (S)-2-Heptanol, the alarm pheromone of the stingless bee *Melipona solani* (Hymenoptera, Meliponini). *Apidologie*, *50*, 277-287. https://doi.org/10.1007/s13592-019-00639-2

Alavez-Rosas, D., Vargas-Abasolo, R., Albores-Flores, C. I., Meneses-Arias, M. G., Gutiérrez-Cabrera, A. E., Benelli, G., Cruz-López, L. y Córdoba-Aguilar, A. (2024). Chemical ecology of triatomines: current knowledge and implications for Chagas disease vector management. *Journal of Pest Science, 97*, 507-520. https://doi.org/10.1007/s10340-023-01678-6

Barrozo, R. B., Reisenman, C. E., Guerenstein, P., Lazzari, C. R. y Lorenzo, M. G. (2017). An inside look at the sensory biology of triatomines. *Journal of Insect Physiology*, *97*, 3-19. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2016.11.003

Cruz-López, L., Malo, E. A., Rojas, J. C. y Morgan, E. D. (2002). Chemical ecology of triatomine bugs: vectors of Chagas disease. *Medical and Veterinary Entomology*, *15*(4), 351-357. https://doi.org/10.1046/j.0269-283x.2001.00340.x

Dicke, M. y Sabelis, M. W. (1988). Infochemical terminology: based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds. *Functional Ecology*, *2*(2), 131-139. https://doi.org/10.2307/2389687

Freitas Lidani, K. C., Andrade, F. A., Bavia, L., Damasceno, F. S., Beltrame, M. H., Messias-Reason, I. J. y Sandri, T. L. (2019). Chagas disease: from discovery to a worldwide health problem. *Frontiers in Public Health*, *7*, 1-13. https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00166

Law, J. H. y Regnier, F. E. (1971). Pheromones. *Annual Review of Biochemistry*, *40*, 533-548. https://doi.org/10.1146/annurev.bi.40.070171.002533

Manrique, G., Rojas, J. C., Lorenzo Figueiras, A. N., Barrozo, R. B. y Guerenstein, P. G. (2023). Highlights, challenges, and perspectives in basic and applied chemical ecology of triatomines. *Current Opinion in Insect Science*, *59*, 1-7. https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101101

Müller, C., Caspers, B. A., Gadau, J. y Kaiser, S. (2020). The power of infochemicals in mediating individualized niches. *Trends in Ecology & Evolution*, *35*(11), 981-989. https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.07.001

Nordlund, D. A. y Lewis, W. J. (1976). Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. *Journal of Chemical Ecology*, *2*(2), 211-220. https://doi.org/10.1007/BF00987744

Scudder, G. (2017). The importance of insects. En R. G. Foottit y P. H. Adler (eds.), *Insect biodiversity: science and society* (2ª ed., pp. 9-43). Wiley Blackwell. https://doi.org/10.1002/9781118945568.ch2

Song, X., Qin, Y.-G., Yin, Y. y Xi-Li, Z. (2021). Identification and behavioral assays of alarm pheromone in the vetch aphid *Megoura viciae*. *Journal of Chemical Ecology*, *47*, 740-746. https://doi.org/10.1007/s10886-021-01297-4

Vargas-Abasolo, R., Alavez-Rosas, D. y Córdoba-Aguilar, A. (2024). Más allá de los insecticidas: buscando un control ecológico y sustentable de las chinches besuconas. *Elementos*, *134*, 105-110. https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000009696.pdf

Wehrenfenning, C., Schott, M., Gasch, T., Düring, R. A., Vilcinskas, A. y Kohl, C.-D. (2013). On-site airborne pheromone sensing. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *405*(20), 6389-6403. https://doi.org/10.1007/s00216-013-7113-9

Wortman-Wunder, E. y Vivanco, J. M. (2011). Chemical ecology: definition and famous examples. En J. M. Vivanco y T. Weir (eds.), *Chemical biology of the tropics. An interdisciplinary approach* (vol. 8, serie Signaling and Communication in Plants, pp. 15-26). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19080-3

Wyatt, T. D. (2014). *Pheromones and animal behavior: chemical signals and signatures* (2ª ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139030748

Glosario

Definiciones de las sustancias que median la comunicación química, de acuerdo con la clasificación unificada (adaptado de Müller et al., 2020; Wehrenfenning et al., 2013; Wyatt, 2014).

Aleloquímicos. Compuestos químicos que median la transferencia de información entre individuos de diferentes especies. De acuerdo con el costo-beneficio del emisor y del receptor, se dividen en alomonas (benéficas para el emisor), sinomonas (benéficas para el emisor y el receptor) y cairomonas (benéficas para el receptor).

Feromonas. Moléculas que median la comunicación química entre individuos de la misma especie. Se dividen en feromonas *fisiológicas*, que afectan el desarrollo y, eventualmente, el comportamiento, y *comportamentales*, que afectan de manera inmediata el comportamiento. Pueden clasificarse según el comportamiento que regulen: sexual, de alarma, de agregación, entre otros.

Hormonas. Moléculas que son secretadas y transportadas dentro de un organismo, las cuales regulan su fisiología, desarrollo y comportamiento.

Infoquímicos. Compuestos químicos que transportan información, tanto dentro de los individuos (hormonas) como entre los individuos (semioquímicos).

Mezcla distintiva. Mezcla de moléculas del perfil químico de un animal, la cual es aprehendida por otros individuos de la misma especie y utilizada para reconocer a un individuo como miembro de un grupo, familia, clan o colonia.

Semioquímicos. Sustancias químicas que median la transferencia de información entre individuos de la misma especie (feromonas) o de diferente especie (aleloquímicos).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/5

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

ARTÍCULOS

Experiencias en huertos escolares en instituciones de educación superior en Morelos

Experiences in school gardens at higher education institutions in Morelos

Claudia Giles Sámano
ORCID: 0000-0001-6705-2604, claudia.giles@uaem.mx
Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Víctor López Martínez
ORCID: 0000-0002-9328-8810, victor.lopez@uaem.mx
Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Tannia Gioconda Mejía Mendoza
ORCID: 0000-0002-5738-1209, tanniagioconda@gmail.com
Investigador posdoctoral, Centro de Investigación
sobre Enfermedades Infecciosas (CISEI), Instituto Nacional de Salud Pública (INSP)

Martha Laura Garduño Millán
ORCID: 0000-0002-6325-2083, martha.garduno@uaem.mx
Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Recepción: 29/11/23. Aceptación: 15/11/24. Publicación: 11/06/25

RESUMEN

Los huertos escolares promueven el desarrollo de actitudes, valores y responsabilidades compartidas, relacionadas con el cuidado y la protección del medio ambiente en la producción de alimentos, el control de plagas, enfermedades y fertilización. En este trabajo se describen las experiencias, recomendaciones y desafíos de llevar a cabo proyectos de educación ambiental para la sustentabilidad en las instituciones de educación superior. A partir de una metodología cualitativa, se realizaron tres estudios de caso con personas con representación social, con la finalidad de conocer su experiencia en huertos escolares en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) y en la Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR).

PALABRAS CLAVE

educación ambiental, sustentabilidad, proyecto educativo, medio ambiente, agroquímicos, huertos escolares

ABSTRACT

School gardens promote the development of attitudes, values and shared responsibilities related to the care and protection of the environment in food production, pest and disease control and fertilization. This paper describes their experiences, recommendations and challenges of carrying out environmental education projects for sustainability in higher education institutions. The qualitative methodology, three case studies of people with social representation were analyzed ir order to learn about their experience in school gardens at the Autonomous University of the State of Morelos and the Polytechnic University of the State of Morelos.

KEYWORDS

environmental education, sustainability, educational project, environment, agrochemical, school gardens

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Introducción

De acuerdo con Harari (2014), el ser humano hizo su aparición en el planeta hace aproximadamente setenta mil años. Fue nómada por mucho tiempo, hasta que empezó a establecer asentamientos humanos y formar comunidades. A causa de esto, tuvo la necesidad de abastecer sus necesidades básicas, como vivienda, vestimenta, servicios públicos, salud y alimentación (Büchs, 2021, p. 1), por lo cual las sociedades humanas evolucionaron desde la caza y la recolección hasta la agricultura, hace unos doce mil años (Harari, 2014; Zeder et al., 2006, p. 150).

La agricultura, en sus inicios, se practicaba en pequeñas extensiones de tierra, sin el uso de insecticidas de síntesis química sino con botánicos para el control de plagas (Ngegba et al., 2022, p. 24); sin embargo, conforme la población crecía las necesidades también y la producción de cultivos requirió del uso de químicos para mejorar el rendimiento de las cosechas, lo cual se tradujo en daños para el ser humano y el ambiente (Xie et al., 2019, p. 27).

Al respecto, Plimmer (1984) refiere que "los plaguicidas pueden incorporarse a la dieta del ser humano, pero no es éste el único que corre peligro, pues también el medio ambiente es causa de considerable preocupación. Hay que tener en cuenta recursos naturales como el suelo vegetal y el agua" (p. 13).

A causa de la contaminación generada por el uso de químicos para el control de plagas y enfermedades, fue necesario buscar alternativas en la producción de alimentos. Los huertos se convirtieron en una fuente de suministro de comestibles sin el uso de agroquímicos. Posteriormente, esta forma de producción se amplió a las escuelas, como una alternativa para enseñar a los educandos sobre la naturaleza, la alimentación libre de insecticidas y las relaciones entre pares (Armienta Moreno et al., 2019).

El uso de los huertos escolares como una actividad educativa dio pie a que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés, 2009), perteneciente a la Organización de las Naciones Unidas (ONU), promoviera su creación como forma de mejorar la educación en nutrición y seguridad alimentaria de los estudiantes, ya que los huertos escolares son un agroecosistema integrado que permite relacionar la educación con la producción de plantas, lo que permite realizar un intercambio de saberes durante el proceso.

De igual modo, la producción agrícola, así como de plantas medicinales, ornamentales, aromáticas, frutales, entre otras, sin el uso de productos químicos, ha permitido, de acuerdo con Merçon et al. (2012), integrar la disciplina y los deberes, la teoría y la práctica, la epistemología, la política y la ética, hacia una educación ambiental integradora desde una visión sustentable.

Asimismo, para la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2023), las instituciones de educación superior (IES) son formadoras de mano de obra calificada, que actúan como un igualador de oportunidades, para sus estudiantes y

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

egresados, así como generadoras de conocimiento e innovación con base en la adquisición de habilidades para incrementar la productividad y el crecimiento económico para una mayor equidad y prosperidad compartida a nivel social.

De acuerdo con esta misma institución, la educación superior tiene la responsabilidad social de asumir el liderazgo en materia de creación de conocimientos de alcance mundial para abordar los retos sobre seguridad alimentaria, cambio climático, entre muchos otros, que emanen de las universidades e impacten en los diferentes sectores de la sociedad (UNESCO, 2009).

Por tal motivo, de acuerdo con Ratcliffe et al. (2009), la educación y la producción de alimentos a través de los huertos escolares ha aumentado progresivamente debido a la necesidad de contribuir al cuidado del medio ambiente y disminuir el uso de agroquímicos, así como de permitir un cambio de actitudes y conductas proambientales entre los alumnos y las comunidades, y de ayudar a mitigar el daño ambiental provocado por la agricultura convencional.

De acuerdo con Ramírez Suárez et al. (2023), un aspecto fundamental en la gestión de los huertos escolares está relacionado con la educación ambiental (EA), que se centra en desarrollar estrategias para transmitir conocimientos, habilidades, valores y competencias que promuevan cambios beneficiosos para todos los seres vivos del planeta. Por ello, según Neal y Palmer (citado por Damoah et al., 2024), la EA es un concepto integral que se reconoce de manera explícita y se incorpora en el currículo nacional de las instituciones educativas. Asimismo, la importancia de desarrollar espacios *verdes* ha sido enfatizada por la FAO (2010, p. 7), ya que "los huertos escolares son un medio comprobado para promover la nutrición [...] y además suministran fruta y hortalizas frescas".

La inclusión de la EA en las IES se dio a principios de este siglo, con la propuesta del Plan de Acción para el Desarrollo Sustentable en las Instituciones de Educación Superior, presentado por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2002) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2002), donde se presentaba la visión de la educación superior hasta el 2020 y la contribución a la EA.

A pesar de la importancia de implementar huertos escolares como una actividad didáctica basada en el aprendizaje experiencial (Pérez-López et al., 2021), en la que se ha demostrado el papel de los huertos como detonantes educativos, no se ha evaluado con certeza cómo éstos se han implementado en IES del estado de Morelos.

Objetivo y metodología

El objetivo de esta investigación fue analizar los procesos de implementación de huertos escolares en IES del estado de Morelos. Para ello, se utilizó la metodología cualitativa de estudio de caso. Se trabajó con tres personas con representación social, quienes han laborado con huertos escolares. Con base a lo que describen Montiel Sánchez et al., "las representaciones

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

son consideradas conocimientos de sentido común, pues todas las personas del grupo tienen la misma competencia comunicativa" (2021, p. 3). Se realizaron entrevistas a profundidad, las cuales se llevaron a cabo de manera personalizada y tuvieron una duración de aproximadamente treinta minutos por cada persona entrevistada. Los tres participantes fueron seleccionados por su experiencia y representación social en la implementación de huertos escolares.

El primer sujeto de estudio (1) se identificó como director del Programa de Gestión Ambiental (PROGAU) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Es profesor-investigador de tiempo completo (PITC) y realiza asesoramientos para productores, alumnos y maestros interesados en implementar huertos escolares. El segundo sujeto (2) se reconoció como docente de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR). Lleva a cabo el desarrollo del huerto dentro de las instalaciones de la institución, además de capacitar a alumnos, padres y personas interesadas en desarrollar huertos. El tercer sujeto (3) se caracterizó como alumna egresada de la Facultad de Biología de la UAEM. Llevó a cabo el huerto escolar en las instalaciones del PROGAU para obtener su título de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, con el tema "El huerto urbano como estrategia socioambiental en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Campus Chamilpa".

Instrumentos

Se realizaron entrevistas semiestructuradas en enero de 2018 en lugares afines a los entrevistados, las cuales se grabaron con el consentimiento previo de cada representante social. Para la transcripción de la información, los datos se analizaron destacando los aspectos más adecuados y representativos, para obtener patrones y decidir, según lo obtenido, los temas que comprenden los capítulos de resultados de la investigación.

A partir de la revisión teórica se establecieron categorías y subcategorías. En cuanto a las categorías, éstas fueron: gestión de proyecto ambiental, conocimiento, infraestructura, contenidos pedagógicos de educación ambiental, y evaluación. En cuanto a las subcategorías, éstas fueron, para gestión de proyecto ambiental: implementación, recursos económicos, mantenimiento, dificultades y continuidad; para conocimiento: conocimiento sobre aspectos de agricultura; para infraestructura: espacio adecuado, equipo, material y productos agrícolas; para contenidos pedagógicos de educación ambiental: actividades pedagógicas, cultura ambiental, y, finalmente, para evaluación: bitácora.

Con esta categorización se elaboraron las preguntas para su presentación a los entrevistados y su posterior análisis. Las categorías propuestas surgen desde una perspectiva metodológica inductiva y se establecieron de acuerdo con la información obtenida de la guía de entrevista, la cual está relacionada con las situaciones o acontecimientos descritos por los entrevistados.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

Resultados

Es importante señalar que el lugar para implementar un huerto escolar y sus dimensiones no dependen de características específicas ni especiales, ya que se puede llevar a cabo en escuelas, facultades, unidades académicas, hogares, oficinas, o donde se desee establecerlo. Por lo anterior, el tamaño del huerto en la UAEM no se especificó, debido a que, de acuerdo con el informante 1, éstos pueden medir desde uno hasta cinco metros de superficie. En el caso de la UPEMOR, tampoco se especificó.

Con base en las entrevistas realizadas y con la finalidad de describir las respuestas sobre la manera en que las tres personas de representación social implementaron los huertos escolares en las IES, éstas se identificarán aquí como informante 1, informante 2 e informante 3, en el orden en que se entrevistaron.

Implementación

El proceso inicial para la implementación del huerto escolar partió de los programas ambientales para llevar a cabo huertos escolares dentro de las IES (informante 1 e informante 2), así como del desarrollo de un proyecto educativo de titulación (informante 3). Los responsables de estos huertos son únicos, sin colectivo de profesores.

Recursos económicos

Respecto al financiamiento, los entrevistados mencionaron:

> El recurso económico yo creo que ninguna unidad [académica] lo destina (informante 1).
>
> Hemos vivido sin recursos últimamente, y hay estrategias para conseguir donaciones (informante 2).
>
> No tengo una cantidad. En realidad, no fue muy costoso (informante 3).

Para darle mantenimiento al huerto se realizan varias actividades de forma manual todos los días, con la finalidad de mantener limpias las áreas del huerto y los cultivos en óptimo desarrollo, entre otras actividades. Hay personal disponible para llevar esto a cabo. Los entrevistados comentaron que, quienes realizan este trabajo,

> Son los propios estudiantes (informante 1).
>
> Todo lo han hecho los mismos estudiantes (informante 2).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

> Sí, al principio fueron principalmente mis amigos, mis hermanos, mi familia, y yo […], con el tiempo fue posible integrar estudiantes de otras facultades. Muchas de estas funciones son realizadas por personas interesadas en aprender y aportar al proyecto (informante 3).

Mantenimiento

Para el mantenimiento se requiere de materiales, herramientas, insumos y mucho trabajo, ya que se realizan diferentes labores. Las más importantes son regar, limpiar y mantener los cultivos sin malas hierbas, ya que esto garantiza su buen desarrollo. Los comentarios al respecto fueron los siguientes:

> El mantenimiento es lo más difícil […] hay que limpiar, hay que regar, hay que estar incorporando materia orgánica. Hay que estar regando cada tercer día, o es con cubetita, o si ya tenemos el sistema de riego establecido por goteo, por exudación, pues va a ser mucho más fácil, ya nada más es ir y abrir una llave, pero el mantenimiento es lo más difícil (informante 1).

> El mantenimiento es estar regando, sembrando, deshierbando […] todo lo demás es tierra directa y tierra con pasto […] un tipo de paja, llega a crecer más de un metro, y entonces […] meterle pico, meterle podadora eléctrica, meterle machete, bieldo, lo que podamos, es un trabajo impresionante (informante 2).

> Bueno, para el mantenimiento […] sí era de ir a regar a diario porque son cultivos que requieren mucha agua, y sí, necesitas estar al pendiente y eso es lo que hacíamos. También era limpiar la hierba, la maleza, porque también crece muy rápido (informante 3).

Dificultades

Existen factores que pueden afectar la continuidad del huerto escolar durante su desarrollo, ya que, en muchas ocasiones, éste no cuenta con recursos económicos o no se dispone de personal para realizar las actividades mencionadas. En algunos casos depende de ajustes que se realizan de manera interna y que pueden determinar la continuidad. Así lo expresan los informantes:

> Uno de los factores es que haya algún cambio de maestros […] y que [éstos] no tengan la menor intención de impulsar este tipo de actividades (informante 1).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

> Yo creo que [depende de] las ganas, de repente si la cabeza [del proyecto] no le da importancia […], esa visión de la alta dirección que te diga: sí, adelante, y que entonces las cabezas estén comprometidas para que ya la instrucción llegue hacia abajo y ahora jalen hacia arriba (informante 2).

> Yo lo que considero [es que] debe haber una persona o comité pero que se haga responsable […], que se considere desde el principio que se va a implementar un proyecto de este tipo [y] que haya un responsable que pueda dar seguimiento, que organice y que coordine las actividades (informante 3).

Continuidad

A pesar de las circunstancias que pueden afectar la continuidad del huerto escolar en las IES, es posible mantenerlo aunque existan cambios en los responsables de los programas. Sobre este tema, los informantes mencionaron lo siguiente:

> Este [huerto] que tenemos dentro del PROGAU es de un trabajo de tesis (informante 1).

> Sí, completamente (informante 2).

> Sí, todavía había alumnos trabajando ahí con los diferentes cultivos (informante 3).

Conocimientos

Para llevar a cabo un proyecto de huertos escolares, es esencial tener conocimientos básicos sobre agricultura u horticultura para cultivar la tierra, ya que intervienen varios factores en ello, además de lo que se tendrá que consultar cuando el huerto esté en desarrollo. Sobre la necesidad de contar con ellos, los comentarios fueron:

> De preferencia sí (informante 1).

> Sí […], ir leyendo, irse preparando a lo largo de esto (informante 2).

> Bueno, probablemente tener algunos conocimientos básicos (informante 3).

Cuando se inicia con un proyecto de huerto escolar se planean las acciones que se llevarán a cabo durante los meses que dure el proyecto; pero también se piensa en el momento

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

de la maduración del fruto y de las acciones que se realizarán durante la cosecha. Esto dependerá de la maduración de los frutos. Cuando llega el momento, éstos se cosechan y se reparten entre el personal que participa en el huerto. Así lo mencionan los entrevistados:

> El uso que se le dio aquí pues fue repartir las lechugas, los chiles, los jitomates, entre […] los estudiantes (informante 1).

> Nos los comemos […] ahorita estamos 28 personas […] ya nada más estamos esperando que llegue la cosecha […], pepino, rábano, calabaza, jitomate, té de menta con hierbabuena, que es una mezcla […] lo que más orgullo [nos da], te puedo decir, [es] que hemos cosechado elotes" (informante 2).

> Lo que obtuvimos fue para autoconsumo, ahí nos dividimos entre los que ayudamos […] las lechugas y los rábanos, o las verdolagas, o lo que se diera (informante 3).

De los conocimientos básicos sobre agricultura, es posible reforzar el aprendizaje con la consulta bibliográfica. Muchos libros abordan materias vinculadas con los huertos y se tendrá que recurrir a ellos si lo considera oportuno el responsable del proyecto, debido a que no se cuenta con el conocimiento de todo lo necesario para producir. Por ejemplo, el informante 1 señala que algunos temas están relacionados con la producción de hortalizas; para el informante 2, con el desarrollo sustentable; para la informante 3, los temas no están relacionados de forma específica con alguna materia de su carrera.

Durante el establecimiento del huerto escolar, la selección de los cultivos a producir será lo más importante, ya que de esto dependerá el buen desarrollo de las plantas. En muchos casos, los factores externos podrán limitar la producción; por ello, uno de los aspectos a tener en cuenta es el ciclo de vida de los cultivos. Los tres informantes señalaron la necesidad de tener en cuenta estos factores para la producción.

Infraestructura

Cuando se implementa un huerto escolar, su desarrollo se realiza en instituciones educativas, pero, de acuerdo con la experiencia de los entrevistados, los estudiantes también los instalan en sus casas y en otros lugares que acondicionan para producir, por lo cual se conseidera que esta actividad se puede realizar en escuelas, oficinas, los patios de las casas o en cualquier lugar donde se den las facilidades para llevarla a cabo. Las opiniones de los informantes son que:

> Se pueden llevar a cabo en escuelas, facultades, unidades académicas […] donde tengan espacio (informante 1).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

> Dentro de las capacitaciones que hemos dado […] les damos las alternativas […] en casas, en escuelas, en oficinas, en donde deseen […] implementar un huerto (informante 2).

> Dentro de la universidad (informante 3).

Desde el inicio del establecimiento del huerto escolar se debe tener cuidado con las plagas, que pueden afectar gravemente los cultivos. Éstos deberán estar bajo observación durante las actividades que se realizan todos los días, ya que es importante prevenir la aparición de insectos. El uso de preparados orgánicos para el control de plagas en los huertos escolares contribuye a la protección del medio ambiente. Sobre cómo controlan las plagas en el huerto, comentaron lo siguiente:

> Les damos las dos alternativas de que puedan producir de manera orgánica o de manera inorgánica (informante 1).

> Que no sea ninguna con sustancia química (informante 2).

> Usar algunos preparados […] naturales (informante 3).

Las enfermedades también pueden limitar el buen desarrollo de las hortalizas, debido a que éstas, al igual que las plagas, se alimentan de la planta. Por ello, en cuanto se detectan manchas en alguna parte de la estructura del cultivo, se inicia con el tratamiento preventivo para evitar su diseminación a la misma planta o en otras. Puede suceder que las condiciones climáticas húmedas favorezcan la expansión de la enfermedad en ese cultivo en específico o en otros cercanos. Los informantes comentaron la forma de llevar a cabo el control de enfermedades en el huerto:

> Utilizando algunos productos hechos a base de cebolla, ajo, combinados con la higuerilla, que nos han dado buenos resultados (informante 1).

> Tratamos de retirar físicamente la estructura vegetal que está dañada […] te sigo insistiendo, no metemos químicos aquí (informante 2).

> Productos [que] […] en los envases tienen etiquetas, unas que son verdes, amarillas y rojas, las rojas [significa que] son muy tóxicos, las amarillas un poco menos y las verdes […] menos agresivas, entonces pues tratamos de usar ese tipo de productos (informante 3).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

Además de las plagas y enfermedades, las malezas son otro limitante para el buen desarrollo de las hortalizas en el huerto escolar. Para que las malezas no causen problemas a los cultivos, se deshierba de forma manual o con herramientas, según sea el caso. Los informantes comentaron:

> Es un control que le llamamos manual, es un control cultural (informante 1).
>
> Deshierbe manual (informante 2).
>
> Mantenimiento de forma manual (informante 3).

Actividades pedagógicas

Las actividades que se realizan en el huerto escolar, en el momento de la implementación y durante el desarrollo del proyecto, son variadas. Desde la limpieza del terreno y el acondicionamiento del lugar hasta los riegos. A cada una de ellas se les dedica tiempo para su realización. Los representantes comparten su experiencia:

> Las actividades que se van a desarrollar es, primero, limpieza del terreno, acondicionarlo; posteriormente, preparamos, en lo que es el suelo (informante 1).
>
> Ya sea con el humus o en el huerto directamente, pero antes dedicábamos una hora o dos horas, un día sí y un día no (informante 2).
>
> Sesiones de trabajo en las que íbamos en las tardes, durante la semana, dependía, porque sí hay temporadas en las que se requiere más actividad (informante 3).

Durante el desarrollo del huerto escolar es necesario contar con personal que ayude en las diferentes actividades. Las personas que contribuyen a estas labores son en su mayoría estudiantes. Muchos de ellos han aprendido el manejo de la producción de alimentos, las etapas de desarrollo de los cultivos y los beneficios de consumir alimentos libres de insecticidas.

> Es sorprendente, porque mucha gente no tenía idea de qué […] sembrar […] y qué cosechar […] [esto] permitió que tuvieran conocimientos sobre el establecimiento, sobre el manejo, sobre plagas, sobre riegos en huertos, sobre fertilizaciones […] orgánicos, minerales [y] los beneficios que obtienen las personas al implementar un huerto escolar (informante 1).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

> Primero ese contacto con la naturaleza, saber [...] cómo se producen ciertas hortalizas. Estar al aire libre, desarrollar una actividad que es sana, los beneficios de aprender. Porque aprendes mucho, aprendes de qué tipos, cómo son, cómo huelen, cómo se desarrollan, qué le puedes echar que sea sano, que no estés consumiendo algo que no sabes ni qué contiene (informante 3).

Evaluación

La evaluación del huerto escolar es continua. Se busca la manera de mejorar el proyecto desde el inicio hasta la conclusión. Se registran las experiencias vividas en cada una de las etapas, considerando a todos los involucrados en el proyecto: docentes, alumnos y otros colaboradores, pero principalmente a los alumnos, que son los que llevan a cabo las actividades. Todo se tiene en cuenta para planificar las modificaciones y mejoras en próximas implementaciones de huertos escolares. Llevar a cabo bitácoras de actividades contribuye a recaudar información que servirá para el mejoramiento en futuras generaciones. Sobre este aspecto, el informante 2 mencionó los reportes de los estudiantes para obtener la Beca Salario y la informante 3 describió el registro de actividades.

La implementación de un huerto escolar es beneficiosa y contribuye a reforzar lazos con la naturaleza, ya que se realizan actividades al aire libre, se conoce el proceso productivo desde la siembra hasta la cosecha. De esta forma se comprende en qué consiste la producción de algunas hortalizas y el uso de compuestos orgánicos para el control de plagas y enfermedades sin dañar el ambiente, como lo describió una de las entrevistadas: "porque se aprende mucho y sabes que lo que estás consumiendo es sano".

Los entrevistados mencionaron que los huertos continúan desarrollándose en ambas instituciones, la UAEM y la UPEMOR. En el caso de esta última, los estudiantes que participan en el proyecto reciben el apoyo de la Beca Salario.

Conclusiones

A partir del análisis cualitativo de las entrevistas realizadas a tres personas encargadas de la implementación de programas de huertos escolares en IES en Morelos, se concluye que los proyectos surgen a partir de necesidades individuales o proyectos educativos, los cuales se llevan a cabo dentro de las instituciones interesadas en promover la educación ambiental.

Estos huertos promueven el consumo de alimentos saludables entre los estudiantes, fomentan el cambio de actitudes, valores y hábitos, mismos que permiten un mejor conocimiento en la obtención de alimentos libres del uso de agroquímicos, tan dañinos para el ser humano y el medio ambiente. Además, al no hacer uso de insumos químicos se disminuye el

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/6

riesgo de afectar la salud de los participantes en actividades dentro del huerto escolar, también se consideran una herramienta pedagógica para fortalecer la soberanía alimentaria.

Referencias

Armienta Moreno, D. E., Keck, C., Ferguson, B. G. y Saldívar Moreno, A. (2019). Huertos escolares como espacios para el cultivo de relaciones. *Innovación Educativa*, *19*(80), 161-178. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7043720.pdf

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (2002). *Plan de Acción para el Desarrollo Sustentable en las Instituciones de Educación Superior*. ANUIES/SEMARNAT. https://www.redpai.uady.mx/doc/documentos/ANUIES-PlandeAccionSemarnat.pdf

Büchs, M. (2021). Sustainable welfare: how do universal basic income and universal basic services compare? *Ecological Economics*, 189, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107152

Damoah, B., Khalo, X. y Adu, E. (2024). South african integrated environmental education curriculum trajectory. *International Journal of Educational Research*, *125*, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102352

Harari, Y. N. (2014). *De animales a dioses. Breve historia de la humanidad*. Debate.

Merçon, J., Escalona Aguilar, M. Á, Noriega Armelia, M. I., Figueroa Núñez, I. I., Atenco Sánchez, A. y González Méndez, E. D. (2012). Cultivando la educación agroecológica. El huerto colectivo urbano como espacio educativo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, *17*(55), 1201-1224. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-66662012000400009&script=sci_abstract

Montiel Sánchez, C. E., Aldasoro Maya, E. M., Guzmán Cáceres, M., Saldívar Moreno, A. y Rodríguez Robles, U. (2021). Representaciones sociales de huertos escolares: hacia la construcción de proyectos educativos desde la pedagogía crítica. *Acta Universitaria. Multidisciplinary Scientific Journal*, *31*, 1-23. https://www.scielo.org.mx/pdf/au/v31/2007-9621-au-31-e3056.pdf

Ngegba, P. M., Cui, G., Khalid, M. Z. y Zhong, G. (2022). Use of botanical pesticides in agriculture as an alternative to synthetic pesticides. *Agriculture*, *12*(5), 1-24. https://doi.org/10.3390/agriculture12050600

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2009). *El huerto escolar. Orientaciones para su implementación*. Ministerio de Educación. Gobierno de El Salvador/FAO. http://www.fao.org/docrep/013/am275s/am275s00.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2010). *Crear ciudades más verdes*. FAO. https://burica.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/02/ggc-es.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2009). *Communiqué. Conferencia Mundial sobre la Educación Superior – 2009: la nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo (Sede de la UNESCO, París, 5-8 de julio de 2009)*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000183277_spa

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2023). *El papel de las instituciones de educación superior en el aprendizaje a lo largo de toda la vida*. UNESCO, sp. https://www.uil.unesco.org/es/role-higher-education-institutions-lifelong-learning

Pérez-López, R., Eugenio-Gozalbo, M., Edgerton, E. y Aragones, J. I. (2021). Editorial: sustainable and environmentally concerned citizens: garden-based learning to promote the importance of physical, natural, and social resources. *Frontiers in Psychology*, *12*, 1-3. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.703057

Plimmer, J. R. (1984). Productos químicos para la agricultura. *OIEA Boletín*, *26*(2), 13-16. https://www.iaea.org/sites/default/files/26205481316_es.pdf

Ramírez Suárez, V., Acosta-Castellanos, P. M., Castro Ortegon, Y. A. y Queiruga-Dios, A. (2023). Current state of environmental education and education for sustainable development in primary and secondary (K-12) Schools in Boyacá, Colombia. *Sustainability*, *15*(13), 10139. https://doi.org/10.3390/su151310139

Ratcliffe, M. M., Merrigan, K. A., Rogers, B. L. y Goldberg, J. P. (2009). The effects of school garden experiences on middle school-aged students' knowledge, attitudes, and behaviors associated with vegetable consumption. *Health Promotion Practice*, *12*(1), 36-43. https://doi.org/10.1177/1524839909349182

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*. SEMARNAT. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/pdf/informe_2002.pdf

Xie, H., Huang, Y., Chen, Q., Zhang, Y. y Wu, Q. (2019). Prospects for agricultural sustainable intensification: a review of research. *Land*, *8*(11), 1-27. https://doi.org/10.3390/land8110157

Zeder, M. A., Emshwiller, E., Smith, B. D. y Bradley, D. G. (2006). Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. *Trends In Genetics*, *22*(3), 139-155. https://doi.org/10.1016/j.tig.2006.01.007

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.20.53/7

ARTÍCULOS

Videoarte interactivo con estructura de videojuego

Interactive video art with the structure of a video game

Pawel Anaszkiewicz
ORCID: 0000-0003-2330-1490, pawelanasz@hotmail.com
Facultad de Artes, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Recepción: 08/04/24. Aceptación: 15/11/24. Publicación: 15/05/25

RESUMEN

El artículo discute brevemente el origen del videojuego y su estatus como obra artística. Se presentan varios ejemplos de videoarte, donde destacan su estructura laberíntica y sus elecciones preprogramadas. Sin embargo, se muestra un ejemplo de obra donde las elecciones de un jugador/observador están preprogramadas solamente en una parte; en la otra, la obra parece un juego de azar. Asimismo, se proporcionan algunos términos fundamentales para comprender y analizar el videoarte con estructura de videojuego. Las obras estructuradas con un observador/escucha/partícipe permiten una mayor interacción con los elementos y las narrativas por parte de los usuarios, con lo cual se traspasa el umbral del juego.

PALABRAS CLAVE

videojuego, videoarte interactivo, jugador/observador, elecciones preprogramadas, juego de azar

ABSTRACT

The article briefly discusses the origin of the video game and its status as an artistic work. Several examples of video art are presented, highlighting their labyrinthine structure and preprogrammed choices. However, an example is shown of a work where the player/observer's choices are preprogrammed in only one part; in another, the work resembles a game of chance. It also provides some key terms for understanding and analyzing video art with a video game structure. Works structured with an observer/listener/participant allow for greater interaction with the elements and narratives by the users, transcending the threshold of game.

KEYWORDS

video game, interactive video art, player/observer, pre-programmed choices, game of chance

Introducción

Nuestra percepción de la pantalla de video se asemeja mucho todavía a las aplicaciones tempranas de televisión donde la pantalla recibía solamente la transmisión unidireccional de la cámara que monitoreaba la realidad. Si la pantalla no sólo recibe una señal, sino que permite un cierto grado de interactividad con sus espectadores, cambia nuestra comprensión de ella. En un videojuego, la pantalla se vuelve un campo de juego, donde el jugador interactúa con ella a través de decisiones conscientes o por medio de los sensores que identifican sus sensaciones o reflejos inconscientes. Este último término abarca todos los juegos que se desarrollan en plataformas electrónicas en las que se incorporan circuitos de lógica computacional, una interfaz diseñada para que uno o más jugadores interactúen con el dispositivo y que los resultados se desplieguen en una pantalla.

Los antecedentes de los actuales videojuegos podemos encontrarlos en los dispositivos electromecánicos llamados en inglés *arcade game machine*, populares en los años ochenta del siglo pasado. Estos aparatos, ubicados en los espacios públicos como centros comerciales, bares, restaurantes, entre otros lugares, fueron transformándose en consolas estacionarias o portátiles, destinadas exclusivamente a reproducir videojuegos, las cuales, al conectarse a la pantalla de televisión, se convirtieron en juegos de casa. Actualmente, las consolas portátiles han sido reemplazadas casi en su totalidad por teléfonos inteligentes, tabletas y computadoras personales. Entre los videojuegos para las plataformas de computadoras destacan aquellos que se juegan entre varios participantes y por medio de internet. En la última década, además del mercado de videojuegos dominado por grandes distribuidores comerciales, se han desarrollado videojuegos independientes, también conocidos como videojuegos *indie*.

El fenómeno de los videojuegos se ha estudiado de manera amplia tanto en sus aspectos técnicos de diseño como en sus aspectos sociales y psicológicos. Algunas universidades, como el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) de Estados Unidos, ofrecen cursos y desarrollan investigaciones en torno a esta materia.[1] El teórico y creador de videojuegos Jasper Jull considera que quienes hablan sobre los juegos se dividen en dos grupos: quienes dicen que *todo es un juego* —la política, la guerra, la vida misma— y quienes dicen que *el juego es x*, la función de una actividad específica, por ejemplo, el juego es la manera en que un niño aprende las reglas, o el juego es un medio interactivo para contar historias (Salen Tekinbaş y Zimmerman, 2004, p. 3).

Para mostrar la complejidad de los estudios que se vinculan con los videojuegos basta con mencionar los títulos de los capítulos del libro de Salen Tekinbaş y Zimmerman, *Rules of Play: Game Design Fundamentals*, un referente bibliográfico básico de los cursos del Laboratorio

[1] Massachusetts Institute of Technology Game Laboratory, http://gamelab.mit.edu/about/

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/7

de Juegos del MIT: El significado y el juego; El significado emerge cuando el signo se interpreta; El modelo multivalente de la interactividad; ¿Qué no es la complejidad?; Los juegos como sistemas de inseguridad; Los juegos como sistemas teoréticos de información; Los juegos como sistemas de conflicto; Los juegos como juegos de significados; Los juegos como juegos de narrativas; El juego como juego de simulación; El juego como juego social; El juego como cultura abierta; El juego como resistencia cultural, entre otros. Las materias citadas son solamente algunas entre muchas más. Aquí tienen mucha importancia los matices de significado entre los términos ingleses *play* y *game*, para los cuales no hay equivalencia en el español.

Arte y videojuego

Aunque el proceso de creación de videojuegos implica distintas áreas complejas de la teoría informática, semiótica, programación computacional, entre otras, y muchos videojuegos contienen elementos artísticos tradicionales, como narrativa, gráfica y música, su condición de arte causa polémica y muchos autores lo niegan e incluso afirman que, por su estructura, nunca va a ser posible considerarlos como tales. Por ejemplo, el artista de videoarte Stan Douglas comenta, sobre su relación con los videojuegos:

> […] muchos juegos para computadora proponen la noción de posibilidades sin límites cuando en realidad todas ellas son predeterminadas, incluso moduladas por un elemento aleatorio. El jugador no es de ninguna manera libre; más bien es como una rata en un laberinto. Rara vez me divierto con los videojuegos, pero, cuando lo hago, trato de averiguar cómo está estructurado. Una vez que lo logro pierdo el interés (Aitken, 2006, p. 104).[2]

El estatus artístico de los videojuegos es cuestionado también por Robert Ebert, uno de los más importantes críticos de cine:

> Una diferencia evidente entre el juego y el arte es que uno puede ganar el juego. Este último tiene reglas, puntos, objetivos y un resultado. Santiago puede citar el juego de inmersión sin puntos y sin reglas, pero yo digo que, entonces, deja de ser un juego y se convierte en una representación, una historia, una novela, una obra dramática, un baile o una película. Estas son las cosas que uno no puede ganar; únicamente se pueden experimentar (Ebert, 2012, sp).[3]

[2] Todas las citas son traducciones del autor.
[3] En el artículo citado, Ebert hace referencia a la presentación de Kellee Santiago, diseñadora y productora de videojuegos, en una Conferencia TED (Tecnología, Entretenimiento, Diseño).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/7

Incluso en este comentario se puede ver que la frontera entre videojuego y arte interactivo es borrosa. Algunas instituciones culturales reconocen el videojuego como arte, por ejemplo, el Fondo Nacional para las Artes de los Estados Unidos, el Museo de Arte Moderno de Nueva York, el Museo Smithsoniano de Arte Americano o la Secretaría de Cultura de Francia. Estas y otras instituciones otorgan reconocimientos y becas para los creadores de videojuegos, organizan exposiciones y recopilan juegos digitales en el rubro de las artes.

En su libro *Deconstructing Installation Art*, Graham Coulter-Smith introduce el concepto de *juegos de arte*, y en el subcapítulo así titulado (*art games*) presenta al artista como *jugador* de esos *juegos de arte* y al partícipe como *lector*. El término *juegos deportivos* le es útil para definir este concepto:

> La diferencia crucial entre el arte y el deporte es que, en el deporte, el atleta juega con reglas fijas. Al atleta se le celebra por su destreza para jugar un juego específico según unas reglas fijas. En el arte, la situación es totalmente diferente porque las reglas del juego no son fijas. Hay casos en los que algunos artistas juegan los juegos de arte casi sin ningún cambio de reglas, y hablamos de que su trabajo es "poco original". Esta es una crítica basada en el hecho de que *esperamos* que los artistas cambien las reglas del juego, o del género. Sin embargo, fundamentalmente parece razonable sugerir que, cuando hablamos de la creatividad artística, hablamos de los juegos de arte o de los juegos del lenguaje del arte (Coulter-Smith, 2006).

Las obras de arte tradicionales son interactivas en el sentido de que proceden por interacción con nuestros receptores sensoriales y mentales para provocarnos reflexiones. Sin embargo, con el desarrollo de las nuevas tecnologías, la obra interactiva, en el sentido de los nuevos medios, se comprende como una que se produce con respuestas continuas y secuenciales tanto corporales como mentales por parte de sus observadores/escuchas/partícipes.

Arte interactivo

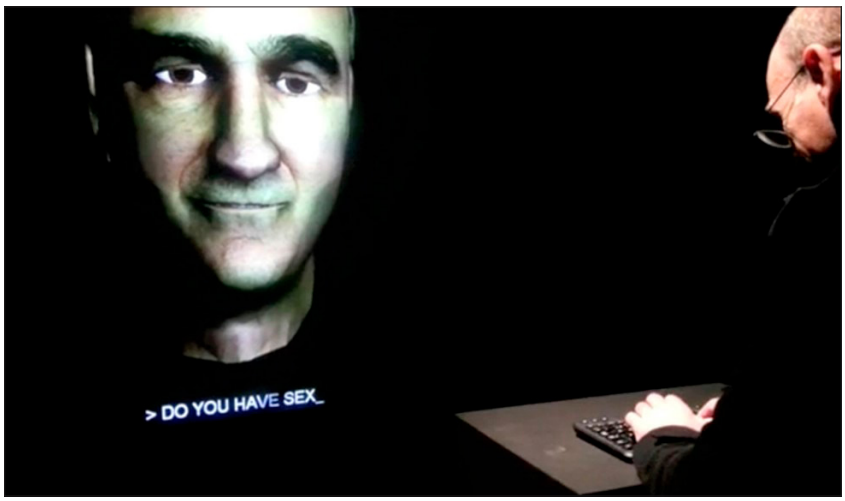
La obra interactiva de videoarte *Prosthetic Head*[4] (figura 1, p. 5), de Stelarc, es paradigmática. El observador/escucha/partícipe conversa mediante un teclado de ordenador con la proyección virtual de un rostro (una cabeza) videoanimado que, al responder, muestra distintas expresiones faciales, como sorpresa, disgusto, alegría, risa, consternación, entre otros, al mismo tiempo que articula verbalmente sus enunciados por medio de un sintetizador de voz.

Por su parte, la narrativa del documental interactivo *Viceversa* (figura 2, p. 6) trata sobre la historia de la vida y los miedos de los envejecidos actores de teatro, miembros de la familia

[4] Introducción del artista a su instalación interactiva *Prosthetic Head* (2003).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/7

Figura 1
Foto de la obra interactiva *Prosthetic Head*



Fuente: Stelarc (2003).

de la creadora de la obra, Grace Quintanilla. Estando convencida de que la memoria no es lineal, la artista realizó una pieza experimental donde, con un *clic* del *ratón* de la computadora, se puedan ligar los pensamientos, anécdotas y emociones de acuerdo con la parte del cuerpo que el espectador desee indagar. Esta obra interactiva sobrepasa las reglas de un documental tradicional, al contar las historias de vida a partir de varias pistas de acceso: las fotografías existentes del pasado, los videos y las imágenes manipuladas digitalmente. Sus observadores/participes se pueden definir como *jugadores*.

La obra está estructurada a partir de dos secciones principales: una donde los protagonistas hablan de su niñez y su carrera, y otra, profunda, donde hablan de sus pensamientos, fantasías y temores. Para tener acceso a las historias del pasado se hace *clic* en las fotos de los álbumes y para las historias actuales se pulsa en partes de sus caras. El acceso a la sección de los miedos y fantasías está permitido a los usuarios que ya conocieron las historias pasadas y actuales.

Traspasando este umbral de juego, el observador/partícipe puede conocer los pensamientos íntimos de las protagonistas a partir de las diferentes perspectivas de sus cuerpos: detrás, de frente, de cerca y de lejos. El usuario está invitado a pulsar en las partes de los cuerpos envejecidos para conocer sus vidas en profundidad. Timothy Murray, reflexionando sobre esta obra de Quintanilla, dice:

> ¿Y cuál es el resultado de un *clic* de entrada a los comentarios performativos de los actores sobre las relaciones autobiográficas con las partes del cuerpo específicas?

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/7

Figura 2
Foto de la obra interactiva *Viceversa*

Fuente: Quintanilla (1998).

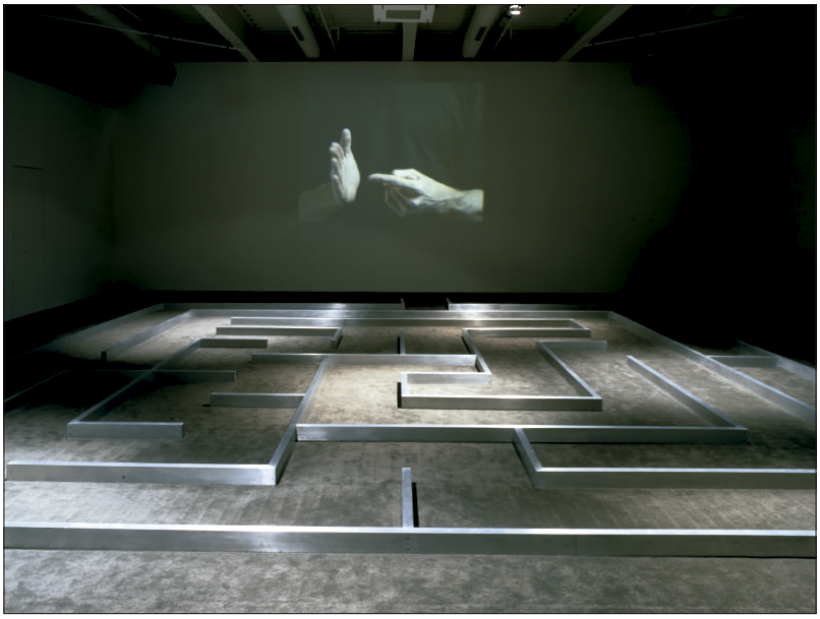
> Efectivamente, y aquí está la trampa digital, en realidad no se trata de nada otro que lo igualmente contemporáneo, el metraje burlesco que ya ha confrontado al usuario en los álbumes anteriores sobre lo pasado y lo presente. Aquí lo profundo hace un juego de palabras no simplemente con la pérdida de la vida sino, de manera más importante, sobre la pérdida del código. Lo que vemos ya no se lee en relación a los códigos naturalizados del cine y su relación melancólica con las partes del cuerpo. En su lugar se coloca un gesto performativo, de alucinación hiperrealista, en la cual un sitio tabú del cuerpo envejecido usurpa los códigos públicos y privados de su horror y secreto (Murray, 2008, p. 151).

La obra de Gary Hill titulada *Withershins* (figura 3, p. 7) es otro buen ejemplo del videoarte con estructura de videojuego. Se trata de una instalación interactiva basada en sonidos de voz de mujer o de hombre, dependiendo de la entrada por la que se ingrese al laberinto. En una de las dos videoproyecciones simultáneas que ocurren en paredes opuestas, se ven manos que utilizan lengua de señas en frente del torso, y en la otra, se ven los gestos de la persona, que también practica lengua de señas pero es vista desde la parte posterior de la cabeza.

El laberinto, de tamaño 7.6 x 10.7 m, está construido con perfiles tubulares de aluminio. Cuando un espectador/escucha/partícipe transita por esta estructura, activa sensores que reproducen en altavoces las frases pronunciadas por un hombre o una mujer. Estas mismas frases

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/7

Figura 3
Foto de la instalación interactiva *Withershins*



Fuente: Hill (1995).

se proyectan en lengua de señas en las dos pantallas. El sistema electrónico de la instalación puede seguir los pasos de dos participantes simultáneamente, generando al mismo tiempo la pronunciación de las frases.

Los enunciados tratan sobre lo diestro y lo siniestro y juegan con las palabras bíblicas de san Mateo (6:3): "Y cuando la mano derecha no sabe lo que hace la mano izquierda". Contienen también muchos juegos de palabras, repeticiones y espejismos autorreflexivos. Estas expresiones se generan en las computadoras y se reproducen al ritmo de los pasos de los observadores/escuchas/partícipes. Hill afirma que los textos tienen seis niveles de profundidad, en términos de programación computacional, así que, incluso cuando uno se traslada de ida y vuelta en el laberinto, el texto que se genera incluye nuevos enunciados.

El título de la instalación, *Withershins*, es significativo: deriva de las palabras, del antiguo idioma anglosajón, *whith sigh,* que se refiere a "caminar en contrasentido" o "caminar a contrarreloj". Esta caminata "contra el sol" representa lo negativo y lo antinatural, y se utiliza en ritos de brujería para apartar los hechizos y maleficios, pero también para embrujar (Lewis, 1999, p. 304).

Los juegos lingüísticos de Hill ponen el cuerpo del jugador en el centro de un proceso que vincula el lenguaje con la imagen, las palabras pensadas y pronunciadas con los gestos que las encarnan. El artista describe su postura frente a la mente, el lenguaje y el cuerpo: "Debo

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/7

Figura 4
Foto de la obra interactiva *Artificial Changelings*

Fuente: Dove (1998).

convertirme en un luchador de la autoconsciencia y mover mi cuerpo para mover mi mente para mover mis palabras para mover mi boca para hacer girar la espuela del momento" (Broeker et al., 2001; Morgan, 2000, p. 1).

Otro ejemplo de obra de videoarte interactivo, que tiene algunos elementos estructurales propios de videojuegos, es *Artificial Changelings* (figura 4), de Toni Dove. Se inauguró en un festival de cine pero fue introducida por los críticos como una película interactiva. En la obra se interactúa con dos narrativas cinematográficas que representan las miradas de los protagonistas o dos puntos de vista que se sobreponen en una pantalla convexa y retroproyectada.

Una mirada pertenece a la mujer llamada Arathusa, una cleptómana que vive en el siglo XIX y que aparece en las imágenes transitando por las tiendas departamentales de sus tiempos. El otro punto de vista pertenece a Zilith, un *hacker* informático del siglo XXI que aparece en los sueños de Arathusa. En su narrativa, la obra contiene un discurso sobre la economía del consumidor, cómo se moldeaban y cómo se moldearán nuestras identidades desde el siglo XIX hasta un futuro impredecible.

Las diferentes zonas que se sitúan enfrente de la pantalla pertenecen a los distintos puntos de vista de los protagonistas. El espectador, al pararse, *congela* la imagen y para activarla es necesario que se mueva. Con ayuda de sensores de posición, los desplazamientos del cuerpo del observador/escucha/partícipe reproducen distintos segmentos de los videos. Cuando el partícipe/observador está cerca de la pantalla, escucha el monólogo interno de Arathusa. Cuando retrocede, la protagonista lo interpela. Retrocediendo todavía más,

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/7

aparece el mundo de sus sueños. En una cuarta zona, más alejada de la pantalla, el observador se encuentra en el siglo XXI. Sin embargo, para entrar a la zona del punto de vista de Zilith se necesita de nuevo acercarse a la pantalla.

En la obra hay fragmentos de los videos y sonidos que representan paisajes o entornos cambiantes y los diferentes comportamientos de los protagonistas. Muchos momentos de este video interactivo reflejan "materializaciones transferenciales de los conectados y, sin embargo, separados espectadores de la obra, como, por ejemplo, cuando en el primer plano Arathusa despalaza sus ojos a la izquierda y a la derecha, como si estuviera en sincronía con los observadores o con sus movimientos, entrando y saliendo fuera del campo, al ritmo que imita el del usuario interactivo" (Murray, 2008, p. 185). Al mismo tiempo, los protagonistas se comportan como títeres con respuestas impredecibles y son controlados solamente de manera parcial por los movimientos de los observadores. Toni Dove describe cómo el observador/escucha/partícipe experimenta su instalación:

> Tu cuerpo está sujeto a la película, una parte de él está perdida en el tiempo y el espacio. Esto tiene efecto en la manera como el espectador se mueve y posiblemente como podemos pensar sobre el cuerpo: sus fronteras y bordes se hacen suaves… Esta combinación de la acción y la sensación corporal induce a un estado parecido al trance, físicamente conectado al soporte que contribuye a la espacialización de la experiencia narrativa y a la perturbación de la noción lineal y sequencial del argumento (Dove, 1998).

El sistema de sensores que utiliza la videoinstalación *Artificial Changelings* fue desarrollado por David Rokeby en los años noventa del siglo pasado. Fue diseñado originalmente para una instalación sonora inactiva. En una página web Rokeby lo describe como un sistema que se opone a la lógica computacional pero al mismo tiempo la utiliza: así como una computadora nos aleja de nuestro cuerpo, su sistema nos vincula de nuevo con él. El lenguaje del sistema es intuitivo, y aunque "la computadora es objetiva y desinteresada, la experiencia que crea es íntima" (Rokeby, 2009, sp; Rokeby, 2012, sp).

Para la instalación interactiva *Artificial Changelings* son importantes las características de la interfaz de sensores de Rokeby:

> El sistema es poco común porque es difuso, al ocupar un volumen grande del espacio, a diferencia de la mayoría de las interfaces, que son precisas. Siendo difuso, la interfaz es vivaz y considerablemente matizada en el tiempo y el espacio, lo cual crea una zona de experiencia del encuentro multidimensional. El lenguaje del encuentro es inicialmente poco claro, pero evoluciona en la medida en que uno lo explora y lo siente (Dove, 1998).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/7

Las experiencias proporcionadas por la videoinstalación *Artificial Changelings* están preprogramadas solamente en una parte y en otra se asemejan a un juego de azar con significados cambientes en sus narrativas.

Conclusiones

Las obras de videoarte con estructura de videojuego son instalaciones y dispositivos tecnológicos con detectores y cámaras que funcionan en un sistema que interactúa con los observadores/escuchas/partícipes. Los sensores de las obras de videoarte interactivas son creados muchas veces por interfaces en espacios difusos y poco precisos para promover la exploración de sus alcances por parte de los usuarios. Estas obras tienen una estructura laberíntica, como la mayoría de los videojuegos. Sin embargo, a diferencia de estos últimos, sus objetivos no se limitan a la diversión, sino que esperan, como toda obra de arte, provocar reflexiones por medio de los afectos.

En algunas obras de videoarte interactivo los espectadores/partícipes se pueden definir como jugadores de juegos con reglas predeterminadas o preprogramadas; en otras son partícipes de un juego de azar donde se gana una nueva percepción, información o sensación, como en la mayoría de las obras de arte tradicionales, que son interactivas en el sentido de que estimulan los receptores sensoriales y mentales para provocarnos reflexiones. Sin embargo, con la llegada de las nuevas tecnologías electrónicas, la obra interactiva, en el sentido de los nuevos medios, se comprende como una que se activa con las respuestas tanto corporales como mentales de sus observadores/escuchas/partícipes. Éstos no pueden limitarse a una contemplación pasiva: deben interactuar para que las obras funcionen.

Referencias

Aitken, D. (2006). *Broken Screen. Expanding the Image, Breaking the Narrative. 26 Conversations with Doug Aitken*. Distributed Art Publishers Inc.

Broeker, H. (ed.) (2001). *Gary Hill: Selected Works and Catalogue Raisonné*. Kunstmuseum Wolfsburg/DuMont.

Coulter-Smith, G. (2006). *Deconstructing Installation Art*. CASIAD Publishing.

Dove, T. (1998). *Artificial Changelings*. – *"Introduction to Media & Performance"* [curso]. School of Art, Design and Media, Nanyang Technological University.

Ebert, R. (2012). Video Games Can Never be Art. *RoberEbert.com*, sp. https://www.rogerebert.com/roger-ebert/video-games-can-never-be-art

Hill, G. (1995). *Withershins* [instalación de técnica mixta]. Gary Hill. https://garyhill.com/work/mixed_media_installation/withershins.html

Lewis, J. R. (1999). *Witchcraft Today. An Encyclopedia of Wiccan and Neopagan Traditions*. ABC-CLIO. https://es.scribd.com/document/80587406/James-Lewis-Witchcraft-Today

MIT GAME LAB (sf). MIT GAME LAB. Massachusetts Institute of Technology Game Laboratory. http://gamelab.mit.edu/about/

Morgan, R. C. (ed.) (2000). *Gary Hill*. Johns Hopkins University Press.

Murray, T. (2008). *Digital Baroque. New Media Art and Cinematic Folds*. University of Minnesota Press. https://archive.org/details/digitalbaroqueneoooomurr

Quintanilla, G. (1998). *Viceversa* [video interactivo]. Grace Quintanilla. https://www.gracequintanilla.com/proyectos/viceversa

Rokeby, D. (11 de diciembre de 2009). *Very Nervous System* [video]. Vimeo, sp. https://vimeo.com/8120954

Rokeby, D. (2012). Very Nervous System. *Rokeby*, sp. http://www.davidrokeby.com/

Salen Tekinbas, K. y Zimmerman, E. (2004). *Rules of Play. Game Design Fundamentals*. MIT Press. https://books.google.com.mx/books?id=UM-xyczrZuQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Stelarc (2023). *Prosthetic Head*. Vimeo, sp. https://vimeo.com/50887327

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

ARTÍCULOS

Cuidados para la vida y el bien común: una propuesta de educación pública desde las ciencias de la complejidad

Care for life and the common good: a proposal for public education since the complexity sciences

Estela Roselló Soberón
ORCID: 0000-0003-2159-6758, estela.rosello@gmail.com
Instituto de Investigaciones Históricas (IIH)/Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Patricia Peña González
ORCID: 0009-0008-7938-2932, patpego12@unam.mx
Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Aleida Rueda Rodríguez
ORCID: 0000-0002-2646-8838, aleida.rueda@c3.unam.mx
Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Romel Calero Ramos
ORCID: 0000-0002-0032-7682, romel.calero@c3.unam.mx
Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Marco Antonio Rosas Pullido
ORCID: 0009-0008-4817-3070, marco.rosas@c3.unam.mx
Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Julia Tagüeña Parga
ORCID: 0000-0002-8312-285X, jtag@unam.mx
Instituto de Energías Renovables (IER), Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Recepción: 24/10/24. Aceptación: 24/02/25. Publicación: 02/06/25

RESUMEN

Los cuidados son una herramienta necesaria para la vida y las relaciones cotidianas. Se propone una reflexión sobre el concepto del cuidado y una perspectiva cuidadora en comunidades educativas, con el objetivo de promover una cultura de los cuidados orientada hacia el pensamiento crítico, el discernimiento moral, la responsabilidad y el compromiso social y comunitario. El proyecto Cuidados para la Vida y el Bien Común del Centro de Ciencias de la Complejidad implementó, a través de una aplicación, encuestas en planteles de nivel medio superior y superior con el propósito de recabar datos que permitan el desarrollo de un modelo de comunidad cuidadora.

PALABRAS CLAVE

cuidados, aplicación, cuestionario, ciencias de la complejidad, educación pública

ABSTRACT

Care is a necessary tool for life and everyday relationships. A reflection on the concept of care is proposed and a caring perspective in educational communities, with the objective of promoting a culture of care oriented toward critical thinking, moral discernment, responsibility and social and community commitment. The project Care for Life and the Common Good of the Center for Complexity Sciences implemented, through an application, surveys at the secondary and higher levels with the purpose of collecting data that will allow for the development of a model of a caring community.

KEYWORDS

care, application, questionary, complexity sciences, public education

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Cuidar en el siglo XXI

Vivir en el siglo XXI significa enfrentar una realidad compleja, difícil de transitar en soledad. Nuestras sociedades contemporáneas se han convertido en lugares inhóspitos y hostiles donde la competencia, el individualismo egoísta, el desamparo, y el anhelo de éxito y riqueza material han dejado a las personas en un inmenso vacío existencial.[1]

En este panorama, es difícil hacer una pausa para pensar que *el otro* no es un enemigo, sino más bien un igual que merece el derecho de cuidar de sí, de que lo cuiden y de cuidar a quienes elija sin condicionamientos culturales y con los medios materiales e institucionales necesarios para hacerlo. Si algo nos une a todas las personas y seres que compartimos el planeta es que, en algún momento de nuestras vidas, todas y todos necesitamos ser cuidados y cuidar a otros.

En nuestros días, el concepto del cuidado o, mejor dicho, de los cuidados para la vida y el bien común, tendría que convertirse en el hito fundamental para caminar hacia un nuevo *horizonte de esperanza*.[2] Especialmente en el sector educativo, tendría que plantearse una reflexión seria sobre el significado que tienen los diversos actores, desde autoridades hasta profesores, en el *cuidar* y *ser cuidado*, así como sobre el lugar que debe asumir la educación pública y privada en la transición hacia las sociedades de cuidados a la que han urgido organismos internacionales.[3]

Sin duda, la educación pública y privada de nuestro presente y de nuestro futuro podría hacer la gran diferencia si hiciera suyo el llamado de la politóloga feminista estadounidense Joan Tronto, quien desde hace más de treinta años ha insistido en la necesidad de "colocar al cuidado en el centro de la vida misma".[4] De acuerdo con Tronto, cuidar significa, en primer lugar, no dañar a nadie ni nada; mantener y prevenir (Fisher y Tronto, 1990, p. 40); en segundo lugar, cuidar es acompañar a sanar y a reparar aquello que ha sido herido, vulnerado o roto.

En ese sentido, en un mundo como el nuestro, tan necesitado de acciones solidarias y responsables para hacer frente a grandes desafíos y restaurar lo que se ha dañado, aprender a cuidar tendrá que ser sinónimo de aprender a habitar el mundo desde la compasión, la crítica constructiva y la consciencia plena de que mi vida tiene valor, sentido y significado en tanto que busca lo bueno no sólo para mí, sino también para mi comunidad y para

[1] De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), un 5% de los adultos tienen depresión, aproximadamente.
[2] El concepto de *horizonte de esperanza* lo acuñó el historiador cultural Peter Burke, quien explica en su artículo *Does Hope have a History?* que cada época construye su propio horizonte de esperanzas (Burke, 2012, p. 212).
[3] Sobre la urgencia de transitar hacia sociedades de cuidados, véase Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021).
[4] Nuestro proyecto se ha estructurado, en gran medida, en torno a las ideas políticas de Joan Tronto, quien, en muchas de sus obras clásicas, entrevistas y conferencias públicas, ha señalado la necesidad de poner el cuidado en el centro de la vida política. Sobre el tema, consultar Tronto (2024).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

los demás. Esto es lo que la nueva educación pública y privada con perspectiva cuidadora tendría que enseñar, en todos los niveles escolares y a lo largo de la vida de todas las personas que habitamos el mundo en este siglo XXI.

La pedagogía y los recintos educativos de los cuidados: hacia una posible definición

Tradicionalmente, los recintos escolares y educativos han sido, sobre todo, espacios de producción, transmisión y difusión de conocimientos básicos o especializados, donde las infancias y juventudes han asistido a aprender aritmética, geografía, biología, literatura, historia y otros saberes y disciplinas. Sin embargo, en nuestro siglo XXI, los recintos y comunidades escolares fungen cada día más, también, como espacios privilegiados para que millones de niñas y niños, adolescentes y jóvenes, reciban atención y cuidados por parte de maestros, tutores y otras personas que conviven con ellas y ellos en su vida escolar cotidiana.

En tanto comunidades cuidadoras, hoy las escuelas y los recintos académicos y universitarios deben brindar un nuevo tipo de educación que promueva una cultura de los cuidados capaz de orientar y dar sentido a las relaciones y vínculos cotidianos intraescolares o intrauniversitarios, pero, además, una cultura que, desde los espacios escolares, irradie conocimientos útiles para cuidar algo o a alguien, y que promueva los valores de la reciprocidad, corresponsabilidad e interdependencia.

En años recientes, muchos profesionales han comenzado a impulsar una nueva mirada para educar y formar a las nuevas generaciones más allá de la competitividad, la productividad o el objetivo de encontrar trabajo en la edad adulta (Aguado de la Obra, 2018, p. 11). Para los especialistas interesados en la educación con perspectiva en cuidados, ésta debe proveer a las personas de otras habilidades, competencias y capacidades mucho más vinculadas con el desarrollo del pensamiento crítico, del discernimiento moral, del compromiso social y comunitario, de la responsabilidad individual, que hacen posible, en primer lugar, cuidar de uno mismo (autocuidar) y, en segundo, poder brindar ayuda mutua y colaborar con la comunidad en la construcción de paz, salud, justicia, equidad y relaciones armónicas y recíprocas con la naturaleza.

Cuidar y ser cuidado son experiencias que vienen acompañadas de una constelación de sentimientos; por ello, pensar en una educación con perspectiva en cuidados debe brindar a las personas que cuidan y que son cuidadas las herramientas que les permitan identificar esas emociones y tener conciencia de la intimidad y la vulnerabilidad a las que, en ocasiones, las personas cuidadas quedan expuestas, para poder actuar de manera ética y responsable (Centro de Ciencias de la Complejidad [C3], 2024, sp).

Para la politóloga Joan Tronto, el cuidado mal entendido puede dar pie a muchas formas de control, dominación o agresión, que deben evitarse siempre (Igualdad de Género UNAM, 2023). Por ello, una educación en cuidados también debe brindar herramientas para saber

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

poner ciertos límites, con el fin de evitar relaciones abusivas o violentas que, lejos de cuidar, generen daño y descuido entre las personas cuidadas y cuidadoras.

Programa de Cuidados para la Vida y el Bien Común del C3 de la UNAM

El grupo de investigación transdisciplinaria del proyecto universitario Cuidados para la Vida y el Bien Común del C3 de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) realiza actividades de investigación, docencia y difusión, y propone una educación pública y privada útil y de vanguardia para lograr la transformación hacia las sociedades del cuidado a la que han instado la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en muchos de sus foros y agendas internacionales más recientes.[5] En el C3 confluye el trabajo de investigadores de diferentes disciplinas para enfrentar problemas complejos, compuestos de muchas partes que interactúan y cuya suma es más que las partes.[6]

El proyecto Cuidados para la Vida y el Bien Común parte de la premisa de que cuidar debe ser el pilar de una nueva epistemología que oriente la construcción del conocimiento humano en todos sus ámbitos, así como el eje de una nueva ética y una nueva cultura que pongan en el centro de la experiencia humana las acciones, vínculos y conductas de ayuda mutua y colaboración. Materializar esta premisa teórica en la realidad cotidiana universitaria tiene el objetivo de que las universidades y los recintos escolares de educación media superior del siglo XXI asuman la responsabilidad social que les corresponde en la generación de soluciones prácticas, de nuevos modelos de convivencia y orden social, así como en la producción de nuevas esperanzas en un mundo sin duda urgido de todo ello.

Este proyecto, cuya sede es el C3 de la UNAM, nació en 2021, con el objetivo de promover una nueva epistemología, una nueva cultura, una nueva ética y una nueva consciencia universitaria, en las que los cuidados estuvieran en el centro de nuestro quehacer académico, docente y socializador de conocimientos, como eje articulador de nuestra cultura cotidiana y de nuestra vida y convivencia comunitaria dentro de la universidad.[7]

---

[5] Son muchos los documentos en los que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) habla de la importancia que tiene el cuidado en la reproducción de la economía y la vida misma. Para un resumen de la perspectiva de las Naciones Unidas sobre el concepto de sociedad del cuidado, consultar ONU (2024).

[6] Ciencias de la Complejidad, https://www.c3.unam.mx/

[7] El proyecto de Cuidados para la Vida y el Bien Común está integrado por Ma. Teresa Álvarez-Icaza, Pedro Álvarez-Icaza, Rocío Amador, Alfredo Ávila, Manolo Cocho, Ángeles Blas, Karla Burgueño, Alejandra Ceja, María Teresa Bravo, Mercedes de Agüero, Marta Ferreyra, Meztli Gasca, Rafael González, Hugo Garciamarín, Pilar Gilardi, Martha González, Virginia Guedea, Israel Hernández, Luis E. Huacuz, Itzcóatl Jacinto, Lourdes Jiménez, Benjamín Juárez, Tamara Martínez, Mónica Mendoza, Sandra Lorenzano, Leticia Merino, Patricia Peña, Judith Pérez, Abelardo Pérez, Asunción Pineda, Elena Pigennut, Marisol Rivero, Sofía Rodríguez, Marco Rosas, Aleida Rueda, Paulina Uribe, Julia Tagüeña, Janneth Trejo y Alethia Vargas.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

El proyecto está en sintonía con lo que la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) estableció en 2022 como los tres principios básicos para la reinvención de la educación superior en el siglo XXI y para el futuro: 1) Adoptar enfoques metodológicos interdisciplinarios y transdisciplinarios que dejen atrás la parcelación del conocimiento; 2) Formar profesionales completos que también sean ciudadanos plenos, capaces de abordar de forma cooperativa situaciones complejas, y 3) Generar conocimientos útiles para enfrentar los retos, amenazas y desafíos del mundo actual, como el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, los conflictos armados y la guerra, la desigualdad y el declive de las democracias (UNESCO, 2022).

En el caso específico de México, a esta lista de problemas globales habría que añadir situaciones propias de nuestra realidad nacional, como los múltiples tipos de violencias cotidianas —la de género ocupa un lugar predominante, si bien no es la única—, la pobreza, la impunidad, las tasas de desempleo entre población que cuenta con educación superior, la dificultad para acceder a los alimentos y al agua potable, la baja calidad de la educación pública, la discriminación y las malas condiciones del sistema de salud, que afectan, además, a las instituciones públicas de salud emocional y mental.

De esta manera, el proyecto de investigación Cuidados para la Vida y el Bien Común del C3 ofrece un modelo de educación pública y privada que está a la vanguardia educativa del nuevo milenio y que se alinea con el propósito de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 (ONU, sf), mediante la fuerza transformadora de una educación capaz de brindar rutas de acciones concretas para lograr el tránsito hacia una verdadera sociedad de cuidados. Para lograrlo, esta propuesta se basa en los presupuestos teórico-metodológicos del pensamiento de la complejidad social del filósofo y sociólogo francés Edgar Morin, que, como se verá a continuación, buscan tender un puente entre la construcción de conocimientos teóricos con perspectiva en cuidados y su aplicación para transformar la realidad social.[8]

Los cuidados para la vida y el bien común desde la complejidad social

El proyecto Cuidados para la Vida y el Bien Común del C3 de la UNAM se basa en la definición teórica de Joan Tronto y Berenice Fisher, quienes, en 1990, publicaron su hoy clásico trabajo titulado *Hacia una teoría feminista del cuidado*. En este texto, ambas autoras definieron el cuidado como "toda actividad que incluye todo lo que hacemos para continuar, mantener y reparar nuestro mundo, de tal forma que podamos vivir en él lo mejor posible. Ese mundo incluye nuestros cuerpos, a nosotros mismos, a los otros y nuestro ambiente, todo lo cual está articulado en la compleja red que sostiene la vida" (Fisher y Tronto, 1990, p. 40).

[8] Para Morin, la finalidad de construir conocimiento complejo es la acción capaz de transformar realidades sociales y resolver problemas de la realidad. Sobre la importancia que tiene la acción en el pensamiento de la complejidad de este autor, véase Morin (1994).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

Como es fácil advertir, en la definición teórica de Fisher y Tronto el cuidado sólo puede comprenderse como una realidad que surge dentro de un sistema complejo, en el que se entretejen vínculos, servicios, actitudes, disposiciones, trabajos, sensibilidades, valores y conductas específicas, situadas y contextualizadas, que dan origen a redes de interdependencia e interconexión de las cuales pende la posibilidad de sobrevivir, pero, sobre todo, de sobrevivir dignamente y bien.

Los cuidados para la vida y el bien común son un concepto que adquiere realidad y sentido dentro de una red específica y situada de prácticas, acciones, conocimientos, valores, instituciones, técnicas, hábitos, actores, espacios, relaciones emocionales, económicas, políticas, sociales y culturales favorables para producir bienestar y bien común. Si lo entendemos así, la única forma de estudiar qué significado tienen los cuidados en las sociedades del siglo XXI es mediante la metodología de la complejidad social que Morin desarrolló, con la intención de que los conocimientos teóricos fueran relevantes para la realidad e hicieran posible la transformación social, en beneficio de la vida, las sociedades y la naturaleza. En este sentido, no existe realidad humana más compleja que cuidar y ser cuidado, porque los cuidados entrelazan dimensiones difíciles de desentrañar si no es mediante el análisis complejo e interdisciplinario de los entramados que hacen posible esa interrelación.

Uno de los objetivos del proyecto mencionado es, por un lado, producir conocimientos teóricos en torno a los cuidados para la vida, el bien común y su significado y, por otro, aplicar esos conocimientos en la realidad de nuestras comunidades universitarias, específicamente, en una primera fase de investigación, en las comunidades de los colegios de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM, con pilotajes previos en facultades e institutos, para lograr su transformación cultural y hacer de ellas comunidades modelo del cuidado.

El proyecto responde, en primer lugar, a algunos principios básicos del enfoque de Morin,[9] en aspectos como la transdisciplinariedad, es decir, la articulación de un diálogo entre diferentes disciplinas y campos del conocimiento, con el objetivo de articular una reflexión integral sobre qué significa cuidar, ser cuidado y autocuidarse desde diferentes perspectivas, saberes, dimensiones y experiencias propias de nuestro presente global contemporáneo.

En segundo lugar, la investigación compleja sobre los cuidados para la vida y el bien común ha tomado en cuenta la subjetividad y las particularidades culturales, disciplinarias y de género de quienes conformamos este proyecto para saber desde qué sitio estamos produciendo el conocimiento que nos interesa. Al mismo tiempo, se ha puesto especial énfasis en la necesidad de tomar en cuenta la subjetividad de las personas que conforman las comunidades escolares en las que deseamos intervenir con investigación participativa, ya que esta

[9] Para una síntesis de esta propuesta metodológica, consultar Morin (1998).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

subjetividad es una condición central para comprender la especificidad de sus necesidades de cuidados. En resumen, reconocer el peso de la subjetividad de quien investiga y del objeto de estudio —en este caso, de los miembros de las comunidades de la UNAM con las que trabajamos— significa reconocer y visibilizar las preocupaciones e intereses personales de donde parte nuestra investigación, así como visibilizar las necesidades, los intereses, los conflictos y las tensiones específicas, propias y particulares de los actores que forman parte del sistema o entramado de cuidados que se desea indagar en cada comunidad escolar.

Para Morin, la complejidad social de una realidad sólo puede reconstruirse al tomar en cuenta su multicausalidad y su multidimensionalidad. Como es fácil suponer, ninguna práctica, acción, hábito, vínculo o política cuidadora se genera por una sola causa, ni surge o se realiza desde una sola dimensión. El cuidado siempre implica ampliar la mirada, para tomar en cuenta la diversidad de factores, condiciones, actores y circunstancias involucradas en esa realidad. Sólo mediante el estudio y la comprensión de esta compleja red de causas e interconexión de dimensiones es que el cuidado se vuelve algo real y concreto. En nuestro caso particular, la investigación en cuidados que realizamos parte de un primer diagnóstico de las necesidades, vínculos, redes, servicios, sensibilidades e imaginarios vinculados con cualquier tipo de cuidado existente dentro de las comunidades escolares, con el propósito de identificar la multicausalidad y multidimensionalidad de las experiencias cuidadoras que se viven en cada uno de los planteles escolares.

Ahora bien, el estudio de toda realidad social puede abordarse al reconstruirla como un sistema complejo o red de vasos interconectados e interdependientes que obedecen a ciertas reglas, a cierto orden y a una cultura específica. Por ello, para poder comprender el funcionamiento de este sistema complejo es necesario desentrañar los hilos de la madeja y observar la manera en que éstos se entrecruzan e influyen unos sobre otros para dar origen a ese orden particular. De esta manera, la sistematización del universo de elementos, planos y dimensiones que conforman el sistema complejo de los planteles escolares es una de las condiciones indispensables para poder comprenderlo y explicarlo, para identificar sus principales problemas, conflictos y tensiones, así como pensar en soluciones útiles que hagan posible transformarlo en una comunidad modelo de cuidados, en donde rijan el bienestar y el bien común. De ahí que la producción de grandes bases de datos que permitan organizar los componentes, las dimensiones y los planos que dan vida a esos sistemas es condición esencial para el buen resultado de una investigación de esta envergadura. Es en la recopilación y elaboración de grandes bases de datos y en su manejo donde el C3 de la UNAM se vuelve imprescindible.

Con el objetivo de lograr lo anterior, varios integrantes del proyecto han dedicado meses de trabajo para elaborar un conjunto de primeros cuestionarios que arrojarán información de primera mano, a partir de las respuestas de estudiantes, maestras y maestros, funcionarios,

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

autoridades y trabajadores de cada plantel.[10] Estas encuestas se realizarán en estricto cumplimiento de las normativas de protección de datos personales, que serán anónimas y no pedirán ningún tipo de información que pueda comprometer la intimidad o la integridad de las personas que las contesten.[11]

Buzón Puma, una aplicación al servicio de los ciudadanos universitarios

El Buzón Puma es una aplicación digital (*app*) desarrollada en el C3 de la UNAM con el objetivo de facilitar la participación activa de la comunidad universitaria, a través del uso de dispositivos móviles o equipos de escritorio. El Buzón funciona como una herramienta de observación electrónica a través de la cual se pueden aplicar distintas encuestas para que la comunidad y autoridades universitarias tengan conocimiento de aspectos de interés en algún proyecto de investigación, como es el caso del proyecto Cuidados para la Vida y el Bien Común. El Buzón se creó de acuerdo con los estándares tecnológicos actuales y a partir de los recursos computacionales del C3; es de fácil y rápido acceso y, en algunos casos, preventivo, para que cualquier persona pueda interactuar de forma segura; además, es anónimo, voluntario y protege la confidencialidad del usuario.

Su diseño, atractivo y funcional, tanto en la aplicación como en el material de comunicación, es esencial para captar la atención de los usuarios y motivar su participación. Por ello, incorpora criterios UX (experiencia del usuario) y UI (interfaz del usuario) intuitivos, basados en los principios de la metodología del pensamiento de diseño (*design thinking*), que aseguran una experiencia fluida y facilitan el acceso a la información de manera clara y directa. La estética visual también refuerza la identidad del proyecto y transmite su propósito y valores, al conectar con los usuarios en el nivel emocional y práctico. Este enfoque es clave dentro del proyecto Cuidados para la Vida y el Bien Común del C3 de la UNAM, ya que permite tejer redes entre personas cuidadoras y cuidadas, lo que promueve la conciencia y la colaboración para construir una sociedad de cuidados. La aplicación Buzón Puma no sólo es una herramienta tecnológica sino un canal que, gracias a su comunicación visual y su diseño centrado en la experiencia del usuario, contribuye a recabar información clave y útil para movilizar a la comunidad y crear redes sólidas de apoyo y transformación social.

La información arrojada por las encuestas alimentará las bases de datos que, en un segundo momento, deberán analizarse para planear los siguientes pasos de la investigación

[10] A la cabeza del diseño de la encuesta estuvieron Itzcóatl Jacinto y Judith Pérez, ambos investigadores de la UNAM.

[11] Tanto la metodología de la aplicación de las encuestas para realizar diagnósticos sobre la cultura de los cuidados como las preguntas de éstas fueron aprobadas por el Comité de Ética de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), Unidad Mérida, cuyas integrantes revisaron que la aplicación digital (*app*) cumpliera con todas las normas de protección de datos y confidencialidad de las personas participantes. Agradecemos al comité su colaboración con nuestro proyecto.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

participativa en cada comunidad escolar. Por ejemplo, se pueden elaborar etnografías o grupos focales que permitan conocer más a fondo las necesidades de cuidados específicos de cada plantel y, con ello, idear propuestas de acciones concretas y políticas de solución.

Gracias a la existencia de esta herramienta tecnológica y a la colaboración transdisciplinaria entre los dos proyectos del C3 —el Buzón Puma y el proyecto Cuidados para la Vida y el Bien Común—, se han hecho las tres primeras pruebas piloto de encuestas en espacios universitarios pequeños para probar su funcionalidad y garantizar buenos resultados en un levantamiento de datos posterior en los CCH. La primera se realizó con dos grupos de estudiantes de licenciatura de la Facultad de Arquitectura en el campus Ciudad Universitaria, en la Ciudad de México; la segunda, con un grupo de posgrado del Instituto de Energías Renovables en Temixco, Morelos, y la última, con dos grupos en el Plantel Oriente del CCH. Las pruebas piloto permitieron detectar posibles fallas tecnológicas al descargar la aplicación, así como dificultades prácticas o en la redacción de las preguntas.

En los tres casos, el procedimiento para llevar a cabo las pruebas fue similar. Reunimos a varios estudiantes de un mismo nivel escolar en un salón de clases, donde un miembro de nuestro proyecto de investigación explicó los objetivos de éste y la manera en que se busca beneficiar, principalmente, a la comunidad estudiantil de la UNAM. Una vez que los estudiantes fueron sensibilizados con los objetivos del proyecto, se pidió que escanearan con su celular un código QR que los dirigía al cuestionario a responder. En los tres casos, los estudiantes lograron ver el cuestionario y responderlo en menos de veinte minutos. En el primer caso, en noviembre de 2023, se presentaron algunos problemas de tipo técnico que los investigadores del proyecto Buzón Puma pudieron atender y resolver. En la segunda prueba, en junio de 2024, los estudiantes escanearon el código QR y respondieron el cuestionario con facilidad. En el último, expresaron que el cuestionario era demasiado largo, lo que fue de gran utilidad para afinar y reducir el número de preguntas.

Después de estas experiencias, que demostraron que la sinergia entre Buzón Puma y el proyecto Cuidados para la Vida y el Bien Común es funcional, se llevó a cabo el levantamiento de las encuestas en un primer CCH —Plantel Oriente— a partir de octubre de 2024. En este caso, se aplicó el cuestionario vía remota y, con ello, inició la fase de sistematización de la información en bases de datos que se almacenarán también en el C3. Éstos serán materiales clave para evaluar la situación actual del CCH y para definir los programas de intervención participativa para la tercera fase del proyecto de cuidados, en la que se trabajará con la comunidad escolar para construir un modelo de comunidad cuidadora, replicable en otras universidades y planteles escolares de otros niveles educativos. La experiencia en el uso y aplicación del Buzón Puma para este proyecto también ofrecerá información para su posible aplicación en el análisis de otros problemas y su potencial uso por otras universidades del país.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

Para concluir

Frente a las crisis e incertidumbres que atraviesan a nuestras sociedades, la investigación en complejidad social es una de las principales demandas de la época contemporánea. En esa demanda, los niveles escolares tienen una gran responsabilidad moral y social que atender para garantizar transformaciones que realmente incidan en nuestras sociedades en crisis.

Sólo una educación pensada desde la complejidad puede ofrecer al mundo la posibilidad de construir conocimientos teóricos que se puedan poner al servicio de la realidad, para generar sociedades más justas, equitativas, sanas, incluyentes, sostenibles y pacíficas. Por ello es indispensable que, desde el preescolar hasta la universidad, se promueva la colaboración y el diálogo transdisciplinario, así como el uso de innovaciones tecnológicas para tomar decisiones informadas y crear políticas públicas útiles en beneficio del bien común. En este ámbito, el C3 de la UNAM asume su compromiso y responsabilidad social de producir conocimientos relevantes que, desde el diálogo entre disciplinas, pueden atender problemas que requieren soluciones urgentes en nuestras sociedades globales. El trabajo conjunto entre el proyecto Cuidados para la Vida y el Bien Común y del Buzón Puma son muestra de ello.

En alguno de sus bellísimos textos, la escritora española Irene Vallejo recordaba cómo, ya en la antigüedad romana, el filósofo Séneca señalaba que "Nadie tiene una vida feliz si lo vuelve todo a sus fines" (Vallejo, 2023, sp). Cuenta Vallejo que, en alguna de sus cartas a Lucilo, el sabio de origen cordobés describía la convivencia humana como "una arquitectura del cuidado", ya que "la sociedad se parece a una bóveda que se desplomaría si unas piedras no sujetaran a otras, ya que ésta sólo se sostiene gracias al apoyo mutuo" (2023, sp). A partir de los pensamientos que Séneca expresara en el siglo I d.C., Vallejo, en pleno siglo XXI, nos recuerda que, en efecto, no somos islas sino hilos entretejidos (2023, sp). Y es allí, en esa urdimbre de vulnerabilidades, necesidades de ayuda y compañía mutua, emociones, trabajos cotidianos y corresponsabilidades, que el proyecto de investigación compleja de Cuidados para la Vida y el Bien Común, junto con la tecnología necesaria para su desarrollo, busca contribuir, desde la academia, la docencia y la acción comunitaria universitaria, para mostrar cómo la colaboración de las instituciones educativas con los estados y el compromiso de las primeras con la sociedad serán dos piezas clave en la construcción de nuevas sociedades y ciudadanías del cuidado, donde los seres que habitamos la Tierra encontremos un lugar bueno y digno para todas y todos.

Agradecimientos

Este artículo fue posible gracias a los proyectos Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica Buzón Puma: Canal de Observación Electrónico para Conflictos Sociales, IN307023, y Cuidados para la Vida y el Bien Común. Por una Universidad de Cuidados, IG300424, de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

Referencias

Aguado de la Obra, G. (2018). La pedagogía de los cuidados. Una mirada educativa que es urgente incorporar. En G. Aguado, L. E. Pantarroyo, M. Larrañaga, I. Palacín, V. Quilaqueo, R. M. Mujica, L. Maldonado y D. Ventura (coords.), *Pedagogía de los cuidados. Aportes para su construcción* (pp. 18-36). Fundación InteRed. https://intered.org/sites/default/files/marco-teorico_completo.pdf

Burke, P. (2012). *Does Hope have a History?*. *Estudos Avançados*, *26*(75), 207-218. https://www.scielo.br/j/ea/a/SCJNStgyxZkvbC5xfChgXhp/?format=pdf&lang=en

Centro de Ciencias de la Complejidad (11 de septiembre de 2024). *El cuidado y la ética del cuidado: nuevas reflexiones, experiencias y perspectivas* [video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=037Juj-2EGA

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2021). *Hacia la sociedad del cuidado. Los aportes de la Agenda Regional de Género en el marco del desarrollo sostenible*. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/d1fb9b2a-5e17-4a75-9c2b-f3ed1a554c90/content

Fisher, B. y Tronto, J. C. (1990). Toward a feminist theory of caring. En E. K. Abel y M. K. Nelson (eds.), *Circles of care. Work and identity in women's lives* (pp. 35-62). State University of New York Press. https://books.google.com.mx/books?id=OJUB93vFTuwC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Igualdad de Género UNAM (27 de octubre de 2023). *Escapar del mal cuidado, escapar de la injusticia. Joan Tronto en la UNAM* [video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=qGAytUtspWY

Morin, E. (1994). La complejidad y la acción. En *Introducción al pensamiento complejo* (pp. 72-84). s.e. https://cursoenlineasincostoedgarmorin.org/images/descargables/Morin_Introduccion_al_pensamiento_complejo.pdf

Morin, E. (1998). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.

Organización de las Naciones Unidas (sf). Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Naciones Unidas*. https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible

Organización de las Naciones Unidas (2024). *Transforming care systems in the context of the sustainable development goals and Our Common Agenda*. UN System Policy Paper. UN. https://unsdg.un.org/sites/default/files/2024-07/FINAL_UN%20System%20Care%20Policy%20Paper_24June2024.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Cultura y la Ciencia (2022). *Más allá de los límites: nuevas formas de reinventar la educación superior*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389912_spa

Organización Mundial de la Salud (31 de marzo de 2023). Depresión. *Organización Mundial de la Salud*, sp. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression

Tronto, J. C. (2024). *Democracia y cuidado. Mercados, igualdad y justicia. El cuidado en el centro de la vida humana*. Rayo Verde.

Vallejo, I. (29 de diciembre de 2023). Me erotiza la gente buena. *El País*, sp. https://elpais.com/eps/2023-12-30/me-erotiza-la-gente-buena.html

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

Notas al final

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/8

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/9

ARTÍCULOS

Burnout y toma de decisiones en organizaciones de salud en situaciones de contingencia

Burnout and decision making in health care organizations in contingency situations

Pablo Guerrero Sánchez
ORCID: 0000-0003-2701-8393, pablodbk@gmail.com
Facultad de Contaduría, Administración e Informática (FCAEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Belem Gabriela Hernández Jaimes
ORCID: 0000-0002-3866-3593, belem.hernandez@uaem.mx
Facultad de Contaduría, Administración e Informática (FCAEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Roberto Flores Velázquez
ORCID: 0000-0001-6908-9822, roberto.flores@uaem.mx
Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Irene Sánchez Guevara
ORCID: 0009-0003-0557-3094, isabiro@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X)

José Guerrero Grajeda
ORCID: 0000-0003-4561-8085, grajeda@ciencias.unam.mx
Facultad de Ciencias (FC), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Recepción: 23/03/24. Aceptación: 15/01/25. Publicación: 18/06/25

RESUMEN

El síndrome de *burnout* es un problema complejo para las organizaciones de salud en México en situaciones de contingencia, en particular para la toma de decisiones de los directivos y profesionales, mandos medios y operativos en situaciones de alta incertidumbre y violencia en el contexto organizacional. En este artículo se presenta un modelo matemático para la intervención y apoyo en la correcta toma de decisiones en situaciones de alta complejidad y en la supervisión de la calidad de los protocolos. A través de una metodológica cualitativa, se realizaron entrevistas a profundidad a distintos actores que intervienen o han intervenido en la toma de decisiones dentro del campo organizacional de la salud.

PALABRAS CLAVE

síndrome de *burnout*, toma de decisiones, complejidad organizacional

ABSTRACT

Burnout syndrome is a complex problem for health care organizations in Mexico in contingency situations, particularly for decision making by managers and professionals, executives, middle managers, and operational staff in situations of high uncertainty and organizational violence. This article presents a mathematical model for intervention and support for correct decision making in situations of high complexity and quality supervision of protocols. Through a qualitative methodological approach, in-depth interviews were conducted with different actors who intervene or have intervened in decision-making in the organizational field of health.

KEYWORDS

burnout syndrome, decision making, organizational complexity

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Introducción

El síndrome de *burnout* es una respuesta al estrés crónico en el trabajo que se caracteriza por un estado de agotamiento emocional, despersonalización y baja realización personal (Intriago Miranda, 2019). En el ámbito de la salud, el *burnout* es un problema creciente que tiene un impacto negativo en la calidad de la atención, el bienestar de los profesionales y la eficiencia de las organizaciones, las cuales a su vez tienen un impacto en sus elementos sustantivos, como

> las cualidades de liderazgo de los supervisores inmediatos [que] se relacionan con el agotamiento y la satisfacción de los empleados de atención médica no médicos que trabajan en una organización grande. Se necesitan más estudios para determinar si las estrategias para monitorear y mejorar las puntuaciones de liderazgo de los supervisores dan como resultado una reducción del agotamiento y una mayor satisfacción entre los empleados de atención médica (Dyrbye et al., 2020, p. 698).

Este artículo tiene como objetivo examinar la relación entre el *burnout* y las decisiones organizacionales en situaciones de contingencia, centrándose en cómo las decisiones estratégicas impactan el bienestar emocional del personal. A través de un modelo matemático y el análisis cualitativo de entrevistas, se busca comprender cómo las organizaciones pueden mitigar los efectos del *burnout* en contextos de alta incertidumbre y presión de los profesionales de salud, y, al mismo tiempo, se proponen algunas estrategias para mitigar este riesgo.

Como antecedente, se considera que en México la preeminencia de este padecimiento es alta, y no sólo se ve reflejada en problemas de salud pública, sino económicos, de rotación de personal y psicosociales. El índice de *burnout* en la población de los trabajadores de la salud en México es alto. Un estudio reciente encontró que el 42% de los profesionales presenta síntomas de *burnout* (Aguilar-Hernández et al., 2022), cifra mayor en comparación con Estados Unidos, con un 32% de las prevalencias, y con la mayoría de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), con un 28% (OCDE, 2022).

El *burnout* se caracteriza por tres dimensiones:

- Agotamiento emocional: sensación de cansancio, fatiga y falta de energía para el trabajo.
- Despersonalización: actitud cínica, distante y despótica hacia los pacientes y colegas.
- Baja realización personal: sentimientos de incompetencia, falta de logro y desilusión con el trabajo.

El *burnout* tiene un impacto negativo en la calidad de la atención (Yslado Méndez, 2019), el bienestar de los profesionales y la eficiencia de las organizaciones de la salud en México (Maslach et al., 2001; Schaufeli et al., 1996).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/9

Decisiones organizacionales como detonante del *burnout*

La complejidad de las decisiones en salud puede contribuir al *burnout* de los profesionales de varias maneras:

- *Aumento de la carga de trabajo*. La complejidad de las decisiones puede requerir más tiempo y esfuerzo de los profesionales, lo que puede conducir a la sobrecarga y el agotamiento. En particular, también puede existir una percepción sobre una *nube negra* en el personal de cirugía de las organizaciones de salud (Asfaw, 2023).
- *Sentimiento de impotencia*. La complejidad de las decisiones puede hacer que los profesionales se sientan impotentes para resolver los problemas de los pacientes, lo que puede conducir a la frustración y despersonalización.
- *Conflictos de valores*. La complejidad de las decisiones puede requerir a los profesionales tomar decisiones que contravienen sus valores personales, lo que puede conducir a sentimientos de culpa y baja realización personal.

Complejidad de las decisiones en salud

La toma de decisiones en salud es una tarea compleja que involucra a múltiples actores, factores y consideraciones. Las decisiones en salud se caracterizan por la incertidumbre, la ambigüedad y la necesidad de balancear múltiples valores y objetivos, así como por la complejidad de elegir entre elementos inciertos, múltiples entornos y desviaciones en la trayectoria de los resultados, donde los actos son complejos desde la perspectiva de quien toma las decisiones agrupadas en *actos simples*, a los cuales se puede aplicar una medida de complejidad subjetiva y aversión a la ambigüedad (Valenzuela-Stookey, 2023).

Para poder abordar esta complejidad se propone un modelo matemático que describa la relación entre las decisiones organizacionales y el nivel de *burnout* en los profesionales de la salud. El modelo se expresa de la siguiente manera:

$$x_t = f(x_{t-1}, u_t, e_t)$$

donde:

x_t es el nivel de *burnout* en el tiempo t, medido desde la percepción de los profesionales de la salud.

x_{t-1} es el nivel de *burnout* en el tiempo previo, el cual refleja cómo el agotamiento emocional tiende a ser acumulativo con el tiempo.

u_t es la decisión organizacional tomada en el tiempo t, como cambios en la asignación de tareas, turnos adicionales o la implementación de nuevas políticas operativas.

e_t es un evento externo o aleatorio, como una emergencia sanitaria o un aumento inesperado en la carga de trabajo.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/9

Solución del modelo

Este modelo analiza cómo las decisiones tomadas por las organizaciones de salud, junto con factores externos imprevistos, afectan el bienestar emocional de su personal.

Ejemplo de aplicación del modelo

El modelo propuesto se puede aplicar para estudiar el comportamiento de un sistema de salud en su totalidad, como:

- Toma de decisiones en entornos dinámicos.
- Predicción de fenómenos naturales o sociales.
- Optimización de sistemas complejos.

En este caso, el estado del sistema podría representar el estado de salud de la población, y la función *f ( )* podría describir la evolución del estado de salud de la población en función de factores como la atención médica, el estilo de vida y los factores ambientales. La acción u_t representaría las políticas de salud implementadas por el gobierno, y el evento aleatorio $e_{t,}$ podría representar un suceso inesperado, como una pandemia.

Por ejemplo, al simular el impacto de una política de salud que mejora el acceso a la atención médica, se podría observar que tal política reduce las tasas de *burnout* al disminuir la sobrecarga laboral en los hospitales. Además, la simulación puede mostrar cómo una mejor coordinación de turnos y la optimización de recursos podría tener un impacto directo en la calidad del servicio y en el bienestar de los profesionales de la salud.

Limitaciones del modelo

El modelo propuesto tiene algunas limitaciones. Una limitación es que el modelo es determinista, lo que significa que supone que el comportamiento del sistema es predecible. Sin embargo, en muchos sistemas complejos, éste es impredecible, incluso si se conoce el modelo.

Otra limitación es que el modelo es estático, lo que significa que supone que el sistema no cambia con el tiempo. Sin embargo, en muchos sistemas complejos, el sistema evoluciona con el tiempo, lo que puede hacer que el modelo sea menos preciso. Para mejorar el modelo, sería necesario incorporar métodos para modelar sistemas complejos que evolucionen con el tiempo y para incluir incertidumbre estocástica en las simulaciones.

Entrevistas y observaciones con personal de salud

A través de entrevistas con el personal del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) en Morelos, se identificaron fallos significativos en la implementación de los manuales de operación y protocolos de supervisión de calidad, en particular en las áreas de cirugía. En varios casos, el personal médico no siguió correctamente las normas establecidas, lo que provocó situaciones de riesgo sanitario, como la proliferación

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/9

de infecciones debido a la presencia de alimentos en áreas que deberían permanecer esterilizadas. Este tipo de incumplimiento no sólo expone a los pacientes a riesgos, sino que también aumenta la carga de trabajo del personal médico, que se ve obligado a corregir las consecuencias de estas fallas.

Además, la falta de acatamiento de los manuales se relaciona de forma directa con un ambiente organizacional desordenado, donde la falta de supervisión y la ambigüedad en la toma de decisiones agravan los niveles de estrés y frustración entre los profesionales de la salud. Esta combinación de alta demanda laboral, procesos deficientes y falta de apoyo fomenta el desarrollo del *burnout*.

El incumplimiento de los manuales de operación puede ser visto como un ejemplo concreto de cómo las decisiones organizacionales —o la falta de ellas— afectan directamente el bienestar del personal. En contextos de alta presión, como las situaciones de contingencia, los profesionales enfrentan una doble carga: lidiar con los efectos del caos operativo y cumplir con sus responsabilidades médicas. Esto no sólo incrementa la carga emocional, sino que también refuerza el sentimiento de impotencia, un factor clave en la aparición del *burnout*.

La toma de decisiones en las organizaciones de salud se complica aún más cuando no se siguen las directrices operativas, como lo muestran las observaciones del ISSSTE. La ineficiencia en la gestión genera ambigüedad y falta de claridad en las responsabilidades, lo que contribuye a la desorganización y la percepción de falta de control entre el personal. Esta falta de estructura organizacional, junto con las exigencias emocionales y físicas del trabajo, fomenta el desarrollo del *burnout*, especialmente en situaciones de crisis o emergencias, donde las decisiones deben tomarse de manera rápida y eficiente.

Estrategias para mitigar el *burnout*

Para mitigar el riesgo de *burnout* en las organizaciones de salud es importante abordar la complejidad de las decisiones. Algunas estrategias incluyen:

- Mejorar la comunicación y coordinación entre los profesionales: esto puede ayudar a reducir la carga de trabajo y mejorar la eficiencia en la toma de decisiones.
- Proporcionar apoyo a los profesionales para la toma de decisiones: esto puede incluir entrenamiento, mentoría y asesoramiento.

Crear un ambiente de trabajo que promueva el trabajo en equipo y el apoyo mutuo: esto puede ayudar a reducir la sensación de aislamiento y soledad, que puede contribuir al *burnout*.

Conclusiones

El *burnout* es un problema cada vez más preocupante en las organizaciones de salud en México, exacerbado por la complejidad de las decisiones que los profesionales deben tomar en condiciones de incertidumbre y alta demanda. Los resultados de este estudio sugieren que

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/9

la falta de adherencia a los manuales de operación, la ineficiencia en la gestión organizacional y la ambigüedad en la toma de decisiones son factores clave que contribuyen al desarrollo del *burnout* en el personal de salud.

Para mitigar este riesgo, es esencial abordar la complejidad de las decisiones mediante estrategias que refuercen la comunicación y coordinación entre los diferentes niveles de la organización, especialmente en situaciones de contingencia. Además, proporcionar apoyo estructurado a los profesionales a través del entrenamiento y la orientación puede reducir la sensación de sobrecarga e impotencia. Del mismo modo, crear un entorno de trabajo colaborativo y que promueva el apoyo mutuo entre los profesionales es crucial para disminuir los factores que conducen al agotamiento emocional y la despersonalización.

Finalmente, los modelos matemáticos propuestos en este artículo ofrecen una herramienta útil para analizar la relación entre las decisiones organizacionales y los niveles de *burnout*. Sin embargo, es necesario seguir desarrollando estos modelos para incorporar la incertidumbre estocástica y la dinamicidad de los sistemas de salud. Implementar estas estrategias no sólo mejorará el bienestar del personal de salud, sino que también incrementará la eficiencia operativa y la calidad de la atención en las organizaciones de salud en México.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/9

Referencias

Aguilar-Hernández, M. E., Álvarez-Garrido, J. J. y Sánchez-García, J. M. (2022). Burnout en el personal de enfermería de hospitales públicos de México: prevalencia y factores asociados. *Revista Española de Salud Pública*, *96*(1), e20211126.

Asfaw, Z. K., Schupper, A. J., Durbin, J., Kellner, C. y Shrivastava, R. (2023). Black clouds in surgery: a study of surgical resident workload and burnout. *The Surgeon*, *21*(2), 71-77. https://doi.org/10.1016/j.surge.2023.01.004

Dyrbye, L. N., Major-Elechi, B., Hays, J. T., Fraser, C. H., Buskirk, S. J. y West, C. P. (2020). Relationship between organizational leadership and health care employee burnout and satisfaction. *Mayo Clinic Proceedings*, *95*(4), 698-708. https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2019.10.041

Intriago Miranda, S. A. (2019). Síndrome del *burnout* en personal de salud de un centro hospitalario de la dirección distrital Junín-Bolívar. *Revista San Gregorio*, (35), 124-137. https://revista.sangregorio.edu.ec/index.php/REVISTASANGREGORIO/article/view/962

Maslach, C., Schaufeli, W. B. y Leiter, M. P. (2001). Job burnout. *Annual Review of Psychology*, *52*(1), 397-422. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.397

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2022). *Work-Life Balance: How Can We Make It Happen?* OECD Publishing.

Schaufeli, W. B., Leiter, M. P., Maslach, C. y Jackson, S. E. (1996). The Maslach Burnout Inventory-General Survey: Revised version and psychometric properties. *Journal of Occupational Health Psychology*, *1*(2), 199-218.

Valenzuela-Stookey, Q. (2023). Subjective complexity under uncertainty. *Mathematical Social Sciences*, *126*, 76-93. https://doi.org/10.1016/j.mathsocsci.2023.10.001

Yslado Méndez, Y. M., Norabuena Figueroa, R. P., Loli Poma, T. P., Zarzosa Marquez, E., Padilla Castro, L., Pinto Flores, I. y Rojas Gamboa, A. (2019). Síndrome de *burnout* y la satisfacción laboral en profesionales de la salud. *Horizonte Médico (Lima)*, *19*(4), 41-49. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2019000400006#:~:text=http%3A//dx.doi.org/10.24265/horizmed.2019.v19n4.06%C2%A0

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/10

ARTÍCULOS

Una alternativa para mitigar emisiones de CO_2 en centrales termoeléctricas de México

An alternative to mitigate CO_2 emissions in Mexico's thermoelectric power plants

Miriam Navarrete Procopio
ORCID: 0000-0002-0247-9647, miriam.navarrete@uaem.mx
Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Erick Omar Castañeda Magadán
ORCID: 0000-0002-7003-1860, erick.castanedamag@uaem.edu.mx
Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Luis Fernando Cortés Martínez
CORREO: luis.cortesma@uaem.edu.mx
Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Ángel Tlatelpa Becerro
ORCID: 0000-0002-4891-4405, angel.tlatelpa@uaem.mx
Escuela de Estudios Superiores de Yecapixtla (EESY),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Víctor Manuel Zezatti Flores
ORCID: 0000-0001-6470-6772, zezatti@uaem.mx
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Recepción: 20/05/24. Aceptación: 04/04/25. Publicación: 04/07/25.

RESUMEN

No es ningún secreto que en el mundo existen amenazas que pueden acabar con la humanidad por completo: el calentamiento global es una de ellas. El dióxido de carbono (CO_2) es el gas de efecto invernadero que más contribuye a este problema. El proceso de generación de electricidad a partir de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones de CO_2 en México. A continuación se presenta una alternativa tecnológica para mitigar las emisiones de CO_2 provenientes de las centrales termoeléctricas de México con base en los datos reportados en inventarios de emisiones de gases y compuestos e informes anuales sobre centrales eléctricas, así como del registro de fuentes renovables en 2021.

PALABRAS CLAVE

calentamiento global, dióxido de carbono, energía eléctrica, captura de CO_2 poscombustión

ABSTRACT

It is no secret that there are threats in the world that can ultimately end humanity, global warming is one of them. Carbon dioxide (CO_2) is the greenhouse gas that contributes the most to this problem. The process of generating electricity from fossil fuels is the main source of CO_2 emissions in Mexico. The following is a technological alternative for mitigate CO_2 emissions from thermoelectric power plants in Mexico based on data reported in inventories of gas and compound emissions and annual reports on power plants, as well as the registry of renewable sources in the year 2021.

KEYWORDS

global warming, carbon dioxide, electric energy, CO_2 capture, post-combustion

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Calentamiento global

El calentamiento global es la retención de calor debido a los gases emitidos por actividades antropogénicas (Holden et al., 2016). A estos gases se les denomina así porque presentan el mismo comportamiento que las paredes de cristal de los invernaderos con la luz solar, es decir, permiten su paso pero retienen el calor. Una parte del calor del sol entra al planeta traspasando las barreras que opone la atmósfera. Luego de cumplir su función, este calor se devuelve a la atmósfera, una parte de su flujo escapa hacia el exterior y la parte restante se dirige nuevamente hacia el planeta.

El efecto invernadero se constituye en una especie de membrana permeable que redirige el calor otra vez hacia la tierra. El cambio climático ocurre como resultado del incremento en las concentraciones de los gases de efecto invernadero, lo que provoca el aumento de la temperatura terrestre y modifica las condiciones de vida en la Tierra (Kumar et al., 2020; Soza y Ayres, 2018).

Emisiones de CO_2

El dióxido de carbono (CO_2) es el gas con mayor impacto, ya que permanece en la atmósfera por muchos años y su concentración está relacionada con la actividad antropogénica (Mander et al., 2016; Sonwani y Saxena, 2022). El 5 de noviembre de 2016 entró en vigor un tratado internacional sobre el cambio climático, el Acuerdo de París, que pretende intensificar acciones e inversiones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial (Anika et al., 2022).

El Atlas Global del Carbono es una plataforma virtual con base de datos de emisiones de CO_2 en todo el mundo. La figura 1 (p. 3) muestra los países que contribuyen con un total mundial de 37,150 $MtCO_2$. México forma parte de los veinte países con mayores emisiones de gases de efecto invernadero, al colocarse en el doceavo lugar mundial, con emisiones de 512 $MtCO_2$.

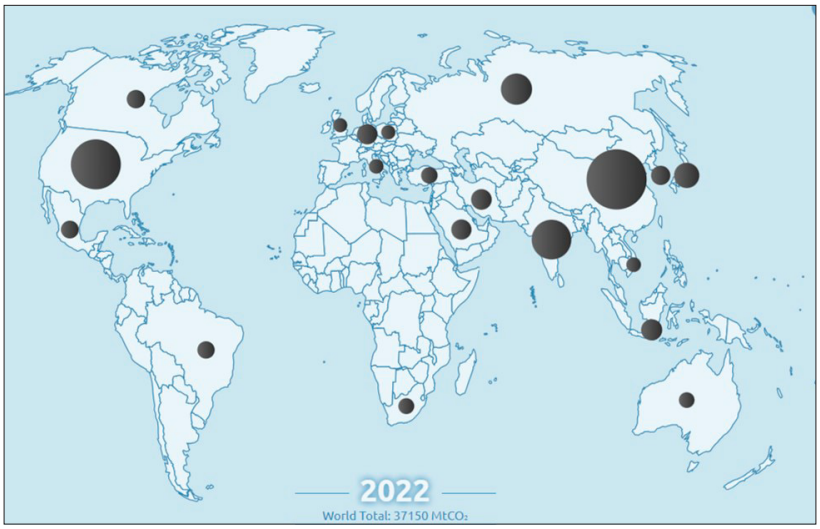
Emisiones nacionales de CO_2

En México, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) es un órgano público descentralizado que realiza el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI). Este inventario categoriza en su base de datos cuatro grandes fuentes emisoras de CO_2 provenientes de la quema de combustible: industrias de la energía, industrias de la manufactura y construcción, transporte y otras industrias. La industria de la energía es la responsable de emitir la mayor cantidad de CO_2 a la atmósfera, con un 47% de las emisiones totales en México. La figura 2 (p. 3) muestra el porcentaje de cada fuente emisora de CO_2 y de las subfuentes pertenecientes a las industrias de la energía, de las cuales la producción de electricidad y calor emite el 84% de CO_2 (171 $MtCO_2$).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/10

Figura 1

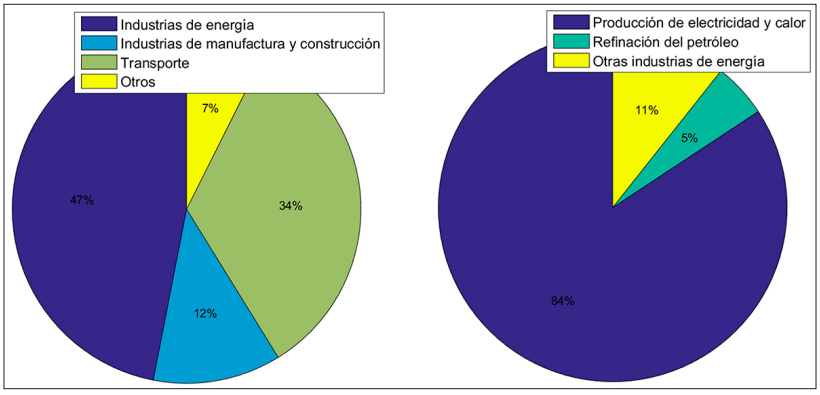
Atlas global de emisiones de carbono



Fuente: Global Carbon Atlas (2022).

Figura 2

Contribución de CO_2 por fuente y subfuente de emisión



Fuente: elaboración propia con base en INECC (2021).

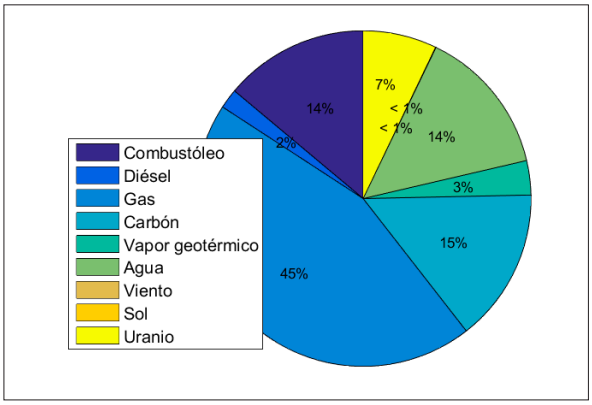
Producción de energía eléctrica

En México, la producción, el transporte y la distribución de energía eléctrica se realiza a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que en su informe anual de 2021 reportó 195 centrales eléctricas con una capacidad bruta efectiva total de 59,561 MW. La tabla 1 (p. 4) muestra el número de centrales eléctricas renovables y termoeléctricas, así como su capacidad de producción. Del total de la capacidad, un 24.35% correspondía a centrales que

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/10

Figura 3

Fuentes primarias para la generación de la electricidad



Fuente: elaboración propia con base en CFE (2021).

Tabla 1

Escenario tecnológico del parque de generación

	Tipo	Número de centrales	Capacidad en MW (bruta efectiva)
Centrales eléctricas renovables	Hidroeléctrica	60	12,125.4
	Geotermoeléctrica	4	873.6
	Eoloeléctrica	9	698.6
	Solar fotovoltaica	2	6.0
Centrales termoeléctricas	Vapor	21	10,931.6
	Ciclo combinado	44	23,143.9
	Carboeléctrica	3	5,463.5
	Turbogás	41	2,662.5
	Combustión interna	5	359.0

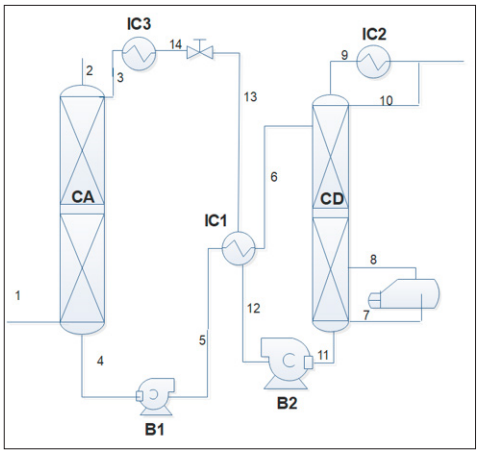
Fuente: elaboración propia con base en CFE (2021).

generan energía con fuentes renovables, como agua, viento, vapor geotérmico, sol y energía nuclear, y el 75.65%, con hidrocarburos.

Las centrales generadoras de la CFE, por la diversidad de tecnologías existentes, utilizan diferentes fuentes primarias para la generación de energía. La figura 3 muestra el porcentaje utilizado por cada fuente, de los cuales el mayor lo ocupa el gas natural, con un 45%. Éste se utiliza en varias centrales termoeléctricas del país, que, a diferencia del combustóleo, el diésel y el carbón, emite CO_2 en menor concentración que el resto de los combustibles fósiles; no obstante, no deja de emitir una gran cantidad de flujo de gas contaminante.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/10

Figura 4
Tecnología poscombustión



Fuente: elaboración propia.

Captura y aprovechamiento de CO_2

A pesar de que el CO_2 producido por la quema de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica es el gas de efecto invernadero que más contribuye al calentamiento global y al cambio climático, las tecnologías convencionales para la producción de este tipo de energía seguirán operando para abastecer las necesidades del país en este campo. Por lo tanto, es importante desarrollar tecnologías y estrategias para mitigar las emisiones de CO_2 provenientes de estas fuentes (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021). Las tecnologías actuales para separar el CO_2 de la mezcla de gases provenientes de la quema de combustibles fósiles en las plantas generadoras se clasifican en tecnologías de tratamiento antes de la combustión (precombustión), durante la combustión (oxycombustión) y después de la combustión (poscombustión) (Darabkhani, et al., 2022; Malekli y Aslani, 2022; Mitra et al., 2023).

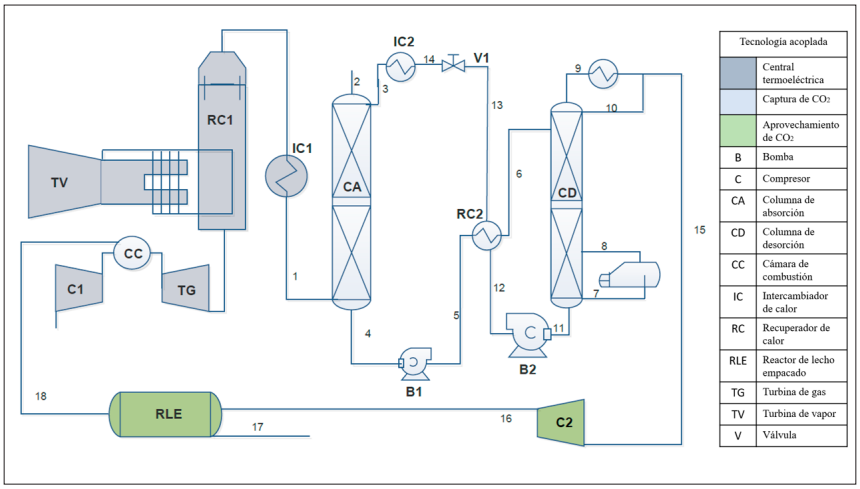
Tecnología poscombustión de CO_2

La tecnología poscombustión es utilizada para la eliminación de CO_2 proveniente de los gases de combustión en las centrales termoeléctricas. Esta tecnología consiste en la absorción del CO_2 con una solución absorbente de amina (Alalaiwat y Khan, 2024). Las unidades de proceso principales se muestran en la figura 4, donde aparecen columnas empacadas de absorción y desorción (CA, CD), bombas (B) e intercambiadores de calor (IC) (Wang et al., 2022).

La ventaja distintiva de la captura de CO_2 poscombustión es que puede ser adaptada a las centrales eléctricas existentes sin modificaciones significativas. La principal desventaja de esta tecnología es la alta demanda energética requerida por la regeneración del disolvente (Chao et al., 2021; Raganati y Ammendola, 2024).

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/10

Figura 5
Diagrama de proceso para la propuesta tecnológica de captura y aprovechamiento de CO_2



Fuente: elaboración propia.

Aprovechamiento de CO_2

Se realizó una investigación detallada para encontrar una técnica y disponer de la captura del CO_2 en una central termoeléctrica. Se encontró que existen dos alternativas: una que consiste en capturar, transportar y almacenar el CO_2 en el subsuelo y otra que consiste en la captura y el aprovechamiento de CO_2, donde el flujo de gas capturado sería utilizado en la elaboración de otros productos, como combustibles, especialidades químicas y materiales de construcción (Hunt et al., 2010; Koytsoumpa et al., 2018).

La propuesta de este trabajo consiste en aprovechar el CO_2 como reactivo en la producción de gas metano (CH_4), al acoplar al proceso de captura poscombustión un reactor que transforme el CO_2 en CH_4 para utilizarlo como combustible dentro de la central termoeléctrica, al obtener un ciclo para la producción y consumo del CO_2 (Hidalgo y Martín-Marroquín, 2020; Schaaf et al., 2014).

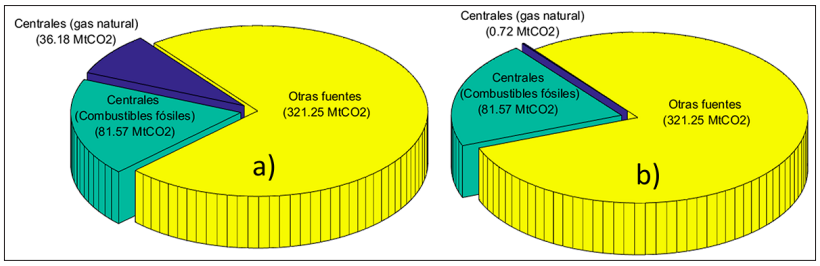
Descripción de la propuesta tecnológica

Para mitigar las emisiones de CO_2 provenientes de la quema de combustibles fósiles en las centrales termoeléctricas de México se propone un proceso continuo de captura y aprovechamiento de CO_2. La figura 5 muestra las unidades de proceso para la tecnología de captura y aprovechamiento de CO_2 acoplada a una central termoeléctrica de ciclo combinado. Los gases emitidos por la central se dirigen a una columna empacada de absorción (corriente 1, CA) para absorber el CO_2 con una solución absorbente (Monoetanolamina al 30% m/m)

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/10

Figura 6

Resultados de las emisiones de CO_2 en centrales de gas natural



a) Sin la tecnología; b) con la tecnología de captura

y aprovechamiento de las emisiones de CO_2.

Fuente: elaboración propia.

(corriente 3, CA). El gas sale de la CA a la atmósfera con una concentración mínima de CO_2 (corriente 2, CA) y la solución absorbente concentrada en CO_2 se bombea hacia la columna de desorción, pasando por un recuperador de calor (B1, RC2, CD).

La solución concentrada en CO_2 se pone en contacto a contracorriente con vapor sobrecalentado en la columna de desorción (CD). El CO_2 que se encuentra en mezcla con el vapor se recupera por condensación, de donde se obtiene el CO_2 para su aprovechamiento en la producción de CH_4 en el reactor de lecho empacado (RLE). El gas metano producido entra a la central termoeléctrica como gas de combustión para cerrar el ciclo con mínimas emisiones de CO_2. En la columna de desorción además se regenera la solución absorbente para ingresar de nuevo al proceso (Corrientes 11-14).

Impacto nacional en las emisiones de CO_2

En México, las centrales termoeléctricas que queman gas natural para la producción de electricidad emiten 36.18 $MtCO_2$. Con una primera simulación de la propuesta tecnológica se reducen las emisiones de CO_2 en un 98%. Aplicando la tecnología a las centrales termoeléctricas de gas natural disminuirían las emisiones por debajo de un millón de toneladas de CO_2. La figura 6 muestra el resultado de las emisiones de CO_2 en las centrales de ciclo combinado sin la tecnología y con la tecnología de captura y aprovechamiento de las emisiones de CO_2.

Conclusiones

Con la implementación de la propuesta de tecnología se puede observar que este gas de efecto invernadero ya no sólo representará un desecho o un contaminante, sino una materia prima que podrá definir y construir el camino de la energía sostenible en México.

ISSN digital: 2448-9026 | DOI: 10.30973/inventio/2025.21.53/10

Dentro del panorama ingenieril siempre se busca la rentabilidad en un proceso y esto cuestiona fuertemente las nuevas tecnologías. Además, esta propuesta no representa modificaciones significativas en el diseño de las centrales termoeléctricas.

La cantidad de emisiones de CO_2 que se pueden reducir a través de esta propuesta equivalen al 8% de los nacionales totales.

Referencias

Alalaiwat, D. y Khan, E. (2024). Post-combustion carbon capture process modeling, simulation, and assessment of synergistic effect of solvents. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, *135*(2). https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2024.104145

Anika, O. C., Nnabuife, S. G., Bello, A., Okoroafor, E. R., Kuang, B. y Villa, R. (2022). Prospects of low and zero-carbon renewable fuels in 1.5-degree net zero emission actualization by 2050: a critical review. *Carbon Capture Science & Technology*, *5*, 1-17. https://doi.org/10.1016/j.ccst.2022.100072

Chao, C., Deng, Y., Dewil, R., Baeyens, J. y Fan, X. (2021). Post-combustion carbon capture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *138*, 1-19. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110490

Comisión Federal de Electricidad (2025). Reportes financieros: 2021. CFE. https://www.cfe.gob.mx/finanzas/reportes-financieros/Pages/estados-financieros.aspx#Tab4WebPartCaptionWPQ1

Darabkhani, H. G., Varasteh, H. y Bazooyar, B. (2023). 2–Main technologies in CO_2 capture. En *Carbon capture technologies for gas-turbine-based power plants* (pp. 19-38). Elsevier. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818868-2.00002-3

Global Carbon Atlas (2022). *Global Carbon Atlas*. http://www.globalcarbonatlas.org

Hidalgo, D. y Martín-Marroquín, J. M. (2020). Power-to-methane, coupling CO_2 capture with fuel production: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *132*, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110057

Holden, W., Nadeau, K. y Porio, E. (2016). Climate change: a conceptual framework. En *Ecological liberation theology. Faith-based approaches to poverty and climate change in the Philippines* (pp. 11-16). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50782-8_3

Hunt, A. J., Sin, E. H. K., Marriott, R. y Clark, J. H. (2010). Generation, capture, and utilization of industrial carbon dioxide. *ChemSusChem. Chemistry-Sustainability-Energy-Materials*, *3*(3), 306-322. https://doi.org/10.1002/cssc.200900169

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2021). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI). Gobierno de México, sp. https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-inegycei

Koytsoumpa, E. I., Bergins, C. y Kakaras, E. (2018). The CO_2 economy: review of CO_2 capture and reuse technologies. *The Journal of Supercritical Fluids*, *132*, 3-16. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.07.029

Kumar, V., Ranjan, D. y Verma, S. (2021). Global climate change: the loop between cause and impact. En S. Singh, P. Singh, R. Selvasembian y K. K. Srivastava (eds.), *Global Climate Change* (pp. 187-211). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822928-6.00002-2

Malekli, M. y Aslani, A. (2022). A novel post-combustion CO_2 capture design integrated with an Organic Rankine Cycle (ORC). *Process Safety and Environmental Protection*, *168*, 942-952. https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.10.076

Mander, Ü., Sohar, K., Tournebize, J. y Pärn, J. (2016). Risk analysis of global warming-induced greenhouse gas emissions from natural sources. *International Journal of Safety and Security Engineering*, *6*(2), 181-192. https://doi.org/10.2495/SAFE-V6-N2-181-192

Mitra, P., Masum Ahmed, S. M., Mahnaaz Mahmud, D. y Zeyad, M. (2022). An overview of the progress of CO_2 capture technologies [conferencia]. 11th International Conference on Power Science and Engineering, 142-147. https://doi.org/10.1109/ICPSE56329.2022.9935495

Raganati, F. y Ammendola, P. (2024). CO_2 post-combustion capture: a critical review of current technologies and future directions. *Energy & Fuels*, *38*(15), 13858-13905. https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.4c02513

Schaaf, T., Grünig, J., Schuster, M. R., Rothenfluh, T. y Orth, A. (2014). Methanation of CO_2-storage of renewable energy in a gas distribution system. *Energy, Sustainability and Society*, *4*, 1-14. https://doi.org/10.1186/s13705-014-0029-1

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (10 de noviembre de 2021). Programa Especial de Cambio Climático 2021-24. *Gobierno de México*, sp. https://www.gob.mx/semarnat/documentos/programa-especial-de-cambio-climatico-2021-2024

Sonwani, S. y Saxena, P. (eds.) (2022). *Greenhouse gases: sources, sinks and mitigation*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4482-5

Soza, E. y Ayres, K. (2018). Global warming and climate change [conferencia]. *Sciforum*. https://doi.org/10.3390/MOL2NET-04-05474

Wang, R., Ashkanani, H. E., Li, B. y Morsi, B. I. (2022). TEA of a unique two-pathways process for post-combustion CO_2 capture. *Journal of Energy and Power Technology*, *4*(4), 1-27. https://doi.org/10.21926/jept.2204033

inventio
La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 21, núm. 53, 2025
ISSN: 2448-9026 (digital)

SIGNIFICAR CON TEXTOS

Fondo Editorial UAEM

- Cambio climático, salud y contexto social: un vínculo indisoluble
- Estudios y contextos de la ciudad y la sustentabilidad
- Literatura y cine: acercamientos críticos y teóricos
- Análisis y reflexiones sobre la educación para personas jóvenes y adultas: trayectorias, derechos y ciudadanía
- La huerta de Cocoyotla. Coatlán del Río, Morelos, 1851-1852
- Organización y teoría organizacional. Una visión transdisciplinaria entre cuerpos académicos
- Diagnóstico participativo comunitario: Unidad Habitacional José Ma. Morelos y Pavón, Xochitepec, Morelos
- Cuadernos híbridos 15. La universidad invisible
- Protección social participativa para migrantes en México
- La salud mental en y desde la universidad en el contexto de la pandemia por COVID-19. Retos y oportunidades de la psicología

Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Secretaría Académica
Dirección de Publicaciones y Divulgación
inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx

Cambio climático, salud y contexto social: un vínculo indisoluble

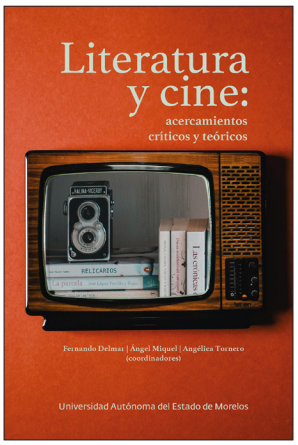
Enrique Sánchez Salinas, Ma. Laura Ortiz Hernández,
María Luisa Castrejón Godínez, Efraín Tovar Sánchez (eds.)
UAEM, Cuernavaca, 2024, 186 páginas
ISBN: 978-607-8951-50-5
Consulta: https://libros.uaem.mx/producto/cambio-climatico-salud-y-contexto-social-un-vinculo-indisoluble/

El cambio climático representa uno de los principales retos de la humanidad debido a que afecta a los sistemas biofísicos del planeta; además, se ha reconocido como la más grande amenaza global para la salud del siglo XXI, pues impacta en el ambiente físico, en los aspectos sociales y económicos, en los sistemas de salud, entre otros ámbitos. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cambio climático podría revertir décadas de avances en el ámbito de la salud, ya que también aumenta el riesgo de morbilidad y mortalidad. Este volumen integra las contribuciones de un grupo de académicos que analizan a detalle cada uno de estos temas y plantean una serie de propuestas, desde su experiencia, para afrontar el fenómeno del cambio climático, particularmente en la región de América Latina y el Caribe.

Estudios y contextos de la ciudad y la sustentabilidad

Viridiana Aydeé León Hernández,
Gerardo Gama Hernández (coords.)
UAEM, Cuernavaca, 2025, 238 páginas
ISBN: 978-607-2646-06-3
Consulta: https://libros.uaem.mx/producto/estudios-y-contextos-de-la-ciudad-y-la-sustentabilidad/

Este libro ofrece diversas miradas sobre la intervención multi, trans e interdisciplinaria de los fenómenos, estudios e investigaciones de la ciudad y algunos de sus contextos. Aquí se compilan investigaciones sociales, económicas, arquitectónicas, urbanas, de planeación, biológicas, turísticas y culturales que buscan cerrar la brecha dentro de los objetivos de la Agenda 2030. Es así que, desde lo local, se busca impulsar iniciativas que marquen la pauta y sirvan de carta de navegación para mejorar y avanzar en temas de sustentabilidad. La ciudad y sus laberintos, el patrimonio material e inmaterial, los modelos de desarrollo para las localidades, el paisaje cultural y natural, la comunicación digital inmersa en la sustentabilidad, son algunas temáticas que se abordan en esta obra.



Literatura y cine: acercamientos críticos y teóricos

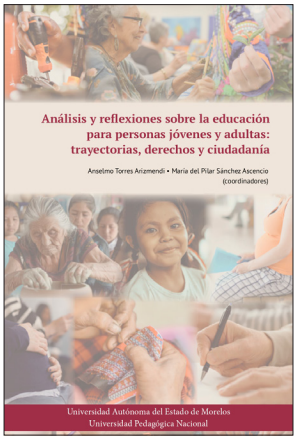
Fernando Delmar, Ángel Miquel, Angélica Tornero (coords.)

UAEM, Cuernavaca, 2023, 232 páginas

ISBN: 978-607-8951-10-9

Consulta: https://libros.uaem.mx/producto/literatura-y-cine-acercamientos-criticos-y-teoricos/

Los acercamientos y las propuestas de estudio alrededor de las relaciones entre literatura y cine son diversos. La abundancia de asuntos compartidos dificulta en gran modo uniformar las formas de abordaje, así como el entendimiento de un fenómeno cultural complejo y de gran riqueza para comprender nuestra contemporaneidad. Aquí se reúnen siete textos que se inscriben en el campo de los estudios intermediales en torno a las relaciones entre literatura y cine que, desde una perspectiva interdisciplinaria, revisan aproximaciones prácticas, teóricas e históricas para los estudios críticos de arte y literatura. En la primera parte se abordan estudios críticos sobre algunas adaptaciones cinematográficas; en la segunda se propone un acercamiento teórico para el estudio de la trasposición de la literatura al cine.



Análisis y reflexiones sobre la educación para personas jóvenes y adultas: trayectorias, derechos y ciudadanía

Anselmo Torres Arizmendi,

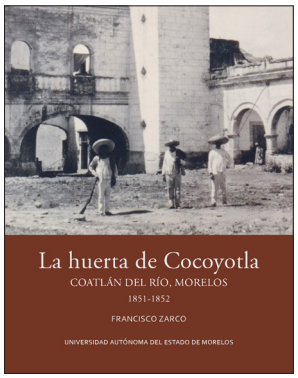
María del Pilar Sánchez Ascencio (coords.)

UAEM/UPN, Cuernavaca, 2024, 364 páginas

ISBN: 978-607-8951-77-2

Consulta: https://libros.uaem.mx/producto/analisis-y-reflexiones-sobre-la-educacion-para-personas-jovenes-y-adultas-trayectorias-derechos-y-ciudadania/

La educación para personas jóvenes y adultas busca transformar el derecho a la educación frente al rezago educativo en México, desde una visión renovada sobre la formación integral de las personas, con ejes sobre ciudadanía y trabajo, diversidad, inclusión e interculturalidad. Los capítulos abordan diversas temáticas alrededor de la educación para personas jóvenes y adultas, desde la formación de docentes, embarazo adolescente, imagen ciudadana de jóvenes en el siglo XX, educación indígena, acoso y ciberacoso escolar, justicia educativa, escuelas multigrado y políticas educativas en torno a las necesidades de las nuevas generaciones. Se espera que lo presentado en esta obra sirva como referencia para estudiantes y profesores interesados en el estudio de las temáticas presentadas.



La huerta de Cocoyotla. Coatlán del Río, Morelos, 1851-1852

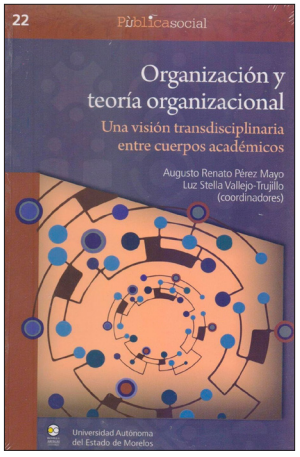
Francisco Zarco

UAEM, Cuernavaca, 2024, 40 páginas

ISBN: 978-607-8784-83-7

Consulta: https://libros.uaem.mx/producto/la-huerta-de-cocoyotla-coatlan-del-rio-morelos-1851-1852/

El texto que el periodista y político liberal Francisco Zarco escribió en 1851, con el título de *La huerta de Cocoyotla*, constituye un homenaje al municipio de Coatlán del Río. Zarco inicia con una evocación de la Tierra Caliente, destacando la exuberancia de su vegetación y la pureza de su cielo. Este paisaje no sólo deleita los sentidos, sino que también se convierte en un símbolo de la riqueza natural que debe ser preservada. Esta obra invita a reflexionar sobre la relación entre la conservación del medio ambiente y el bienestar humano, temas que son cada vez más relevantes en el debate contemporáneo sobre sostenibilidad y ecología. El Gobierno Municipal de Coatlán del Río, la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y la Sociedad para el Patrimonio Cultural AC realizaron esta edición como un homenaje a su autor.



Organización y teoría organizacional. Una visión transdisciplinaria entre cuerpos académicos

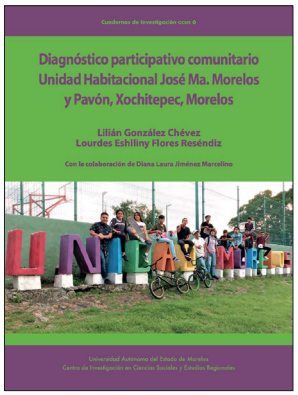
Augusto Renato Pérez Mayo, Luz Stella Vallejo-Trujillo (coords.)

UAEM/Bonilla Artigas, Cuernavaca/Ciudad de México, 2018, 372 páginas

ISBN: 978-607-8519-52-1

Consulta: https://libros.uaem.mx/producto/organizacion-y-teoria-organizacional-una-vision-transdisciplinaria-entre-cuerpos-academicos/

Este libro es resultado de las investigaciones de estudiantes y profesores de la Maestría en Administración de Organizaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Los autores reflexionan, interpretan y explican fenómenos administrativos y organizacionales desde una mirada transdisciplinaria. Se proponen revisiones teóricas y metodológicas a partir de las teorías de las ciencias, la organización y la administración. Su contenido no sólo expone un análisis de las teorías de la organización, sino que aborda diferentes temáticas pensadas para el análisis de las organizaciones educativas, laborales y empresariales, el estudio de factores e indicadores organizacionales, así como el uso de modelos, algoritmos y sistemas para el desarrollo de la cultura organizacional.



Diagnóstico participativo comunitario: Unidad Habitacional José Ma. Morelos y Pavón, Xochitepec, Morelos

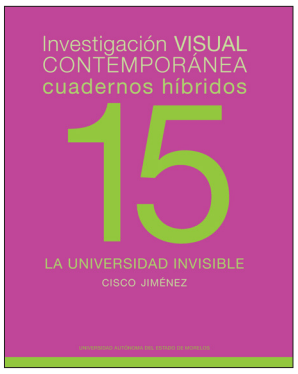
Lilián González Chévez, Lourdes Eshlliny Flores Reséndiz

UAEM, Cuernavaca, 2020, 112 páginas

ISBN: 978-607-8639-87-8

Consulta: https://libros.uaem.mx/producto/diagnostico-participativo-comunitario-unidad-habitacional-jose-ma-morelos-y-pavon-xochitepec-morelos/

Este libro presenta un diagnóstico participativo comunitario de la colonia Unidad Habitacional José Ma. Morelos y Pavón del municipio de Xochitepec, Morelos, a través de una estrategia metodológica participativa basada en cartografías sociales, observación participante y entrevistas en profundidad. En ese proceso participó la población adulta que fundó esta colonia, las mujeres del programa Prospera y estudiantes de la Secundaria Técnica No. 37. La obra muestra una perspectiva local sobre las principales problemáticas que afectan a su territorio y busca ser una herramienta de reflexión y acción colectiva, con la finalidad de que los habitantes y las autoridades del pueblo visualicen y reflexionen sobre los problemas más significativos de la comunidad, así como sobre sus causas y posibles soluciones.



Cuadernos híbridos 15. La universidad invisible

Cisco Jiménez

UAEM, Cuernavaca, 2019, 64 páginas

ISBN: 978-607-8639-51-9

Consulta: https://libros.uaem.mx/producto/cuadernos-hibridos-15-la-universidad-invisible/

En este número se presentan los procesos y propuestas creativas del artista morelense Cisco Jiménez. En su trabajo se hace evidente el aprecio por las culturas tradicionales mexicanas; ejemplo de ello son las colaboraciones con artesanas de San Agustín Oapan, Guerrero, y de Cuentepec, Morelos. Estas relaciones entre la dimensión contemporánea del artista y los procesos artesanales quedan plasmadas en los atisbos que este libro nos da del proceso creativo, mediante las instantáneas, los trazos, las notas y las composiciones que pueblan sus páginas. Así, a través de la pintura, la escultura, el dibujo y la instalación, esta obra recorre distintas representaciones de una cultura y sociedad que, por medio de elementos visuales y escritos, expresan otras relaciones existentes de la cotidianidad mexicana.

Protección social participativa para migrantes en México
Gabriela Mendizábal Bermúdez,
Emmanuel López Pérez (coords.)
UAEM, Cuernavaca, 2024, 437 páginas
ISBN: 978-607-8951-40-6
Consulta: https://libros.uaem.mx/producto/proteccion-social-participativa-para-migrantes-en-mexico/

México se ha destacado como un país de acogida y tránsito de personas migrantes debido a su cercanía con Estados Unidos. Frente a este escenario, nuestro país ha tomado importancia en la protección de los derechos humanos de las personas migrantes, en específico de los derechos sociales ligados a la dignidad del individuo. Esta investigación busca responder a la pregunta sobre cómo se pueden entender las necesidades de las personas en situación migratoria irregular si carecen de mecanismos que permitan darles voz. Para ello, se parte del concepto de *protección social participativa*, a través del cual se puede otorgar voz a las personas migrantes en situación irregular para incluirlas de forma activa en la formulación e implementación de políticas y programas destinados a materializar sus derechos sociales.

La salud mental en y desde la universidad en el contexto de la pandemia por COVID-19. Retos y oportunidades de la psicología
Adela Hernández Galván, Luis Pérez Álvarez,
Gabriela López Aymes, Bruma Palacios Hernández,
Isauro García Alonzo (coords.)
UAEM, Cuernavaca, 2021, 432 páginas
ISBN: 978-607-8784-54-7
Consulta: https://libros.uaem.mx/

La presente obra es resultado del trabajo interinstitucional que surge de la XIV Cátedra CUMEX de Investigación en Psicología "Dra. Julieta Heres Pulido", organizada por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos en noviembre de 2020. La pandemia modificó no sólo la vida cotidiana, sino también la práctica y la investigación en el campo de la psicología. Las colaboraciones de este libro abordan, desde distintas disciplinas —educativa, infantil y del desarrollo; social, de la salud, organizacional y del trabajo; clínica, neuropsicología y desde la transdisciplinariedad—, la salud mental y los esfuerzos y reflexiones alrededor de los retos y las oportunidades de la psicología, así como el papel de la universidad y de los universitarios en este contexto.